ПЛАТИНА РОССИИ

Том V

МОСКВА
2004

ПОСВЯЩАЕТСЯ СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ
И 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЯ КРУПНЕЙШЕЙ В МИРЕ
ТАЙМЫРО-НОРИЛЬСКОЙ
ПЛАТИНОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ
ПРОФЕССОРА НИКОЛАЯ НИКОЛАЕВИЧА УРВАНЦЕВА

IN BLESSED MEMORY OF
AND TO THE 110th ANNIVERSARY
OF PROFESSOR NIKOLAI URVANTSEV,
THE DISCOVERER OF THE WORLD'S LARGEST
TAIMYR-NORILSK PLATINUM PROVINCE

THE MINISTRY OF NATURAL RESOURCES OF THE RUSSIAN FEDERATION

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

PROGRAM *PLATINUM OF RUSSIA*

I.S.Gramberg All-Russian Research Institute
of Geology and Mineral Resources of World Ocean
(VNIIOkeangeologiya)

PLATINUM OF RUSSIA

PROBLEMS OF DEVELOPMENT, ASSESSMENT, RENEWAL AND MULTIPURPOSE UTILIZATION OF THE PLATINUM METAL RESOURCE BASE

Collection of Transactions

Volume V

Geoinformmark L.L.C.
Moscow • 2004

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ПРОГРАММА "ПЛАТИНА РОССИИ"

Всероссийский научно-исследовательский институт
геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. И.С.Грамберга
(ВНИИОкеангеология)

ПЛАТИНА РОССИИ

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ, ОЦЕНКИ, ВОСПРОИЗВОДСТВА И КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Сборник научных трудов

Том V

ООО "Геоинформмарк"
Москва • 2004

11. *Шведов Г.И.* Минералы элементов платиновой группы в сульфидных медно-никелевых рудах Кингашского массива (Восточный Саян) / Г.И.Шведов, Н.Д.Толстых, В.В.Некос, Л.Н.Поспелова // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 11.

Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья (КНИИГиМС)

Комитет природных ресурсов по Красноярскому краю, г.Красноярск

УДК 552.33:553.492:553.491

О.М.Гринев

МОРФОТЕКТОНИКА РИФТОГЕННЫХ СИСТЕМ И РУДОНОСНОСТЬ ФОРМАЦИЙ ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

К 50-60 годам ушедшего века накопившиеся данные по региональной геологии пояса гор Южной Сибири и прилегающих территорий Центральной Азии со всей очевидностью свидетельствовали о том, что существует целый класс сходных между собой структур, которые не вписываются в каноны классической геологии, базирующейся на учениях о платформенном и геосинклинально-складчатом (аккреционном) геодинамических режимах формирования земной коры. Данные структуры рассматривались как производные процессов отраженной, сопряженной, автономной тектономагматических активаций, ревивации, дейтероорогенеза, сибиретипной тектоники, сводово-глыбового тектогенеза, структур дива (коробления) и континентального рифтогенеза. К структурам такого типа, например, относились девонские прогибы АССО, мезозойские впадины Монголии, Забайкалья, Алдана и подобные им образования в других регионах.

По важности проблема континентального рифтогенеза получила международный статус и приоритет, многократно обсуждалась на международных форумах, отражена в целой серии монографий, среди которых в первую очередь необходимо отметить цикл работ Е.Е.Милановского [12-14], посвященных описанию рифтовых зон Земли в глобальном плане.

Осознавая крайнюю актуальность проблемы, автор предпринял комплексное сравнительное изучение ряда разновозрастных рифтогенных систем, расположенных в обрамлении Сибирской платформы, чтобы на их примере выявить и классифицировать их основные морфоструктуры, состав стратифицированных и магматических формаций, схему развития и минерагению. С единых методических позиций в этом плане были изучены раннедевонская Тувинско-Минусинско-Западносибирская, раннетриасовая Хатангско-Западносибирская и проявленная дважды в рамках одних и тех же региональных структур раннеюрско-раннемеловая Хэнтэйско-Забайкальско-Алданская рифтогенно-континентальные системы (РКС). Объективно условия для проведения подобного исследования созрели лишь к концу 80-х годов XX в. благодаря достижению достаточно глубокой генерализации данных по региональной геологии Сибири, публикации результатов о всестороннем изучении рифтовых структур, погребенных под мезозойско-кайнозойским чехлом палеозойских платформенных структур и другим рифтовым зонам Земли.

Методика исследований включала в себя проведение следующих операций и видов анализа:

составление структурно-тектонических карт регионов проявления рифтогенеза соответствующих возрастных уровней в масштабах 1:1 500 000 и 1:1 000 000, на которых отображались все составляющие рифтогенной тектоники;

структурный анализ этих карт с выявлением основных элементов строения, характера сопряженности, соподчиненности и общей геометрии рифтовых систем;

структурно-формационный анализ разрезов стратифицированных толщ и ареалов развития интрузивно-субвулканических массивов;

анализ данных по вещественному и минералого-геохимическому составу продуктов магматизма;

анализ геофизических данных по глубинному строению исследуемых регионов;

воспроизведение на полученной основе главных этапов и стадий развития РКС;

анализ материалов по минерагении составных структурных элементов рифтовых систем.

Для более детального изучения отдельных частей РКС, прослеживания структурной соподчиненности их основных элементов на мезоуровне по изложенной выше схеме проводился анализ ряда опорных районов в масштабах 1:200 000 и 1:100 000, а также серии своего рода эталонных интрузивных массивов и рудных полей в масштабах 1:50 000-1:10 000.

Первичные геологические материалы, подвергнутые анализу по приведенной методике, и первые результаты исследования, касающиеся его отдельных аспектов, изложены в ряде работ [3-7].

Морфоструктуры рифтогенно-континентальных систем и их классификация

Анализ схем структурно-тектонического строения девонского, триасового и юрско-мелового этапов развития соответствующих региональных структур, в пределах которых получили развитие исследованные РКС, показал, что их представляют следующие элементы, перечисленные в соответствии с установленной для них последовательностью заложения и формирования: система сопряженных продольных и поперечных разломов; совокупность депрессий, выполненных вулканогенно-терригенной континентальной молассой; обрамляющие поднятия; совокупность ареалов (комплексов) интрузивно-субвулканических тел; ареалы и пояса развития дайковых тел; совокупность рудных полей месторождений полезных ископаемых; плитно-синеклизный чехол.

По масштабам развития, объему, площади распространения и структурной соподчиненности перечисленные элементы строения РКС классифицируются как структуры первого, второго, третьего, четвертого и более мелких порядков. В пределах площадей развития рифтовых систем они обладают явно структурированным пространственным расположением, в соответствии с которым и формируется внутренняя структура систем. Особенности их проявления характеризуются следующим образом.

Система сопряженных продольных и поперечных разломов. Во всех исследованных случаях определяющее значение в заложении и последующем развитии морфоструктур РКС имели разломы, среди которых по масштабам развития устанавливаются нарушения I-IV порядков.

Доминирующее развитие, определяющее структурный план систем, принадлежит продольным разломам, представленным либо трансрегиональными линеаментами многократной активизации, либо крупными региональными нарушениями. Они ортогонально пересекаются поперечными разломами, имеющими трансформный характер, которые по масштабам развития редко выходят за пределы рассекаемых ими региональных структур. В совокупности данные нарушения образуют своеобразный разломный каркас РКС и являются структурами первого порядка.

Оперяющие их и менее масштабные разломы, характеризуемые примерно такой же пространственной ориентировкой, представляют собой структуры второго порядка. По масштабам развития они имеют внутрирегиональный характер или соответствуют структурно-формационным зонам регионов.

Помимо отмеченных разломов, в пределах составных частей региональных структур, подвергшихся рифтогенной тектономагматической активизации, имеется весьма значительное ко-

личество нарушений, локального характера проявления. Их структурный план заметно более разнообразен, чем у структур более высоких порядков, но те из них, которые участвуют в контроле над размещением продуктов рифтогенного тектогенеза, субсогласны по простиранию с разломами первого и второго порядков. По масштабам развития эти мелкие (продольные и поперечные) сопряженные разломы отнесены к структурам третьего и четвертого порядков.

Совокупность депрессионных структур. Наиболее ярко выраженной чертой в геологическом или морфотектоническом строении РКС является система разномасштабных приразломных депрессий, выполненных молассоидными вулканогенно-терригенными отложениями преимущественно континентального происхождения. Типы, конфигурация в плане, пространственная ориентировка, особенности размещения этих депрессий, а также состав и характер выполнения стратифицированными толщами определяют их синтектонический стиль и основные элементы морфоструктуры исследованных РКС.

По масштабам и типу структур среди депрессий выделяются линейные грабены и мульды, грабенообразные прогибы и впадины и крупные прогибы. Наиболее крупные структурные формы состоят из слившихся воедино более мелких. Как правило, наиболее крупные депрессии контролируются межрегиональными зонами сочленения сопоставимых по масштабам составных структур АССО, зонами соответствующих по масштабам разломов, разграничивающих гетерогенные региональные структуры, а также узлами их пересечений.

Общая иерархия отрицательных структур рифтогенного тектогенеза определяется естественным рядом: грабен, приразломная мульда → приразломная впадина → прогиб (структуры четвертого – второго порядков). Дополнительно при анализе структурно-тектонических схем, отражающих характер размещения продуктов рифтогенного тектогенеза, была установлена еще одна существенная черта в строении РКС. Она заключается в зонально-структурированном расположении разноранговых депрессий в пределах территорий, подвергшихся рифтогенной активизации. В результате депрессии концентрируются в структурно-сопряженные совокупности их максимального сгущения, получившие название *депрессионных зон.* Эти зоны являются элементами строения первого ранга и достраивают структурный ряд отрицательных структур РКС последним звеном. В качестве разновидности депрессионной зоны выделены *фрагментарно проявленные депрессионные зоны*, характеризуемые прерывистым по простиранию, но структурно сопряженным расположением отрицательных структур.

