

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

© Т.Т. Казанцева,

доктор геолого-минералогических наук,
академик АН РБ,
главный научный сотрудник,
Институт геологии,
Уфимский научный центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация,
эл. почта: ktt@ufaras.ru

Рассматриваются основные фундаментальные теории формирования земной коры в русле мобилистского направления в геотектонике. Уделяется внимание происхождению и эволюции магматизма в двух моделях: субдукционной и обдукционной.

Основными отличительными чертами их являются разные методологические принципы и иные методические приемы изучения. Первая из названных моделей основана на принципе актуализма. Ее объектами изучения является молодой магматизм, свойственный преимущественно островным дугам. Методика изучения базируется на глубинных физико-химических процессах. Потому придается большое значение глубинному фактору, а не тектоническим напряжениям тангенциального сжатия. Вторая следует эволюционным законам развития. Объектами изучения являются активные зоны складчатых областей геологического прошлого, где широко развит магматизм. Используемые при этом методы основаны на структурных исследованиях, широком формационном анализе и вещественно-структурной методике геодинамических реконструкций. И субдукционная и обдукционная модели эволюции магматизма находятся в стадии разработки. Вероятно, одна из них окажется более доказанной, а возможно, что каждая из них будет использована для разных периодов эволюции земной коры. Дальнейшее изучение покажет.

Ключевые слова: теория, эволюция, актуализм, субдукция, обдукция, магматизм, методология, методика

© Т.Т. Kazantseva

BASIC THEORIES ON THE EVOLUTION OF THE EARTH'S CRUST

Institute of Geology, Ufa Scientific Centre,
Russian Academy of Sciences,
16/2, ulitsa Karla Marksa,
450077, Ufa, Russian Federation

Consideration is given to major theories on the formation of the Earth's crust in line with the mobilistic concept in geotectonics. The paper describes the subduction and obduction models for the origin and evolution of magmatic activity.

Their main distinguishing features imply different methodological principles and investigation practices. The first model is based on the principle of actualism and focuses on young magmatism characteristic mainly of the island arcs. The research methodology is based on deep-seated physical and chemical processes. This is why more importance is attached to the depth factor rather than tectonic stresses of tangential compression. The second one follows the laws of the evolutionary development. It focuses on the active zones of folded regions in the geological past with widespread magmatic activity. The methods used in this case are based on structural studies, comprehensive formational analysis and real-structured procedures of geodynamic reconstructions. Both subduction and obduction models for the evolution of magmatism are now underway. It is not improbable that either one of them will turn out to be more proven or they will be used for different periods of the evolution of the Earth's crust. Further study will reveal that.

Key words: theory, evolution, actualism, subduction, obduction, magmatism, methodology, procedures

В наши дни в геотектонике господствует земной коры: новой глобальной (субдукци-
доктрина мобилизма, представленная двумя онной) и шарьяжно-надвиговой (обдукцион-
фундаментальными теориями формирования ной), объясняющих основные геологические

процессы, образование структур и полезных ископаемых каждая со своих особых позиций. Ушла в прошлое геосинклинальная теория, которая развивалась более века и обогатила континентальную геологию рядом закономерностей развития литосферы, являющихся ценным достоянием геологической науки. В большей степени это относится к ее троговому варианту. Однако наиболее используемая в России фиксистская модель была уже не в состоянии объяснять полученные новые факты, и потому свои возможности исчерпала. Тектоника литосферных плит, благодаря геофизическим исследованиям и глубоководному бурению в океанах, достаточно хорошо объясняет геологию последних, но неоднозначно представляет строение и развитие континентов. Часть ее, касающаяся рождения океанической коры, удовлетворительно согласуется с фактическими данными для стадий растяжения литосферы и может быть успешно использована при рассмотрении этих периодов развития.

Что же касается тектонического режима сжатия, то механизм формирования земной коры через субдукцию все еще слишком гипотетичен. По существу, он не удачнее фиксистской «базификации». В большей степени это относится к проблемам происхождения и развития магматизма. В своих новых публикациях академик РАН Н.Л. Добрецов [1] сосредоточил внимание на многих противоречиях, несогласованностях и неясностях, присутствующих в работах многочисленных исследователей, в основном, зарубежных, список ссылок на которые насчитывает более ста наименований. В них предприняты попытки объяснить происхождение магматизма довольно сложным путем. Примерно так. Сначала происходит субдукция океанической плиты, а затем на глубине, соответствующей давлению, достаточному для появления эклогитов, заклинивание ее. Затем пододвигающаяся плита изменяет направле-

ние движения в противоположную сторону. Начинается процесс эксгумации. Он продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты глубины, где возможно образование островодужных вулканитов андезитового состава. Они нередко сопровождаются интрузиями диоритов и дайковыми сериями и, согласно субдукционной модели магматизма, образуются из основных магматических пород, участвующих в составе океанической коры. В соответствии с общеизвестными сведениями, андезиты представляют собой эффузивные породы, порфировой структуры, как правило, состоящие из плагиоклазов средних составов и темноцветных минералов: пироксенов и амфиболов. В составе последних преобладает роговая обманка. Если ею представлены порфиновые выделения, то породу называют адакитами. Примерно так выглядит субдукционная модель магматизма.

Ей противопоставляется обдукционная модель происхождения изверженных горных пород, широко развитых в пределах геологически активных зон складчатых областей геологического прошлого. Основными отличительными чертами субдукционной и обдукционной моделей магматизма являются разные методологические принципы и иные методические приемы изучения. Первая из названных моделей основана на принципе актуализма. Ее объектами изучения является молодой магматизм, свойственный преимущественно островным дугам. Основная методика изучения базируется на глубинных физико-химических процессах. Потому придается большое значение глубинному фактору, а не тектоническим напряжениям тангенциального сжатия. Вторая следует эволюционным законам развития. Объектами изучения являются активные зоны складчатых областей геологического прошлого, где широко развит магматизм.

Используемые при этом методы основаны на структурных исследованиях, широким

формационном анализе и вещественно-структурной методике геодинамических реконструкций. Субдукционная и обдукционная модели эволюции магматизма находятся в стадии разработки. Вероятно, одна из них окажется более доказанной, а возможно, что каждая из них будет использована для разных периодов эволюции земной коры. Дальнейшее изучение покажет.

Приведем краткое изложение сущности некоторых установленных в разные годы закономерностей развития земной коры, использованных в шарьяжно-надвиговой (обдукционной) теории, разрабатываемой автором, М.А. Камалетдиновым и Ю.В. Казанцевым с 1978 г.

В области структурной геологии

– В современной структуре активных в геологическом прошлом зон участвует сложный комплекс разновозрастных и разноранговых аллохтонов, последовательно надвинутых в сторону платформы. Разрывные нарушения представлены преимущественно надвигами и сдвигами. Надвиги определяют характер и стиль тектоники, а сдвиги являются вторичными по отношению к надвигам дислокациями. Среди основных аллохтонных форм в порядке повышения ранговости выделяются: тектонические чешуи, пластины, шарьяжи и мегааллохтоны. Чешуи образованы наклонными поверхностями надвигов. Пластины состоят из нескольких чешуй, объединяемых общей поверхностью надвигания. Шарьяжи представляют собой оторванные от корневой зоны аллохтоны. Мегааллохтоны – это сложнейшие комплексы структур, имеющие единую поверхность надвигания, состоящую из меланжа и гипербазитов [2–6].

– Выявлена многократность периодов надвигания в складчатых областях, совпадающих во времени с региональными перестройками структурных планов и накоплением флишевых толщ. Так, на Урале в палеозое

устанавливаются надвиги доордовикские, доживетские, дофранские, доверхнекаменноугольные [7]. Время образования надвигов в Аппалачах определено как доордовикское, ордовикское, девонское и каменноугольное [8; 9]. На неоднократное надвигание в пределах Корякско-Камчатской складчатой области указывает А.А. Пейве [10]. Разновозрастность олистостромовых толщ и перестройки структурных планов в Крыму свидетельствуют о периодичности надвигания в этом регионе [4] и др.