В соответствии с имеющимися возрастными датировками стратифицированных формаций депрессионные зоны являются структурами наиболее раннего заложения и длительного развития в пределах РКС.

В вертикальном разрезе наиболее крупных отрицательных структур депрессионных зон – прогибов, дополнительно выделены *грабеновый комплекс отложений* и несогласно перекрывающий его *комплекс отложений надрифтовых впадин.* По времени формирования разрезы этих структурных элементов для Тувинско-Минусинско-Западносибирской РКС, например, соответственно отвечают раннему и среднему-верхнему девону, а нижняя граница отложений надрифтовых впадин отбивается по положению в разрезе предживетского (эйфельского) перерыва.

Обрамляющие поднятия. Депрессионные зоны разделены между собой пространствами, сложенными породами дорифтового цоколя, в пределах которых почти отсутствуют рифтогенные отрицательные структуры или присутствуют лишь их мелкие формы. Анализ разрезов депрессий показывает, что при заложении РКС на фоне поднятия и расчленения рельефа этих пространств шли прогибание и заполнение депрессионных зон молассоидными отложениями, поэтому они получили наименование *обрамляющих поднятий* или "плеч и рифтов".

В процессе тектономагматической активизации обрамляющие поднятия были расчленены на серии жестких блоков по системе новообразованных и унаследованных межблоковых зон. Границы этих блоков зачастую совпадают с контурами региональных структур АССО и слагающими их сооружениями структурно-формационных зон.

Ареалы развития интрузивно-субвулканических пород. Подобно вулканитам в де-

прессиях, ареалы развития магматитов данной фации являются важнейшей составной частью в структуре обрамляющих поднятий РКС и также имеют отчетливо структурированный характер пространственной локализации. Располагаются они, как правило, либо в пределах ослабленных (часто межрегиональных или межблоковых) зон обрамляющих поднятий РКС, либо в областях сочленения депрессионных зон с этими поднятиями.

Интрузивно-субвулканические образования редко представлены единичными телами, обычно это совокупность тел, группирующихся в линейные (точечные) зоны, пояса, а также ареалы и ареал-плутоны.

Весьма характерно, что вулканиты депрессионных зон и интрузивно-субвулканические образования обрамляющих поднятий относительно разведены не только в пространстве, но и во времени. К примеру, формирование вулканитов депрессий у Тувинско-Минусинско-Западносибирской РКС завершилось в эмском веке раннего девона, а внедрение интрузивно-субвулканических комплексов, судя по имеющимся датировкам, началось в раннем-среднем, продолжалось в среднем и закончилось в позднем девоне.

Ареалы и пояса развития дайковых пород. Данные образования для исследованных РКС являются производными заключительного этапа магматической деятельности и составными элементами структуры. Обычно они формируют серии типичных дайковых или дайкообразных тел, реже мелкие штоки. Однако в силу малых размеров тел и неравномерного по площади распространения они до настоящего времени остаются наименее исследованной частью систем.

Ареалы, интенсивно насыщенные дайковыми породами, сопровождают массивы интрузивно-субвулканических пород. Обычно ареалы их развития намного превышают площади выходов самих массивов. Нередко за их пределами дайки сливаются в единые пояса, хотя достаточно часто наблюдаются и пространственно автономные пояса, непосредственно не связанные с интрузивными массивами.

Количественная роль дайковых образований представляется весьма значительной. Судя по геологическому строению ряда опорных районов, они могут составлять от 10-15 до 30-50% общего объема пород, развитых в пределах этих районов.

В соответствии с геологическими данными дайковые породы прорывают вулканогенные толщи и массивы интрузивно-субвулканических пород и являются самыми молодыми магматическими образованиями в составе РКС. Наблюдаемая возрастная иерархия разнофациальных магматитов систем соответствует последовательности: эффузивы → плутоны → дайки.

Характеризуя регионально развитые ареалы и пояса дайковых пород как результат заключительного этапа рифтогенного магматизма, следует отметить, что помимо них имеются и другие – синэффузивные дайки, а также силлы, пространственно и генетически тесно ассоциирующие с толщами эффузивных пород и являющиеся неотъемлемым элементом их строения.

Плитно-синеклизный чехол. Перечисленные структурные элементы исследованных рифтовых систем последовательно и сопряженно формировались на активном этапе проявления рифтинга. Впоследствии в результате прекращения проявлений эндогенной активности в пределах РКС они в той или иной мере перекрывались *плитно-синеклизным чехлом,* установленным и наиболее детально исследованным в триасовой Хатангско-Западносибирской (Сурков, Жеро, 1981) и практически отсутствующим в юрско-меловой Хэнтэйско-Забайкальско-Алданской РКС. Плитно-синеклизный чехол плащеобразно перекрывает грабеновый комплекс отложений, толщи, выполняющие надрифтовые впадины, а также ложится на плечи рифтов. В вертикальном разрезе он завершает эволюционный структурный ряд: грабеновый комплекс → комплекс надрифтовых впадин → плитно-синеклизный чехол. Подобная генеральная стратификация сводного и наиболее полного разреза РКС (с присущими особенностями внутреннего строения каждого из его перечисленных членов) позволяет выделить в строении РКС нижний (комплексы грабенов, надрифтовых впадин и обрамляющие поднятия) и верхний (плитно-синеклизный чехол) структурные ярусы. Данные ярусы структурно и тектонически соответствуют двум различным этапам формирования РКС.

Совокупность рудных полей. Существенной составной частью охарактеризованных вы-

ше элементов строения нижнего и верхнего структурных ярусов РКС являются рудные поля и связанные с ними околорудные изменения.

Для нижнего яруса в пределах рудных полей характерны точки минерализации, рудопроявления, рудные тела, связанные с ними околорудные метасоматиты и гидротермальные жильные образования, а также их совокупности. Рудные поля возникали в связи с проявлением какого-либо одного элемента рифтогенной тектоники (например, развитие сопряженной системы разрывных нарушений или формирование скарновой залежи в экзоконтакте гранитоидного плутона), но чаще в местах совокупного действия целого ряда процессов – заложения разломов, проявления магматизма, связанного с ним метаморфизма, гидротермальной деятельности и т.д.

Пространственная, генетическая или парагенетическая связь оруденения с элементами строения рифтовых систем, обладающих определенной последовательностью формирования, структурным положением и соподчиненностью, является основой для определения его структурно-тектонической позиции в рамках рифтогенно-контитентального режима. По аналогии с Тувинским регионом [11] в пределах исследованных структур нижнего яруса РКС выделяются рудоносные площади следующих рангов: I – металлогенические области; II – металлогенические зоны; III – рудные районы; IV – рудные зоны и рудные узлы; V – рудные поля. В общих чертах эти элементы строения РКС соответствуют понятиям, вкладываемым в них в работах С.С.Смирнова (1962), Е.Г.Шаталова (1964), А.Д.Щеглова (1976), Д.А.Додина [8] и других авторов, но применительно к РКС.

Для верхнего яруса РКС, представленного структурно-литологическими образованиями плитно-синеклизного чехла, характеризуемыми наличием месторождений флюидно-гидротермального, гидротермально-осадочного и осадочного происхождения (например, месторождений стратиформных полиметаллических или железных руд, угля, нефти, газа и т.д.), применим тот же принцип структурно-металлогенического районирования, что и для нижнего яруса, но со своими особенностями в терминологии. Обычно здесь выделяются бассейны, провинции, пояса, узлы и залежи, представленные теми или иными типами месторождений. Структурно-тектоническое положение этих элементов определяется по их положению в стратиграфическом разрезе и приуроченности к определенным структурным формам данного яруса – антиклинальным ловушкам, надразломным зонам и т.д.

Морфоструктура РКС. Основу элементарного парагенезиса изученных континентальных рифтов составляет характерная триада, представленная разломом, приуроченной к нему депрессией (грабеном) и обрамляющими поднятиями (горстами или горстом), которая прослеживается в мезо- и макроструктурных масштабах (в IV-I рангах).

В самых общих чертах РКС представляют собой крупные межрегиональные морфоструктуры, достигающие по простиранию 2,5-3,0 тыс. км, при ширине от 300 до 1200 км. Главными морфоструктурами РКС являются депрессионные зоны и обрамляющие поднятия, отличающиеся противоположными по знаку движениями, проявлявшимися во время их формирования ("клавишные" структуры). Первые из них представлены структурно сгруппированными в пространстве грабенами, грабенообразными прогибами, мелкими и крупными впадинами и прогибами, форма, размеры и характер расположения которых сильно зависят от строения дорифтового субстрата (рис. 1).

Обрамляющие поднятия или " плечи" рифтов подразделяются на внешние, отличающиеся слабой тектонической активностью в период формирования РКС, и внутренние, среди которых выделены продольные и поперечные типы.

В составе каждой из систем установлено по три структурно сопряженных депрессионных зоны, характеризуемых в разной степени проявленным кулисным расположением по отношению друг к другу (см. рис. 1). В зависимости от этого признака системы классифицируются как площадная (триасовая, со слабо проявленным кулисным расположением зон), линейно-площадная (девонская, с отчетливо проявленным кулисным расположением) и линейная (юрско-меловая, с максимально проявленным кулисным расположением депрессионных зон).