– Степень дислоцированности толщ при однотипном стиле тектоники возрастает от платформы к центру складчатой области. При этом ранние аллохтоны характеризуются повышенной интенсивностью структурных преобразований.

– В каждом аллохтоне, как правило, более деформированными оказываются фронтальные зоны. На территории передовых прогибов повсеместно наблюдается закономерное расположение линейных антиклиналей вдоль фронтальных частей тектонических пластин и чешуй. При этом складки обладают четкой асимметрией крыльев, с более крутым принадлевающим крылом. Там, где толщина аллохтонной пластины значительно увеличена, присутствуют куполовидные поднятия [2; 3; 11].

– Приведены доказательства аллохтонии складчатых сооружений, шарьированных на сопредельные платформенные основания. Такие сведения известны для Урала [2; 12;]; Аппалачей [13]; Добруджи [4; 14], Крыма [4] и др.

В области офиолитовых комплексов

– Офиолитовые формации континентов представляют собой реликты океанической коры, надвинутой на край платформы [15]. На Урале это впервые доказано Т.Т.Казанцевой и М.А. Камалетдиновым [16].

– Изолированные массивы офиолитов в окраиноконтинентальной зоне представляют собой бескорневые шарьяжи, а линейные ги-

пербазитовые пояса активных зон складчатых областей – фронтальные зоны мегааллохтонных структур (Пейве, Хаин, Кобер, Белостоцкий, Казьмин, Казанцева, Камалетдинов, Книппер, Чирич, Гасанов, Bailey, McCallien, Rodgers, Williams, Cuming и др.). Для Урала это доказано Т.Т. Казанцевой и М.А. Камалетдиновым [16–18]. Как правило, они сопровождаются мощными зонами меланжа [19; 20].

– Омоложение гипербазитовых поясов происходит от платформы к центру складчатой области. Эта закономерность хорошо проявлена на Урале, где время формирования гипербазитовых аллохтонов близко совпадает с периодами надвигания и накопления флишевых толщ [21; 5; 18]. В пределах Корякско-Камчатского орогена, на территории Канады и Сахалина это показано [22; 23].

В области магматизма

– Высокий процент (до 30% для Урала) кислых вулканитов в составе ранних формаций геоактивных зон складчатых областей (Г.Ф. Червяковский, П.Ф. Сопко и др.). Без привлечения континентальной коры такой состав получить невозможно.

– Пространственно-временная миграция вулканизма от платформы к центру геоактивной зоны складчатой области. Она устанавливается при анализе пространственного размещения однотипных, но разновозрастных формационных рядов. Для Урала такая латеральная миграция наилучшим образом показана Т.И. Фроловой и А.А. Буриковой [24]; М.Б. Бородаевской с соавторами [25], по данным которых наиболее древние ряды располагаются на западе, а молодые последовательно смещаются к востоку.

– Эволюция состава продуктов вулканизма каждого формационного ряда во времени характеризуется гомодромной направленностью. Она заключается в закономерной смене вулканических формаций от основных на ранних этапах развития до кислых и ще-

лочных на средних и поздних. При этом наблюдается постоянное повышение роли калия [26–28].

– Широкий возрастной диапазон гранитных интрузий в пределах одной складчатой области; значительное развитие мигматитовых и гранитогнейсовых комплексов, часто окружающих граниты; метасоматическая природа группы массивов; приуроченность их к положительным структурам различного порядка – таковы главные особенности этой формации Урала по Д.С. Штейнбергу [27].

– Метасоматическая природа габброидов, ассоциирующих с гипербазитовыми комплексами. Приуроченность тел габбро к краевым и подошвенным частям гипербазитовых массивов. Значительная отдаленность времени формирования габброидов от гипербазитов [29; 30].

– Приуроченность большинства интрузивных образований к концу тектономагматических циклов (этапов по иным авторам) [24].

В области формационного анализа [21; 31; 5; 20].

– Типовые формационные ряды окраиноконтинентальной зоны представлены снизу вверх: аспидной (глинисто-сланцевой либо кремнистой), карбонатной и флишевой формациями.