Депрессионные зоны и обрамляющие их поднятия в той или иной степени перекрыты

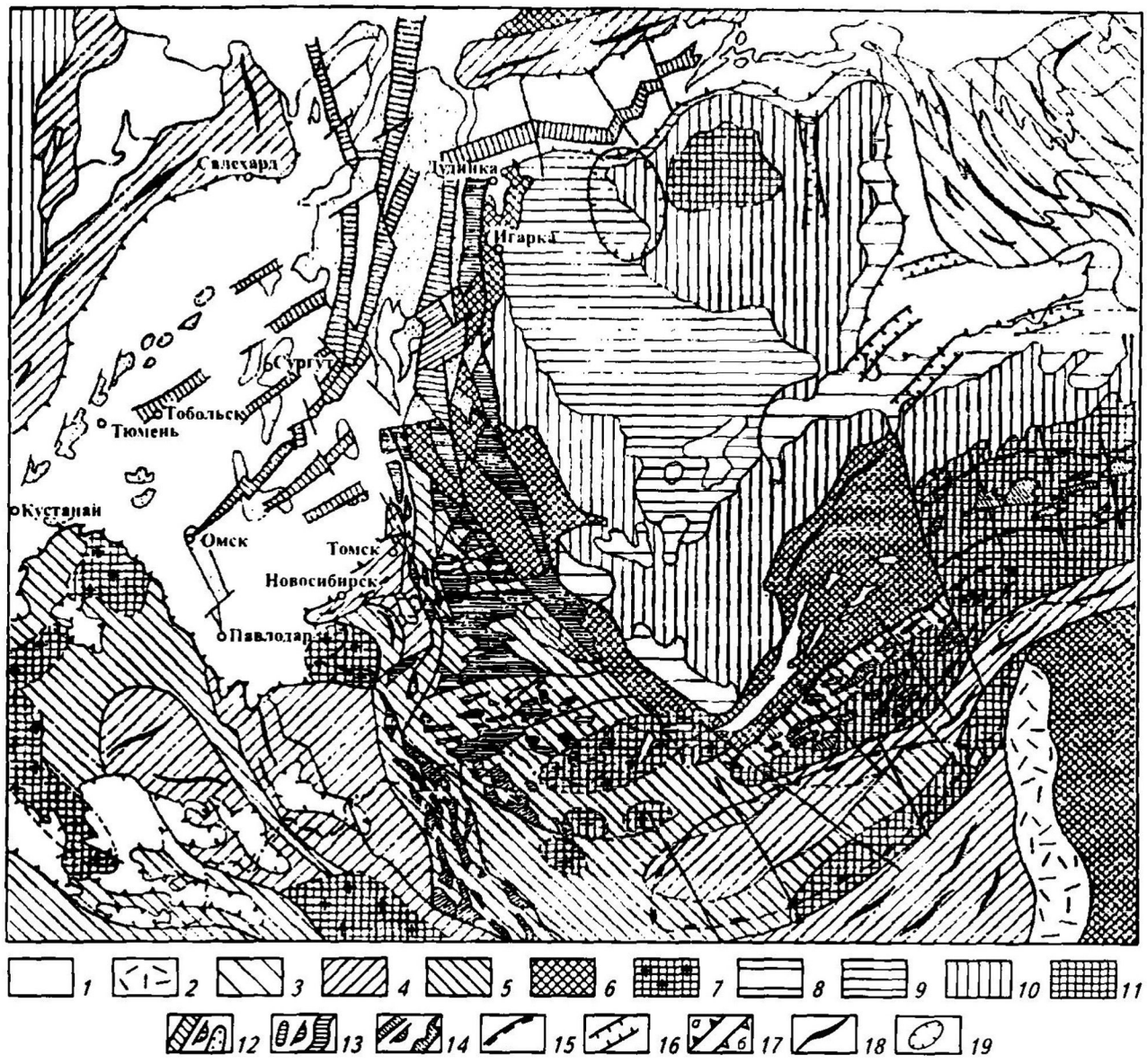

Рис. 1. **Схема размещения и структуры рифтогенно-континентальных систем раннедевонского, раннетриасового и юрско-мелового возраста в обрамлении Сибирской платформы**

1 – плитный и платформенно-синеклизный чехол; *2* – позднемезозойский вулканический пояс (Б. Хинган); *3-7* – области разновозрастной складчатости: *3* – киммерийской, *4* – герцинской, *5* – каледонской, *6* – байкальской (метаплатформенные области), *7* – архей-раннепротерозойские блоки фундамента, подвергшиеся наложенным складчатым деформациям и гранитизации; *8-11* – Сибирская платформа: *8* – юрские, *9* – триасовые, *10* – палеозойско-протерозойские отложения чехла, *11* – выступы архейского основания; *12-16* – депрессионные структуры рифтовых систем: грабеновые троги, грабены, приразломные впадины, впадины и прогибы девонской (*12*), триасовой (*13*), юрско-меловой (*14*) систем, *15* – контуры депрессионно-сегментарных зон (палеоподнятий) юрско-меловой системы, *16* – фрагменты троговых рифтовых зон (авлакогенов) фундамента Сибирской платформы; *17* – границы Западно-Сибирской плиты (а) юрско-меловых отложений Хатангского прогиба и Вилюйской синеклизы (б); *18* – направление простирания складчатых структур; *19* – контуры исследованных провинций щелочных пород

плитно-синеклизным осадочным чехлом, максимальным по площади распространения и мощности у площадной, средним – у линейно-площадной и минимальным или отсутствующим – у линейной РКС.

Закономерно-структурированный характер пространственного размещения основных морфоструктурных элементов систем подтверждается наличием присущей им нестрогой (не зеркальной) продольной и поперечной симметричной зональности.

Особенно отчетливо симметричная зональность, запечатленная в рисунке депрессионных зон, проявлена у триасовой РКС, основной аре-

ной проявления которой явился палеозойский фундамент Западно-Сибирской плиты (ЗСП). Следует отметить, что черты грубой структурной симметрии западной и восточной половин ЗСП в значительной степени обусловлены ее структурно-тектонической позицией – расположением между двумя древнейшими платформами Северной Евразии, от которых она отделена на западе Уральской складчатой системой, а на востоке – Турухано-Норильской складчатой зоной и Енисейским кряжем. Также грубо симметрично расположены разновозрастные структуры в дорифтовом фундаменте плиты и этими же особенностями характеризуется рисунок расположения депрессионных зон триасовой РКС, в плане напоминающий гигантскую букву "Ж" (см. рис. 1).

Основа нелинейной симметрии триасовой РКС заключается в наличии трех протяженных депрессионных зон – восточной, осевой и западной, и в их близком к зеркальному пространственном расположении с плоскостью симметрии, проходящей через осевую зону (Колтогорско-Уренгойской грабен-рифт).

Элементы превалирующей симметрии стали еще более очевидными, когда были дополнены фрагментарно проявленными депрессионными зонами, представляющими собой своего рода недоразвитые продолжения основных грабен-рифтов системы. Фронтальные части этих зон обнажены в южном обрамлении ЗСП (Казахстане, Алтае-Саянской складчатой области, Енисейском кряже) в виде совокупности дайковых поясов, вулкано-плутонических морфоструктур центрального типа и систем сопряженных разломов [5, 9].

Учитывая важность возможных следствий из наблюдаемых элементов симметричного строения триасовой РКС, автор предпринял попытку подобного структурного анализа и для двух других исследованных рифтогенных систем, отличающихся от триасовой временем заложения и структурно-тектоническим положением. Одна из этих систем пространственно частично сопряжена, а другая автономна по отношению к триасовой РКС. Результаты этого изучения отражены на рис. 2. Кратко они могут быть прокомментированы следующим образом. Все три системы обнаруживают превалирующие черты сходства в строении, выраженные в наличии в каждой из них трех депрессионных зон и соподчиненном их расположении. В совокупности системы образуют своеобразный структурный ряд, в составе ареально-полосовой

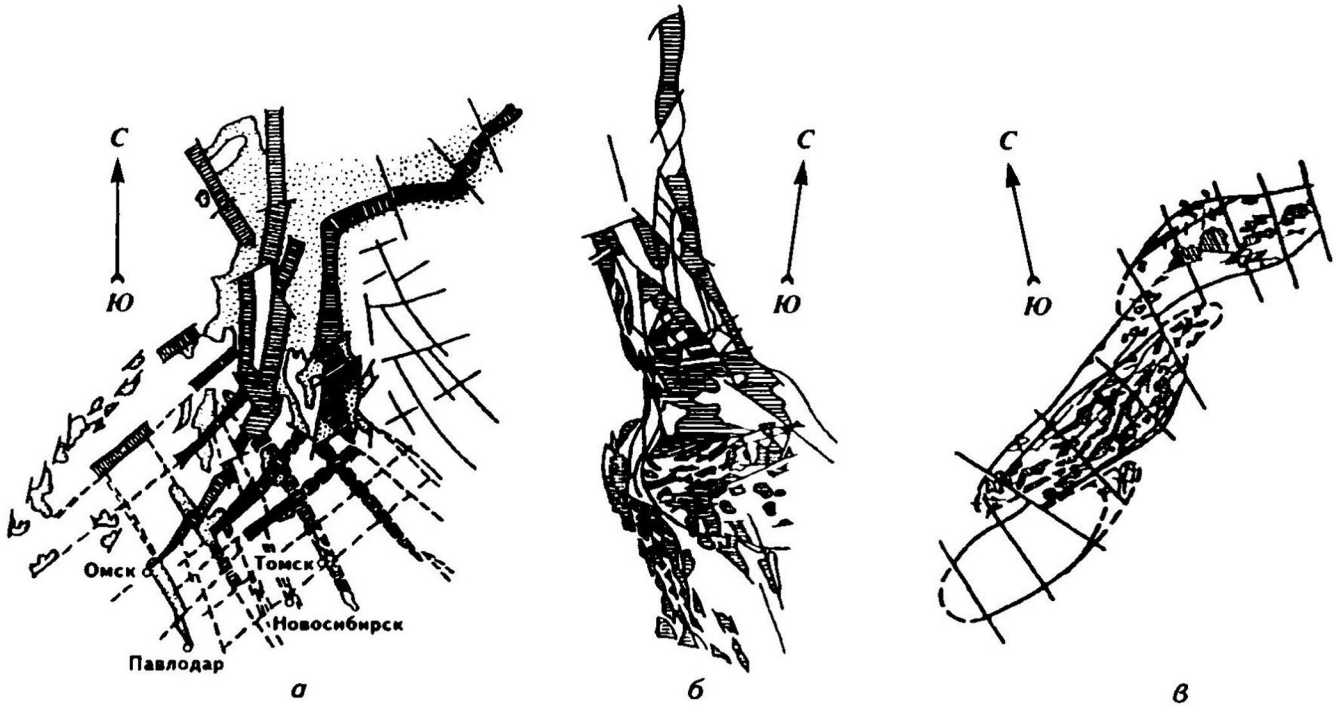

Рис. 2. Схема расположения и морфоструктуры депрессионных зон рифтогенно-континентальных систем: *а* – триасовая Хатангско-Западносибирская РКС; *б* – девонская Тувинско-Минусинско-Западносибирская РКС, *в* – юрская и меловая Хэнтэйско-Забайкальско-Алданская РКС