– Типовые формационные ряды геоактивной зоны складчатой области состоят из вулканической серии и флиша. Вулканические серии характеризуются эволюционной направленностью с возрастанием степени дифференцированности продуктов излияний во времени. Они представлены: недифференцированной, контрастно-дифференцированной, последовательной и порфиритовой формациями.

– Эволюция состава осадочной части формации во времени происходит от преобладания кремнеаккумуляции к возрастанию

роли карбонатообразования, затем к преобладанию доли терригенных осадков.

– Взаимоотношения между формациями единого формационного ряда являются стратиграфическими, согласными. Структурные перестройки приурочены к границам формационных рядов.

– Многократность повторения типовых формационных рядов в пределах складчатой области. Так, на Урале в палеозое однотипные формации, как в пределах окраиноконтинентальной, так и активной складчатой зоны повторяются трижды.

– Направленность развития вещественных комплексов всех геологических уровней организации вещества (минерального, породного, формационного, формационного) на протяжении тектонического цикла.

– Эволюционный характер геодинамических условий развития складчатых областей во времени, в общих чертах сводящийся к последовательному возрастанию тангенциального сжатия от древних к молодым тектоническим циклам.

– Циклично повторяющаяся направленность периодичности тектонических условий накопления вещества, от разрядки тангенциального напряжения скалыванием, через последовательно прогрессирующее сжатие до его максимальных значений.

В области метаморфизма

– Пространственная связь проявлений локального метаморфизма и метасоматоза с зонами надвигания и шарьирования [32].

– Связь глаукофанизации (процесса, протекающего при высоких давлениях и небольших температурах) с зонами мощного шарьирования [33].

В области нефтяной геологии

– Приуроченность нефтегазоносных положительных структур к фронтальным частям надвигов [2–4; 6].

В области рудной геологии

– Приуроченность рудных залежей к поверхностям надвигания [21; 33].

Установленные закономерности позволили нам с новых позиций подойти к решению ряда остро дискуссионных геологических проблем, не нашедших удовлетворительного объяснения в свете иных геотектонических концепций. Наиболее важными из них являются следующие: 1) происхождение складчатости вообще, и нефтегазоносных структур в частности; 2) зарождение и эволюция магматизма в геоактивных зонах складчатых областей на основе формационного анализа изверженных горных пород и геодинамических условий их развития; 3) генезис пограничных между складчатыми областями и платформами структур передовых прогибов; 4) происхождение углеводородов; 5) накопление залежей руд; 6) горообразование; 7) методика поисков полезных ископаемых с новых позиций и некоторые другие.

1. *Проблема происхождения складчатости долгие годы считалась важнейшей нерешенной проблемой.* Многие авторы называли ее проблемой № 1 геотектонической науки, имея в виду, что от ее решения зависит понимание более общих вопросов развития литосферы, выяснение тех основных видов движения, которые вызывают образование деформаций земной коры и ее осадочного чехла, а также различные вещественные преобразования.

В разные годы исследователями высказано более 40 гипотез генезиса складчатости. Поэтому многие геологи стали склоняться к мысли, что существует большое количество механизмов складкообразования. Но в этом случае исключалась возможность прогноза и эффективных поисков структур, с которыми связаны важнейшие полезные ископаемые, и, в первую очередь, углеводороды. Бытующие представления о том, что нефтегазоносные складки на платформах являются функцией вертикальных блоковых движений, не позво-

ляли предсказывать ни местоположение, ни простираение, ни форму и размеры, ни взаимное расположение структурных ловушек углеводородов.

На примерах многих складчатых областей России и других стран нами впервые была показана генетическая связь и подчиненность складок надвигам и послойным срывам осадочного чехла, а также кристаллического фундамента под действием сил бокового сжатия. Особенно это показательно на примере Предуральского передового прогиба. Здесь Ю.В. Казанцевым проанализирован огромный фактический материал, полученный по результатам бурения, в результате чего выявлена важнейшая закономерность приуроченности линейных положительных структур к фронтальным зонам надвигов. При этом принадвиговые крылья антиклиналей всегда оказывались более крутыми, нежели противоположные. Эта закономерность легла в основу происхождения нефтегазоносных структур [3; 2; 6].