(раннетриасовая Хатангско-Западносибирская РКС), полосовой (раннедевонская Тувинско-Минусинско-Западносибирская РКС) и линейно-полосовой (юрско-меловая Хэнтэйско-Забайкальско-Алданская РКС) трансрегиональных структур. Как можно видеть, в каждой из систем проявлена характерная ("тройная") делимость литосферы, обеспечивающая симметричность расположения их приразломных депрессионных зон в виде в разной степени суженной и растянутой по простиранию буквы "Ж". Таким образом, факт наличия нелинейной симметрии, первоначально установленный у раннетриасовой РКС, получил подтверждение в структуре еще двух рифтогенных систем и, следовательно, может рассматриваться в ранге важной закономерности их строения.

Основные закономерности развития рифтогенно-континентальных систем

Синтез обширных материалов по структурно-геологическим особенностям систем, составу и размещению их стратифицированных, интрузивно-субвулканических, дайковых и рудных (металлических и неметаллических) формаций показывает, что все они являются достаточно строго структурированными и закономерно развивающимися трансрегиональными элементами строения континентальной земной коры. Это позволило установить одну из важнейших закономерностей проявления рифтогенного режима – схему развития РКС, являющуюся единой для всех систем. Эта схема включает активный (дейтероорогенный) и пассивный (плитно-синеклизный) этапы, разделенные на ряд последовательно сменяющих друг друга стадий (или фаз) (табл. 1).

На дейтероорогенном этапе сводово-глыбового тектогенеза под действием " прилива" эндогенных сил и в активном взаимодействии с экзогенными факторами формируется протяженная горная страна, "скелетом" которой является приведенный в соответствующем разделе настоящей работы структурный парагенезис, проявленный на мегауровне закономерно структурированным сочетанием депрессионных зон и обрамляющих их поднятий. Не менее закономерным является состав вулканогенно-терригенных, интрузивно-субвулканических, дайковых и производных от них рудных формаций, а также и характер их пространственно-временной приуроченности к морфоструктурам определенного типа.

Плитно-синеклизный, или постдейтероорогенный, этап развития РКС отличается от предыдущего постепенным сокращением объема подкоровых аномально разогретых мантийных астенолитов, угасанием их энергетики и сменой массообмена с флюидно-магматического, на активном этапе, на флюидно-гидротермальный. Это сопровождалось параллельной сменой знака положительных вертикальных движений на отрицательные в пределах всего контура развития структур РКС, с особо интенсивным их проявлением в пределах осевых депрессионных зон систем.

Постепенно эти процессы приводили к формированию надрифтовых осадочных бассейнов озерно-болотного и озерно-морского типов, накоплению в них терригенно-осадочных толщ плитно-синеклизного чехла и, как результат, к частичному или полному захоронению сглаженного и преобразованного дейтероорогенного рельефа.

Следует отметить, что у юрско-меловой РКС после завершения юрского этапа активного развития практически не проявился плитно-синеклизный этап. В пределах площадей развития ее структур после некоторого периода тектонического затишья вновь проявился, но уже более мощный меловой этап активного развития системы. И лишь в кайнозое в пределах ее хэнтэйского сегмента, расположенного в юго-восточной Монголии, началось формирование плитно-синеклизного чехла.

Опираясь на установленные закономерности, автор попытался количественно оценить наиболее важные структурно-тектонические параметры проявления исследованных рифтогенных систем (см. табл. 1).

Анализ таблицы показывает, что при всей условности количественной оценки индикаторных признаков РКС выстраиваются в единый уже известный нам структурный ряд: раннетриасовая, раннедевонская и юрско-меловая системы. Состав магматитов в этом ряду явно коррелирует со структурно-тектоническими характеристиками изученных зон. Важнейшее значение при этом имеют степень разрыва литосферы, амплитуда вертикальных и горизонтальных

Таблица 1

Схема развития и количественная оценка основных структурно-тектонических параметров проявления рифтогенно-континентальных систем

Этап	Фаза развития и оцениваемые признаки проявления рифтов	Время проявления и количественная оценка признаков			
		ХЗС	ТМЗС	ХЗА	
		(T_1)	(D_1)	(T_3-J_1)	(J_3-K_1)
1	2	3	4	5	6
Дейтеро-орогенный	**I фаза. Формирование обширной пенепленезированной поверхности**	C-P	S-D	T_3	J_3
	Площадь развития рифтовых систем	O	o	•	•
	II фаза. Сводовое поднятие, заложение осевого трога, рифтогенный вулканизм	T_1	D_1	T_3-J_1	J_3-K_1
	Развитие системы продольных разломов	O	o	•	•
	Горообразовательные движения	•	o	O	O
	Интенсивность формирования и ширина трогов	O	o	•	•
	Разрыв сплошности литосферы и коры	O	o	•	•
	Интенсивность вулканизма	O	o	•	•
	Площадь развития ареалов эффузивных пород и их мощность	O	o	•	•
	III фаза. Образование "плеч" рифтов и синрифтовый интрузивный магматизм	T_{1-2}	D_{1-2}	J_{1-2}	K_{1-2}
	Обрамляющие поднятия				
	Горообразовательные движения	•	o	O	O
	Размеры плутонов и площадь ареалов их развития	•	o	O	O
	Интенсивность базит-гипербазитового магматизма	O	•	•	•
	Интенсивность габброидного магматизма	O	O		
	Интенсивность гранитоидного магматизма	•	o	O	O
	Интенсивность эрозионных процессов	•	o	O	O
	Масштабы развития системы поперечных разломов	O	o	•	•
	Депрессионные зоны	T_2	D_2	J_2	
	Мощность молассоидных терригенно-осадочных толщ	O	o	•	
	Площадь развития депрессий	O	o	•	
	Интенсивность приразломных складчатых дислокаций	•	o	O	O
	IV фаза. Дайковый магматизм и затухание режима	T_{2-3}	D_{2-3}	J_{2-3}	K_{2-3}
	Обрамляющие поднятия				
	Восходящие движения "плеч" рифтов	•	o	O	O
	Распространенность дайковых пород, протяженность поясов и площадь ареалов их развития	O	O	•	•
	Эрозия и структурные преобразования рифтов	•	•	•	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Дейтеро-орогенный	*Надрифтовые впадины и прогибы депрессионных зон*	T_3	D_3	J_3	
	Дифференцированные нисходящие движения притроговых долин	O	o	•	
	Накопления терригенно-осадочных толщ	O	o	•	
	Образование широких осадочных бассейнов	O	o	•	
	Накопление озерно-болотных или мелководно-морских терригенно-осадочных толщ	O	o	•	
	Горизонтальные движения, пликативная тектоника	•	o	O	
Плитно-синеклизный	**V фаза. Образование плитно-синеклизного чехла**	J-K	C-P	K	KZ
	Накопление мощных осадочно-морских толщ	O	o		
	Соляная тектоника	O			
	Эрозия обнаженных поднятых сегментовв	•	o	O	O

Примечание. ХЗС – Хатангско-Западносибирская система; ТМЗС – Тувинско-Минусинско-Западносибирская система; ХЗА – Хэнтейско-Забайкальско-Алданская система; О – максимально-проявленный признак; о – ограниченно проявленный признак; • – минимально проявленный признак.

движений, объем изверженных горных пород, а также динамика подъема мантийных плюмов. В свою очередь, степень разрыва сплошности литосферы, особенно верхней части коры, в значительной степени зависит от изначальной эндогенной энергетики процесса и согласных или дискордантных взаимоотношений формирующихся рифтогенных структур со структурами дорифтового фундамента.

При анализе схемы развития РКС необходимо иметь в виду, что во время проявления третьей фазы рифтогенного режима образование "плеч" рифтов и синрифтовый интрузивный магматизм вначале заметно опережали, а лишь затем происходили параллельно с формированием нижней части разреза комплекса отложений надрифтовых впадин и прогибов. То же самое касается и четвертой фазы развития рифтогенного режима, но в менее контрастном варианте.

Очень интересные закономерности по скорости формирования РСК вскрываются при попытке оценить временны́е рамки проявления исследованных рифтогенных режимов. По началу времени проявления они приурочены к ранним отделам соответствующих периодов геологической истории Земли. Продолжительность проявления начальной фазы их активного этапа развития, например, охватывающего ранний и частично средний отделы, примерно составляет (млн лет): у раннетриасовой системы 17; раннедевонской 34; раннеюрской 50; раннемеловой 46. По продолжительности этот период времени ближе всего соответствует циклу Штилле (40-45 млн лет). Но важнее другое. Из временных рамок всего активного этапа примерно треть приходится на формирование свода, депрессионных зон и процессы вулканизма, а две другие трети – на внедрение интрузивно-субвулканических и дайковых комплексов обрамляющих поднятий. И самое главное – временны́е рамки проявления рифтогенных режимов коррелируют с установленным автором структурным рядом: раннетриасовая, раннедевонская, юрско-меловая РКС. При этом получается так, что наиболее масштабная раннетриасовая рифтогенная система с максимальным расколом коры сформировалась за наиболее короткий промежуток времени и, наоборот, наименее масштабная юрско-меловая система возникла в течение наиболее продолжительного времени. То есть даже такая грубая прикидка

временных координат даст возможность сравнительно оценить энергетику, динамику и кинетику рифтогенного тектогенеза, что само по себе является очень важным фактом.