2. Зарождение и эволюция магматизма в геоактивных зонах складчатых областей на основе формационного анализа изверженных горных пород и геодинамических условий их развития

Геовещественный состав в пределах активной зоны складчатой области выражен формационными рядами, под которыми понимаются комплексы формаций, характеризующиеся направленной сменой состава и строения во времени и соответствующие тектоническим циклам. В начале каждого ряда образуется вулканическая серия, состоящая из закономерно нарастающих вулканических формаций с четкой тенденцией эволюционного характера их развития. Она начинается недифференцированной базальтовой (спилит-диабазовой) либо контрастно-дифференцированной базальт-липаритовой, сменяется последовательно-дифференцированной базальт-андезит-дацит-

липаритовой, а затем наращивается формацией андезитового состава порфирировой структуры. То есть эволюция вулканической серии выражена закономерной сменой состава от существенно основных пород на ранних этапах развития тектонических циклов, к средним по составу породам на зрелых, до кислых и щелочных — на поздних. С приведенными нами соображениями на динамику эволюция тектонического цикла с заданной направленностью магматизма хорошо согласуются представления, изложенные в работе Х.С. Йодера и Ц.Е. Тилли [35]. Согласно им, базальты и габбро стабильны лишь до определенных пределов давлений, но не более 13 кбар. На диаграмме экспериментально установленных термодинамических условий стабильности природных эклогитов, базальтов и тахилитов базальты ограничены глубинами 50 км. Теми же исследователями показано, что амфиболиты могли образоваться из габбро либо базальта путем добавления вода при высоких давлениях, а по данным И.Б. Ламберита и Р.И. Уилли, «амфибол перестает быть устойчивым при давлении свыше 30 кбар, т.е. глубине около 100 км». Ссылаясь на ряд опубликованных источников, Х.С. Йодер приводит данные о том, что плагиоклаз основного состава и магнезиальный оливин (анортит и форстерит) при давлении 8 кбар образуют ортопироксен+клинопироксен+шпинель; что анортит+энстатит также сосуществуют лишь при сравнительно низком давлении. Уже при 15 кбар они образуют ортопироксен+клинопироксен+кварц. При этом «присутствие в плагиоклазе альбитовой составляющей должно повышать давление, отвечающее пределу стабильности» [35, с. 36]. Не менее интересные данные приведены в этой работе и для оливинов. На диаграммах в координатах давление — температура для оливиновых толеитов из Айдахо, Снейк-Ривер, Нью-Мексико и др. наблюдается, что «свыше 13 кбар ни в каких ассоциациях и ни при каких температурах

оливин обнаружен не был!.. ликвидусной фазой выше 10 кбар был клинопироксен, а выше 28 кбар – гранат...» [35, с. 139].

Приоритет гомодромного вулканизма позволяет признать характер направленности геодинамических условий, который заключается в возрастании давления от зарождения тектонического цикла к его концу, от начала формирования формационного ряда к его завершению. Это обосновывается следующим.

Тектонические условия накопления вещества геоактивных зон складчатой области определяются структурными особенностями пород, формаций и формационных рядов. К настоящему времени установлено, что в начале каждого ряда вулканогенные породы характеризуются преобладающим основным составом, афировой структурой, низким коэффициентом эксплозивности, глубоководным характером, предельно малым развитием субвулканических, интрузивных и осадочных пород. Постепенно происходит увеличение средних и кислых разностей, возрастают порфириность пород, коэффициент эксплозивности и степень дифференциации, все больше становится объем субвулканических, интрузивных и осадочных образований. Среди последних значительная доля принадлежит терригенным осадкам. Трещинный тип излияния сменяется центральным и ареальным. От формации к формации происходит обмеление бассейна осадконакопления. Эти данные объяснимы закономерным уменьшением проницаемости магмовыводящих разломов.