Проведенные исследования, на наш взгляд, вносят определенную ясность в формирующиеся представления о характере проявления континентального рифтогенеза и позволяют сравнить его со значительно более полно охарактеризованными и своего рода канонизированными геодинамическими режимами основ классической геологии. Тем не менее они требуют обсуждения и проверки со стороны специалистов. Однако уже сейчас можно утверждать, что охарактеризованные параметры проявления РКС и порождающего их режима являются надежной основой для идентификации подобных структур, в том числе и погребенных под пострифтовым осадочным чехлом, в других регионах, а также для металлогенических построений и прогнозных оценок обширных территорий Сибири.

Минерагения рифтогенно-континентальных систем

Сравнительная минерагения рифтогенных формаций. Отсутствие детального анализа строения континентальных рифтов, результатами которого должны были бы явиться парагенезис структур в их пространственно-временнóй иерархии и схема развития рифтовых систем, до настоящего времени препятствовали созданию логически законченной минерагенической характеристики континентальных рифтов. Кроме того, контрастность строения и состава формаций дейтероорогенного и плитно-синеклизного ярусов РКС долгое время являлась основанием к невозможности их объединения и рассмотрения в качестве производных хотя и разных этапов развития, но единого геодинамического режима.

После проведенного сравнительного структурно-тектонического исследования трех конкретных и масштабных РКС Сибири была создана реальная основа для разработки схемы их минерагении. Теоретической основой для этой схемы послужила флюидодинамическая концепция [20].

Согласно данной концепции, формирование рудных и углеводородных месторождений происходит по принципиально единой схеме. Общая направленность генерационных процессов при этом отражена в этапах мобилизации вещества исходных горных пород и переходе части их составов в природные расплавы и растворы, перемещении (миграции) и аккумуляции этих расплавов и растворов посредством ступенчатого, пульсационного концентрирования.

В верхней части земной коры флюидодинамические системы реализуются в форме двух групп региональных геологических структур: рудно-магматических систем [8, 9] и осадочных нефтегазоворудных бассейнов [20]. Для рудообразования, в традиционном его понимании, преобладают эндогенные энергетические силы и эндогенное вещество при подчиненной роли мобилизованного; для нефтегазообразования энергия остается глубинной, а вещество главным образом является биосферным. Очаги нефтегазогенерации представляют собой погруженные части обогащенных органическим веществом отложений, попавших в зоны нефте- и газообразования с температурой 100°С и более.

Данная концепция может быть удачно проиллюстрирована приведенной выше схемой рифтогенного тектогенеза, которая включает в себя два основных этапа – собственно рифтогенный (активный) и плитно-синеклизный (пассивный). Нетрудно видеть, что первому из этих этапов соответствуют рудно-магматические, а второму – осадочные нефтегазоворудные очаги генерации полезных ископаемых.

В 1998-1999 гг. автор предпринял первую попытку очертить полный круг осадочных, магматических и рудных формаций, по возрасту и структурному положению отвечающих этапам и стадиям проявления исследуемых рифтогенных активизаций. В качестве основы в этой работе была использована классификация рудоносных и рудных формаций [1], которая характеризует девонский этап развития АССО. Достаточно высокая степень изученности рудогенных образований данного этапа в регионе вполне оправданно позволяет использовать его в качестве сравнительно надежного, датированного по времени эталона.

В результате предпринятого синтеза структурно-тектоническая основа РКС, схема металлогении девонского этапа АССО, а также триасовой и юрско-меловой активизаций соответ-

ствующих регионов в подавляющем большинстве случаев органично соединились в единую табличную конструкцию, в которой рудные формации девонской РКС нашли своих аналогов в соответствующих структурах триасовой и юрско-меловой систем. Это явилось одним из важнейших доказательств принципиальной верности проведенных сопоставлений (табл. 2).

Обобщенное металлогеническое "лицо" активного этапа развития РКС согласно проведенным исследованиям представлено месторождениями Fe, Ti, Al, Mn, Mo, W, Sn, Cr, Ni, Co, Cu, полиметаллов РЗЭ, U, Th, Ag, Au и МПГ. Они являются результатом длительного полистадийного развития рудно-магматических систем, отличительной чертой которых является повышенная (до аномальной) флюидонасыщенность восстановительного (мантийного) характера. Зарождение и развитие этих систем реализовывались в обстановке трансрегионального растяжения и превалирующей эндогенной активности.

Четкие пространственно-временные и вещественные связи составных компонентов РКС (начиная от трансрегионально проявленных самих систем и кончая внутренней структурой отдельных ареалов магматических комплексов и связанных с ними рудно-магматических узлов) позволяют с высокой степенью достоверности прогнозировать наличие того или иного типа оруденения в пределах различных, в том числе слабоизученных, частей систем.

На пассивном этапе развития рифтов, в случае его достаточно масштабного проявления, разогретые потоки мантийных флюидо-гидротермальных систем восстановительного характера поднимались к поверхности Земли в основном по той же совокупности каналов, что и на активном этапе, но уже преодолевали на своем пути накопившиеся и накапливающиеся осадочно-биогенные толщи и интенсивно растворяющую и окисляющую их водную среду. Тем самым создавались благоприятные обстановки для пышного расцвета разнообразных форм биоты (бактериальных, растительных и др.), массово перерабатывавших повышенные флюидопотоки и способствовавших накоплению соответствующих отложений. В конечном итоге совокупность процессов мантийной дефлюидизации, приповерхностного биогенеза, седиментогенеза, литификации и метаморфизма пород плитно-синеклизного чехла приводили к формированию закономерного набора месторождений полезных ископаемых. Ведущее значение среди них имеют уголь, нефть, газ, оолитовые железные руды, каменные соли, золото, серебро, платиноиды (цехштейновый тип), уран, минеральные воды и ряд других полезных ископаемых.

Золото-платиноносность рифтогенных рудоносных формаций. Актуальность данного направления заметно возрастала по мере осознания рифтогенной природы таких уникальных объектов мирового значения, как Бушвельдский комплекс, Великая дайка, Таймыро-Норильская группа и ряд других крупных месторождений [4, 8, 9].

Систематизация опубликованных и полученных автором данных по золото-платиноносности рудных формаций исследуемых систем и их аналогам из других регионов показала, что их истинное металлогеническое значение в отношении благородных металлов до конца еще не раскрыто. Тем не менее и на данной стадии изученности очевидно, что благородные металлы имеют почти сквозной характер в рядах рудных рифтогенных формаций, в которых формируют как комплексное, так и собственное оруденение (Гринев, 1999).

Отмечая близкий к сквозному характер распределения благороднометалльного оруденения рудных формаций РКС, следует отметить наличие определенной специализации на эти металлы, наблюдающейся у каждой из систем. Так, ограниченно распространенным является серебряное и золото-серебряное оруденение, в основном присущее Хэнтэйско-Забайкальско-Алданской РКС. В рамках данной системы значимое платинометалльное оруденение известно лишь в Алданской сегментарной зоне (Инаглинский и Кондерский массивы). Наиболее распространенным является золотое оруденение. Оно в большей степени, чем все остальные, имеет сквозной характер. Среднее положение между ними по распространенности имеет золото-платиноидное оруденение, присущее главным образом Тувинско-Минусинско-Западносибирской и Хатангско-Западносибирской системам. Собственно платиноидное оруденение наиболее выражено у последней системы и по распределению близко к золото-серебряному. И, наконец, достаточно редким типом является

Таблица 2

Парагенезис рудных формаций рифтогенно-континентальных систем и их золото-платиноносность

Этап и фаза развития РКС		Генетический ряд рудных формаций		Время проявления формаций				Благородно-металльное оруденение
	Ассоциация рудоносных формаций	Ассоциация рудных формаций	Рудоносная структура, район, месторождение, рудопроявление и их минерагения	ХЗС	ТМЗС	ХЗА		
				T_1	D_1	J_1	K_1	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Активный, или собственно рифтогенный тип	1 фаза. *Формирование обширной пенепленизированной поверхности*	Рудная формация кор выветривания		C-P	$S-D_1$	T_3	J_3	
	Бурожелезняковая-мартитовая	Линейные зоны окисления гематит-магнетитовых руд	Восточный Саян – Краснокаменская гряда; Горная Шория – Казское, Сухаринское	+	+	+	+	⊗⊕
	Гетит-гидрогетит-лимонитовая	Линейные зоны окисления барит-флюоритовых руд	Тува-Ултай – Чозская гряда		+		+	+
	Силикатно-никелевая	Коры выветривания гипербазитовых массивов	Салаир-Белининское, Тягун – Таловское		+	+	+	⊕
	Оксидно-марганцевая (псиломелан-вандатовая, псиломелан-пиролюзатовая)	Линейные зоны окисления Mn-руд и повышенно Mn-пород	Енисейский кряж – Мазульское, Караульная горка, Порожинское	+	+			+
	Бокситовая (D_1)	Первичные и переотложенные коры выветривания в карстах	Салаирская гряда; Енисейский кряж – Татарское, Ивановское	+	+			⊗
	Фосфоритовая	Коры выветривания фосфоритоносных формаций (карстовый и другие типы)	Кузнецкий Алатау – Тамалыкское, Телекское; Енисейский кряж – Редкое II, Верхнекиргитейское	+	+			⊗⊕
	Магнезитовая	Линейные зоны дезинтеграции апогипербазитовых серпентинитов	Тува – Хопсекское, Шагонарское		+			+
	Каолиновая (каолин и каолиновые глины)	Коры выветривания на гранитных и метаморфических породах	Енисейский кряж – Бельское, Покровское, Черновское; Кузнецкий Алатау	+	+			
	2 фаза. *Сводовое поднятие, заложение осевого трога и грабеновых депрессий, рифтогенный вулканизм*	Вулканогенная и вулканогенно-осадочная рудные формации депрессионных структур		T_{1-2}	D_{1-2}	J_{1-2}	K_1	
	Красноцветная терригенная молассовая (D_1)	Медистых конгломератов и песчаников и меденосных лав	Западная Тува – Хонделенское; Минусинский прогиб – Казановское, Тустуджульское, Ворошиловское и др	+	+	+	+	⊗⊕
	Терригенно-карбонатная (D_1)	Бокситовая	Салаир		+			⊗

	Эффузивная базальт-трахитовая, трахибазальтовая, базальт-андезит-дацит-риолитовая, базальт-риолитовая (D1)	Антраксолитовых базальтов	Минусинский прогиб	+	+	+	+	⊗
		Радиогеохимически специализированных вулканитов	Минусинский прогиб; U,Th, Zr, Nb, Be, Y	+	+	+	+	+
	Щелочно-ультраосновная, щелочно-базальтовая и щелочно-салическая (Na и K) вулканогенные формации	Нефелиноносных или псевдолейцитоносных лав	Назаровская впадина; Кузнецкий Алатау – *г.*Сокол		+	+	+	+
		Барит-гематит-сидеритовая, жильная	Минусинский прогиб, Назаровская впадина		+	+	+	+
		Барит-стронционитовая, редкоземельная, апатитовая, редкометалльная	Западно-Забайкальская провинция: Sr, Ba, РЗЭ, P, Fe		+		+	+
	Зоны березитизации и других изменений в вулканитах базальт-липаритовой формации в ареалах палеовулканов	Медно-редкометалльная пятиэлементная	Юго-восток Горного Алтая – Аютинское и др.	+	+	+	++	⊗ ⊕
		Золото-полиметаллическая	Западная Тува, Забайкалье, Алдан; Таймыр, Горный Алтай	+	+	+	+	⊗ ⊕ •
		Золоторудная	Алтай, Тува; Забайкалье, Алдан		+	+	+	⊗
		Золото-сурьмяно-вольфрам-ртутный ряд	Таймыр; Забайкалье – Балейское Au-Ag рудное; Итаткинское (Au-Sb); Солнечное (Sb) и др.	+			+	⊗ •
		Флюоритовая	Забайкалье, Таймыр	+			+	+
		Фтор-молибден-урановая	Вулкано-тектонические структуры Забайкалья, Монголии; Восточный Саян	+	+		+	⊗
		Редкометалльная кварцевожильная	Забайкалье; Mo, W ± Au			+	+	⊗
	Пестроцветная терригенно-андезит-липаритовая полиформационная, трапповая	Железорудная кремнисто-гематитовая вулканогенно-осадочная	Горный Алтай – Коргонско-Кумирская гряда; Тунгусская провинция	+	+			+
		Агальматолитовая	Тува – Сарыхаинское		+			+
		Гематитовая осадочная (D_2)	Горный Алтай – Калгутинское					+
		Железорудная сидеритовая вулканогенно-осадочная (?), осадочная	Западная Сибирь, Забайкалье	+		+	+	+
		Марганцевая	Горный Алтай – Прозрачное, Северо-Холзунское и др.	+	+			+

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Активный, или собственно рифтогенный тип	**III фаза.** *Оформление "плеч" рифтов, синрифтовый интрузивно-субвулканический магматизм. Эрозия "плеч" рифтов, начало накопления толщ надрифтовых впадин*			T_{1-2}	D_{1-2}	J_{1-2}	K_1	
	"Обрамляющие поднятия"	Магматическая и магматически-метасоматическая рудные формации						
	Дифференцированных ультрабазит-базитовых (трапповых) интрузивов	Сульфидные норильского типа	МПГ, Cu, Ni, Co (Au, Ag, As)	+				⊗•⊕
		Окисно-малосульфидные	Норильский и Таймырский районы – МПГ, Fe, Cr	+				⊗⊕
		Скарновые	Там же – Pt-малосульфидные	+				⊗⊕
		Графитовые	Там же – Pt-Fe-метальные	+				⊕
	Дифференцированных базитовых интрузивов	Магматогенные титаномагнетитовые с сульфидами	Горный Алтай, Харловский интрузив – Ti, V, Fe	+	+			+
		Осадочно-гидротермальные, диатремные (Si, Pb, Zn, Cu, B, Sr), скарновые	Тунгусский и Ангаро-Илимский районы; магнетитовые, сульфидно-магнетитовые руды	+				⊗
	Габбро-сиенитовых, сиенитовых интрузивов	Магматогенные апатит-титаномагнетитовые, магматического замещения	Кузнецкий Алатау – Таксыльский, Ю-З Забайкалье – Ошурковский массивы		+		+	+
	Ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов; (Маймеча-Котуйская, Алданская и другие щелочные провинции)	Комплексное магматогенное оруденение ультраосновных пород	Маймеча-Котуйская и Алданские провинции; Титаномагнетитовое оруденение со специализацией на Cr, V, Mn ± МПГ	+			+	⊗⊕
		Комплексное магматогенное оруденение щелочных пород	Глиноземно-редкометалльно-радиоактивно-благороднометалльные	+			+	⊗⊕
		Комплексное магматогенно-метасоматическое оруденение карбонатитов	Редкометалльно-редкоземельно-радиоактивное, апатит-магнетитовое ± благородные металлы	+			+	⊗⊕
		Контактово-реакционное скарновое	Флогопит-апатит-ильменитовое ± благородные металлы	+			+	⊗
	Основных, щелочных пород и карбонатитов Na и K специализаций (щелочные провинции ТМЗС и ХЗА РКС)	Комплексное магматогенное оруденение основных пород	Титаномагнетит-ильменит-апатитовое с сульфидами ± МПГ, Au, Ag	+	+		+	•⊗⊕
		Комплексное магматогенное оруденение щелочных пород	Глиноземно-редкоземельно-радиоактивно- благороднометалльное	+	+		+	•⊗⊕

		Комплексное магматогенно-метасоматическое оруденение карбонатитов	Апатит-магнетитовое, стронций-бариевое, ± сульфиды	+	+	+	+	•
		Контактово-реакционное скарновое	Апатит-магнетитовое, сульфидное ± МПГ		+			⊗
	Средних (салических), щелочных пород и карбонатитов К-специализации (Алданский щит, Монголия)	Комплексное магматогенное оруденение биотитовых пироксенитов	Титаномагнетит-апатит-сульфидное ± МПГ	+	+	+	+	⊕
		Комплексное магматогенное оруденение щелочных пород	Калийное сырье: редкометалльно-редкоземельно-радиоактивное оруденение ± благородные металлы	+	+	+	+	•⊗
		Комплексное магматогенно-метасоматическое оруденение карбонатитов	Редкометалльно-редкоземельно-радиоактивное с повышенными содержаниями Au и Ag	+			+	•⊗⊕
		Контактово-реакционное скарновое	Редкоземельно-редкометалльное, сульфидное, золотосульфидное				+	•⊗
		Контактово-метаморфическое экзоконтактовых ареолов	Сульфидное, золотосульфидное				+	•⊗
	Щелочно-сиенитовая ± нефелиновые сиениты (апосиенитовые метасоматиты; кварц-сульфидное, штокверковое, прожилково-вкрапленное оруденение)	Редкоземельно-редкометалльное, редкоземельно-радиоактивное, золоторудное, медно-порфировое оруденение ± МПГ	Восточный Саян, Восточная Тува, Кузнецкий Алатау – Богатырское; Алдан – Куронах, Лебединское, Рябиновое и др.	+	+	+	+	⊗⊕
		Скарновая и гидротермально-метасоматическая рудные формации, связанные с гранитоидами						
	Гранит, граносиенит-сиенитовые интрузивы (контактово-метасоматические преобразования в экзоконтактах интрузивов) (D_2)	Полиметаллическая скарновая аллохтонная	С-В. Тува – Скарновое; Алдан – г.Мурун		+	+		⊗
		Железорудная магнетитовая (авто- и аллохтонная), иногда кобальтсодержащая	Кузнецкий Алатау – Тейское; Горная Шория – Кондомская группа; Восточный Саян – Краснокаменская группа; Горный Алтай – Инское, Белорецкое		+			⊗
	Гидротермальный метаморфизм кремнисто-осадочных руд в зонах влияния гранитных интрузивов (D_{1-2})	Железорудная магнетитовая (апатитсодержащая) автохтонная	Горный Алтай – Холзунское		+			+
		Пегматитовые, грейзеновые, гидротермальные рудные формации с устойчивой связью с гранитоидными комплексами						
	Габбро-диорит-гранодиоритовых интрузивов (D_{1-2}; J_{1-2})	Медно-порфировая	С-В. Тува – Кижи – Хемское, Аксугское и др.		+			⊗⊕
		Зоны грейзенизации, серицитизации и окварцевания; кварцево-жильные, рудных жил	Месторождения Mo, W, редких металлов; золоторудное, золотополиметаллическое – Забайкалье, Становой блок, Тува, Алтай		+	+	+	⊗