Известно, что среди магматических пород основного состава объем излившихся (эффузивных) разностей преобладает над интрузивными. Обратные соотношения характерны для группы кислых пород. При этом, закономерное повышение общего количества легкоплавких минералов к концу тектонического цикла свидетельствует о последовательном понижении температуры кристаллизации от начала к его концу. Следовательно, эволю-

ция вулканической серии осуществлялась при повышающемся давлении и понижающейся температуре.

Создание условий пониженных давлений, необходимых для образования базальтовых пород – начальных членов формационных рядов, может быть также достигнуто в результате тектонического сжатия. В определенные моменты боковое давление снимается скалыванием толщ с последующей их релаксацией. Это способствует плавлению на соответствующей глубине мантийно-коровых масс, обуславливая хорошую проницаемость вышележащих аллохтонов. Среди основных механизмов, вызывающих плавление исходного кристаллического материала Х.С. Йодер [35] рассматривает модели снятия напряжения сжатием (концепция Уффена) и перехода механической энергии в тепловую. Наиболее привлекательными из них представляются: плавление при сдвиге, плавление в условиях дифференциального стресса, плавление вследствие трения и др. Автор ссылается на литературные данные, согласно которым температура, возникающая вдоль поверхностей скольжения, может приближаться к точке плавления минералов. Видимо, в естественных тектонических условиях скучивания приемлем вариант совместного действия и соответственно суммарного эффекта названных механизмов. Последнее обстоятельство убеждает нас в возможности его приложения к реальной геологической среде.

Структурные особенности флиша, наращивающего каждый формационный ряд, свидетельствуют о высокой динамичности условий седиментации, а закономерная приуроченность шарьирования ко времени флишенакпления – о максимальном проявлении тангенциальных тектонических напряжений сжатия.

Итак, становление формационного ряда начиналось в условиях малых значений сил горизонтального сжатия (разрядка напряжений) и заканчивалось максимальными

значениями, что приводило к очередному шарьированию и зарождению нового формационного ряда. Это обдукционная модель зарождения и развития магматизма складчатых областей, которую в общем виде мы представляем так. Мощное тангенциальное сжатие разряжалось надвиганием пластин океанической коры на сопредельный край континента, что приводило к скучиванию гетерогенных масс, при котором легкоплавкая сиалическая кора оказывалась расположенной под тяжелой тугоплавкой. Такое протиестественное залегание разнородных кор способствовало активному течению геохимических процессов. Рождался магматический очаг сложного мантийно-корового состава, чему благоприятствовало снятие давления при скалывании. Следовавшее за этим постепенное возрастание бокового давления приводило к образованию вулканической серии формационного ряда. Степень дифференциации изверженного вещества находилась в прямой зависимости от возрастания давления. Максимально возросшее латеральные нагрузки ухудшали проницаемость аллохтона, приводили к постепенному закрытию магмопроводящих дизъюнктивов, что позволяло формироваться интрузиям и субвулканическим сериям. Главным энергетическим источником, обеспечивающим такой процесс, являлись силы тангенциального сжатия земной коры.

3. Впервые предложен механизм формирования предгорных прогибов как погружение края континента под огромным весом скученных аллохтонов. Такой генезис пограничных зон между складчатыми областями и платформами согласуется со временем заложения их в периоды, следующие за максимальными проявлениями шарьирования и складчатости. Это нашло отражение в их формационном составе [2–4].

Изостатическое погружение краевой утоненной части континента под весом скученных аллохтонов складчатой области при-

водит к трансформации горизонтальных напряжений в вертикальные. Это создает особый тектонический режим краевых прогибов, являющийся промежуточным между геоактивным и платформенным. Регионы, подверженные его действию, характеризуются платформенным типом осадконакопления, но усложненным стилем дислоцированности, что обусловлено одновременностью действия еще продолжающегося горизонтального сжатия и порожденного им изостатического погружения, выраженного вертикальными колебательными движениями [31].