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Активный, или собственно рифтогенный тип	Габбро-диорит-гранодиоритовых интрузивов (D_{1-2}; J_{1-2})	Молибден-порфировая штокверковая	Кузнецкий Алатау – Ипчульское, Агаскырское; Восточный Саян – Улуч-Кадых-Осское, Забайкалье		+	+		⊗⊕
	Гранит-граносиенитовых интрузивов (D_{1-3}; J_{1-3}; T_1)	Комплексное редкометалльное оруденение Восточного Саяна	Месторождения магнетита, Mo, Mo-W ± РЗЭ ± Pb-Zn, Cu, Mo	+	+	+		+
	Гранит-лекогранитовых интрузивов (D_{1-2}; J_{1-2}; J_{1-3})	Шеелитовая апогранитовая	Восточный Саян – Улуг-Алымское		+	+		+
		Редкометалльно-штокверково-грейзеновая	С-В. Тува, Восточный Саян, Забайкалье, Тува; W, Mo, Nb, ± Pb, Zn, Cu, Au		+	+		⊗
		Грейзеновая кварц-касситеритовая, кварц-вольфрамитовая, кварц-молибденитовая, редкометалльная ± Pb-Zn- и Au-оруденение	Забайкалье, Даурская зона; Тува, Восточный Саян		+	+		⊗
		Березитовая, кварцево-жильная золоторудная	Тува, Забайкалье		+	+		⊗
	Формация мобилизат-плутонов (J_{2-3})	Редкометалльные и камнецветные грейзены, гидротермальные жилы и пегматиты. Шерловогорско-Спокойнинско-Ималкинская и Борщевочная зоны Забайкалья	Оловоносные пегматиты и кварцевые жилы, кварц-флюритовые жилы, воробьевит, аквамарин, топаз, морион, полихромный турмалин			+		+
	Комплекс щелочных гранитов и сиенитов (D_2; J_2)	Флюоритовая редкометалльно-редкоземельно-радиоактивная жильная и метасоматическая	Месторождения и рудопроявления редкометалльных жил и альбититов. Восточный Саян, Тува, Забайкалье и Монголия	+	+	+	+	–
	Депрессионные зоны	Осадочно-рудоносные формации, возникшие при участии эксгаляционно-гидротермальных процессов		T_{2-3}	D_{2-3}	J_{2-3}	K_{1-2}	
	Группа пестроцветных континентальных молассоидных формаций: вулканогенно-терригенная; известково-алеврит-песчаниковая; туффитовая и др.	Бокситовая	Салаир – Обуховское, Бердско-Майское, Октябрьское и другие месторождения		+			+
		Стратиформные месторождения сидерита гидротермально-метасоматические (?)	Забайкалье, Северо-Аргунская впадина, месторождение Березовское и др.				+	+
		Железорудная кремнисто-гематитовая	Ю-В Горного Алтая – Калгутинское		+			+
		Медистых песчаников	Минусинский прогиб – Печищенское и др., Центральная Тува	+	+			+

		Свинцово-цинковая	Тува – Солчур, Байтальское, Тебейское		+			+
		Уранорудная, пластовая	Минусинский прогиб – Приморское; Тувинский прогиб – Усть-Юкское		+	+		+
		Родуситовая	Южно-Минусинская и Назаровская впадины		+			+
		Галитовая	Южная Тува – Дустагское	+	+			+
		Гипсоносная; целлистиновая	Минусинская гряда	+	+			+
		Битумов и нефтепроявлений	Минусинский, Кузнецкий прогибы, впадины Забайкалья и Алдана и др.	+	+	+	+	+
IV фаза. *Преобладающий дайковый магматизм и затухание рифтогенного режима. Эрозия "плеч" рифтов, завершение накопления толщ надрифтовых впадин и прогибов*								
Обрамляющие поднятия:		Магматогенно-гидротермальная, гидротермальная рудные формации, связь с магматическими комплексами, у которых устанавливается не всегда		T_{2-3}	D_{2-3}	J_{2-3}	K_{1-2}	
Проявления малых интрузий и даек ультраосновного, основного, среднего и кислого составов повышенной щелочности и связанных с ними эманаций в зонах регенерированных разломов, линейно-узловых ареалов трещинных зон. Дайки часто имеют региональные масштабы проявления		Сульфидно-арсенидная и арсенидная; медно-никель-кобальтовая и халькопирит-пирит-арсенопиритовая ± Au и Ag, иногда магнетит-сульфидное оруденение	Тува – Узунайское, Казылюкское и др.; Горный Алтай (северо-запад) – Петровское; Салаир, Томский выступ и др. (Cu, Ni, Co, As, Sb, ± Ag, Au, МПГ)	+	+			• ⊗ ⊕
		Висмут-сульфосольная кобальтсодержащая	Ю-В. Тува – Кааттайгинское, Праводзунхемское		+			+
		Медно-висмут-кобальт-вольфрамовая	Горный Алтай, Юстыдский прогиб – Оленджульское		+			+
		Золото-редкометалльная с комплексным или специализированным на Au, Ag, Mo, W и полиметаллы оруденением	Забайкалье – Становой блок, Дарсун-Кличкинская рудоносная зона – Дарсунское и др.		+		+	• ⊗
		Баритовая, сульфидно-баритовая, барит-флюрит-железорудная	Обрамление Минусинского прогиба – Саксырское, Тирексульское, Тантан-туразы; Центральная Тува	+	+		+	+
		Ртутная, золото-ртутная, ртутьсодержащая (тип Карлин)	Центральная Тува, Горный Алтай; Таймыр, Кузнецкий Алатау	+	+		+	⊗
		Флюоритовая	Горный Алтай – Каячинское; Кузнецкий Алатау – Малорастайское	+	+			+
		Золотосульфидная, золотокварцевая	Салаир, Томский выступ	+	+			⊗ ⊕
		Уран-сульфидная гидротермально-метасоматическая	Минусинский уранорудный район (U, Mo, As, Pb, Ag, Hg)			+		+

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Активный, или собственно рифтогенный тип	**Депрессионная зона**	Гидротермально-осадочная и осадочная рудные формации		T_3	D_3	J_3	K_2	
	Ряд формаций от прибрежно-морских, озерно-болотных до молассоидных и сероцветных континентальных	Флюоритовая (ратовкитовая)	Минусинский прогиб – Журское и др.		+			+
		Редкометалльно-фосфатная с битуминоидами, уранорудная	Группа проявлений Минусинского, Тувинского и других прогибов		+	+	+	+
		Цеолитовая	Минусинский прогиб		+			+
		Каменноугольная	Минусинский прогиб и др.	+	+	+	+	+
		Нефтегазопроявлений	-"-	+	+	+	+	+
Пассивный этап	V фаза. *Образование плитно-синеклизного чехла*	Осадочная рудная формация		J-K	C_2-K	K	KZ	
	Сероцветные озерно-континентальные терригенно-осадочные формации	Бентонитовая (C_2)	Минусинский прогиб		+			+
		Каменноугольная (C_2-P)	Минусинский бассейн – Черногорское, Изыхское; Кузбасс, Ю.Якутия, Забайкалье		+	+		⊗
		Каменноугольная (J_{1-2})	Улут-Хемский бассейн; месторождения Кузбасса		+	+		⊕
		Буроугольная (J_{2-3})	Канско-Ачинский бассейн		+	+	+	⊗⊕
		Железорудная сидерит-бурожелезняковая (J_3)	-"-		+	+	+	⊗⊕
	Группа континентальных аллювиальных, озерно-болотных, прибрежно-морских и морских формаций Западной Сибири	Бокситоносная, каолиновых глин (K_1)	Прибортовые части ЗСП	+				+
		Битуминозная нефтепроизводящая	ЗСП	+				⊗⊕
		Буроугольная (J_{2-3})	ЗСП и ее прибортовые части	+				⊕
		Нефтегазоносная (J-K)	ЗСП, Хатангский прогиб	+				⊗⊕
		Железорудная сидерит-бурожелезняковая (K_2)	ЗСП	+		+	+	⊗⊕
		Циркон-ильменитовых россыпей	Прибортовые части ЗСП, группа Забайкальских впадин	+		+	+	

Примечание. ХЗС – Хатангско-Западносибирская; ТМЗС – Тувинско-Минусинско-Западносибирская; ХЗА – Хэнтэйско-Забайкальско-Алданская рифтогенно-континентальные системы; ЗСП – Западно-Сибирская плита; • – серебро, ⊗ – золото, ⊕ – платиноиды, + – (в сводной колонке) признаки благороднометалльного оруденения проявлены, тип не определен.

оруденение, включающее в себя серебро, золото и платиноиды, которое в основном характерно для нефелиновых пород Тувинско-Минусинско-Западносибирской системы (см. табл. 2).

Особого внимания заслуживают данные по так называемым нетрадиционным типам золото-платиноидной минерализации. В первую очередь речь идет о комплексах щелочных пород и образований типа цехштейн.

В этом отношении следует подчеркнуть, что если для АССО наличие благородных металлов в щелочных породах явление нетрадиционное, то для месторождений Крипл-Крик (США), Ыллымахского вулкано-плутона Алданского щита (Шнай, Орлова, 1977) и других щелочных провинций мира, это уже непреложный факт. В рамках разработанной автором схемы минерагении данные месторождения формировались на активном этапе развития соответствующих структур.

В том случае, когда речь идет о рифтогенных металлизованных и углеродистых осадках – цехштейнах, формировавшихся на пассивном этапе развития рифтов, нетрадиционность их еще более проблематична. Так, в месторождениях медистых песчаников Люблин (Польша), локализованных в красноцветных отложениях цехштейна, в битуминозном прослое, мощностью в несколько сантиметров, установлены аномальные содержания Au – 3000 г/т, Pt – 340 и Pd – 1000 (Полуаршинов, Константинов, 1994). Комплексная рудоносность подобных отложений в рифтовых структурах Западной Европы, в основном отработанных, давно уже история. Более того, золото-платинометалльные месторождения подобного типа в последнее десятилетие обнаружены в Китае, Индии, Вьетнаме и ряде других стран, где рассматриваются в составе так называемых черносланцевых формаций.

В свете этих данных не кажутся удивительными сообщения о высоких (до промышленных) концентрациях благородных, редких, радиоактивных и других металлов в битумоидах, нефти, нефтепроизводящих породах, углях и рассольных водах различных районов России и мира [8, 9, 22], в том числе и для Западно-Сибирской плиты и ее обрамления (Шор и др., 1999).

Установленные в процессе настоящего исследования стратиграфические уровни накопления часто металлизованных "черносланцевых толщ" в составе рифтогенных стратифицированных формаций и их вполне определенное структурное положение в пределах исследованных РКС позволяют и в Сибири прогнозировать открытие золото-платинометалльных месторождений цехштейнового типа.

В завершение данного раздела, в подтверждение мысли о не до конца раскрытом истинном "лице" исследованных РКС в отношении золото-платиноносности, необходимо отметить следующее. В АССО еще каких-то 10-15 лет назад в металлогенических схемах золотоносность девонского этапа развития либо не значилась вообще, либо серьезно оспаривалась. В настоящее время это положение изменилось в корне. Согласно ряду сообщений в девонских структурах Тувы [11], Горного Алтая (Гусев, 2001; Монид, Гусев, Данилов, 2001), Кузнецкого Алатау (Широких, Акимцев и др., 2001) выявлен целый ряд месторождений нескольких новых для региона формационных типов – золотопорфировый, золото-мышьяк-ртутный (тип Карлин) и др.

Выводы

1. Отсутствие фактурно обоснованной модели проявления континентального рифтогенеза для регионов Сибири приводило к тому, что на протяжении нескольких десятилетий за пределами системного анализа геологов оставался целый класс широко развитых структур со специфическим строением, историей формирования и минерагенией. Без наличия подобной, пусть даже дискуссионной модели невозможно корректно проводить картирование территорий, прогноз и поиски весьма широкого спектра месторождений полезных ископаемых.

2. Предложенная модель континентального рифтогенеза, разработанная на основе анализа обширных геологических данных по трем конкретным РКС обрамления Сибирской платформы, способна изменить существовавшую доныне ситуацию. Несмотря на то, что ей необходимо еще получить оценку специалистов и пройти проверку временем, уже сегодня она может служить рабочим инструментом, позволяющим закрыть существенный пробел в области систематизации данных по одному из ведущих процессов преобразования зрелой континентальной коры.

3. Одним из ярких примеров возможностей предложенной модели является органичное соединение ею данных по минерагении активного и пассивного этапов развития континентального рифтогенного режима, которые как нельзя лучше совпали с положениями современной флюидодинамической концепции рудогенеза. Модель позволила в рамках единой схемы структурно-тектонического развития трансрегиональных РКС обрамления Сибирской платформы органично систематизировать обширнейший минерагенический материал и установить ряд закономерных связей между тектоно-, магмо- и рудогенезом обширных территорий Сибири, которые ранее ускользали от внимания исследователей.

4. Заслуживают внимания систематизированные данные по уже выявленной и потенциальной золото-платиноносности рудоносных формаций РКС. В представленном в работе виде они отчетливо свидетельствуют о специализации целого ряда этих формаций на сопутствующее и собственное благороднометалльное оруденение. Кроме того, наличие в составе триасовой и юрско-меловой РКС таких уникальных и крупных месторождений благородных металлов, как Таймыро-Норильская группа, Лебединское, Куронахское, Балейское, Дарсунское и другие и их вполне закономерное структурно-тектоническое положение, позволяют прогнозировать открытие их аналогов и в связи с девонским рифтогенезом в АССО. Весьма перспективным является также выявление руд цехштейнового типа.

5. Предпринятое сравнительное изучение трех трансрегиональных РКС и разработка модели их формирования позволяют в значительной степени решить застаревшую проблему структурно-тектонического положения щелочного магматизма в Сибири. Несомненно интересными являются также данные по золото-платиноносности щелочных пород трех изученных опорных районов РКС – Маймеча-Котуйской, Кузнецко-Алатаусской и Западно-Алданской щелочных провинций, которые заставляют совершенно по-новому относиться к минерагеническому потенциалу щелочного магматизма [6-9].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Геологическое* строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых Т.7. Алтае-Саянский и Забайкало-Амурский регионы. Кн. 1. Алтай, Саяны, Енисейский кряж / Ред. П.С.Матросов, Г.Н.Шапошников. – Л.: Недра, 1988.

2. *Геологическое* строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т.1. Геологическое строение / Ред. А.В.Каныгин, В.Г.Свиридов. – Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999.

3. *Гринев О.М.* Эволюция щелочно-габброидного магматизма Кузнецкого Алатау: Автореф. дис.... к. г.-м. н. – Томск, 1990.

4. *Гринев О.М.* Особенности структурно-тектонической позиции и эволюции магматизма Маймеча-Котуйской провинции и Хатангского палеорифта / О.М.Гринев, Г.Г.Лопатин, М.М.Гончаров // Вопросы геологии и палеонтологии Сибири. – Томск: НТЛ, 1997.

5. *Гринев О.М.* Сравнительная характеристика морфотектоники рифтогенных систем обрамления Сибирской платформы // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. – Томск: ТПУ, 1998.

6. *Гринев О.М.* Структурно-формационный анализ Томского рудного района как основа прогнозно-поисковых работ на золото и платину / О.М.Гринев, Н.М.Поздняков, В.В.Туров // Структурный анализ в геологических исследованиях. Материалы междунар. семинара. – Томск: ЦНТИ, 1999.

7. *Гринев О.М.* Особенности морфотектоники, магморудогенезиса и золото-платиноносности рифтогенных систем обрамления Сибирской платформы // Структурный анализ в геологических исследованиях. Материалы междунар. семинара. – Томск: ЦНТИ, 1999.

8. *Додин Д.А.* Металлогения Таймыро-Норильского региона. – СПб.: Наука, 2002.

9. *Додин Д.А.* Платинометалльные месторождения России / Д.А.Додин, Н.М.Чернышов, Б.А.Яцкевич. – СПб.: Наука, 2000.

10. *Заика-Новацкий В.С.* Структурный анализ и основы структурной геологии / В.С.Заика-Новацкий, А.Н.Казаков. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989.

11. *Зайков В.В.* Рудные формации Тувы / В.В.Зайков, В.И.Лебедев, В.Г.Тюлькин. – Новосибирск, 1981.

12. *Милановский Е.Е.* Рифтовые зоны континентов. – М.: Недра, 1976.

13. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). – М.: Недра, 1983.

14. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли. Рифтогенез в подвижных поясах. – М.: Недра, 1987.

15. *Покровский Б.Г.* Роль вмещающих пород в формировании щелочно-габброидных интрузий севера Кузнецкого Алатау по изотопным данным /

Б.Г.Покровский, В.В.Врублевский, О.М.Гринев // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1991. – № 8.

16. *Покровский Б.Г.* Природа контаминации щелочно-габброидных интрузий южного обрамления Сибирской платформы / Б.Г.Покровский, Е.Д.Андреева, В.В.Врублевский, О.М.Гринев // Петрология. – 1998. – Т. 6. – № 3.

17. *Покровский Б.Г.* Коровая контаминация мантийных магм по данным изотопной геохимии. – М.: Наука, 2000.

18. *Родыгин А.И.* Признаки направления смещения при деформации сдвига. – Томск: Томский ун-т, 1991.

19. *Родыгин А.И.* Методы стрейн-анализа. – Томск: Томский ун-т, 1996.

20. *Соколов Б.А.* Флюидодинамическая концепция формирования месторождений полезных ископаемых (металлических и углеводородных) / Б.А.Соколов, В.И.Старостин // Смирновский сборник – 1997. – М.: ВИНИТИ, 1997.

21. *Сурков В.С.* Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты / В.С.Сурков, О.Г.Жеро. – М.: Недра, 1981.

22. *Торикова М.В.* Редкие металлы в нефтях, ископаемых углях, продуктах их переработки и минерализованных водах / М.В.Торикова, Ю.А.Кудимов, П.В.Тимофеев // Разведка и охрана недр. – 1996. – № 8.

Томский государственный университет, г.Томск

УДК 553.411.491

Г.В.Поляков, А.П.Кривенко

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАТИНОНОСНОСТИ ЮЖНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА И ПУТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ*

Сибирская платиноносная мегапровинция, включающая Сибирскую платформу и ее южное складчатое обрамление, является главенствующей на территории России. Это обусловлено в основном ресурсами металлов платиновой группы (МПГ) Норильского района, расположенного на северо-западе платформы и обладающего уникальными запасами платиноидов в сульфидных медно-никелевых месторождениях. Замкнутость платинодобывающей промышленности страны преимущественно на ресурсы Норильского комплекса, т.е. на сульфидный платинометалльно-медно-никелевый вид оруденения – явление уникальное, ибо в мировом производстве МПГ на этот тип месторождений в 1995 г. приходился в общей сложности 31%. Это сопряжено с определенными сложностями в платинометалльной отрасли России в настоящее время и, особенно, в более отдаленной перспективе. Прежде всего, это ставит в прямую зависимость получение МПГ от производства основных металлов данного типа месторождений, к которым относятся медь и никель, характеризующиеся большой нестабильностью мировых цен. В последнее время наблюдается очевидная дестабилизация цен и на МПГ, причем весьма неравномерная для различных металлов этой группы. Кроме того, интенсивная, почти сорокалетняя разработка Норильских месторождений вполне естественно привела к тому, что в настоящее время богатые руды, залегающие на относительно небольшой глубине, в значительной степени отработаны. По примерным оценкам, в связи с интенсивной отработкой богатых руд и отсутствием существенного прироста запасов, находящиеся в насто-

* Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Платина России"; проекта "Ведущие научные школы" НШ-1573. 2003.5 и проекта 6.2. СО РАН.