4. Шарьяжно-надвиговый механизм образования углеводородов показан нами в ряде работ [31; 18; 6]. Реферативное изложение его выглядит следующим образом. Силы бокового давления и повышенные в этих условиях значения температур в периоды максимальных тектонических напряжений сжатия распространяются в сторону центра платформы на определенные расстояния, вызывая в толще осадков с достаточным количеством органического вещества катагенетические преобразования последнего в углеводороды. Максимальное боковое сжатие обеспечивает скалывание толщ (надвигание) с формированием положительных структур. Резкое снижение давления в зонах надвигания благоприятствует миграции и нагнетанию углеводородов в одновременно формирующиеся ловушки. Следует заметить, что такой механизм снимает основные обвинения, выдвигаемые против органической теории нефтегазообразования неорганиками.

5. Проблема генезиса руд, связанная с решением достаточно широкого круга вопросов, получает удовлетворительное объяснение, если признать, что образование месторождений тесно связано с формированием шарьяжной структуры подвижной зоны. Для медноколчеданных руд Урала установлено совпадение во времени рудообразования и внедрения субвулкаников кислого состава с периодами

флишенакпления. Последние характерны для деформационного этапа каждого тектонического цикла. Это свидетельствует о том, что рудообразование осуществлялось в режиме интенсивного тангенциального сжатия, обуславливающего необходимые структурные и энергетические условия для формирования руд. В этом случае следует считать одним из металлогенических законов следующий: чем больше тектонических циклов участвовало в образовании структуры и вещественного состава региона, тем выше его общие металлогенические возможности. Важнейшими рудоконцентрирующими структурами при этом являются сингенетичные рудообразованию зоны надвигания и шарьирования.

Изучение структурного положения месторождений меди, цинка, железа, золота, платины, хрома, никеля и других металлов, а также алмазов показало, что они закономерно приурочены к шарьяжно-надвиговым дислокациям, с которыми связаны генетически. Мобилизация рудного вещества медноколчеданных месторождений происходила в аллохтонных толщах базальтоидных вулканитов в условиях тангенциального сжатия, при участии субвулканов кислого состава, играющих, наряду с гидротермами, роль рудоконцентрирующего фактора. Преимущество такой гипотезы рудообразования заключается в следующем. Увязаны в единую цепь событий две группы фактов, ранее считавшихся принадлежностью двух альтернативных гипотез. Показана и объяснена конкретная связь процесса рудообразования с формированием структуры. Определено место рудообразования в общей системе геологических событий, формирующих земную кору континентов. Появилась возможность определять эпохи рудообразования и их энергетический источник и др. [5; 36].

6. Положительные формы рельефа, так же как тектонические структуры, образованы горизонтальными движениями аллохтонов

по надвигам и шарьяжам. Ярко проявляется зависимость форм рельефа от шарьяжно-надвиговой тектоники в складчатых сооружениях всех возрастов. Горные хребты и возвышенности представляют собой области тектонического скучивания в Гималаях, на Кавказе, в Аппалачах, на Урале, на Тянь-Шане, в Крыму [37]. Генетическая связь орогении и шарьирования наблюдается и в настоящее время [38].

На Урале всем аллохтонным структурам соответствуют положительные формы рельефа, возвышающиеся над породами постели, слагающими понижения. Региональные надвиговые чешуи, трассирующиеся вдоль западной границы складчатого Урала, всюду выражены линейными хребтами, получившими название передовых. Аллохтонные массы, погружаясь под собственным весом, образуют корни гор, глубина которых зависит от мощности пакета шарьированных образований. Наиболее высокие горные сооружения имеют более глубокие корни.

7. До недавнего времени главной методической ошибкой в поисково-разведочных работах оставалась недооценка ведущей роли региональных надвигов и горизонтальных движений в формировании складчатости, что хорошо видно на примере освоения многих нефтегазоносных регионов. Впоследствии выяснилось, что локальные складки группируются в линейно вытянутые валы, простирающиеся параллельно Уралу. Однако теоретических объяснений происхождения валов не существовало. Линейное четковидное распространение складок априори считалось невероятным и поэтому поиски их осуществлялись не на простирании, а вкрест, к востоку или западу от открытых структур. Закономерности во взаимном расположении складок еще не были поняты и поэтому не учитывались. В связи с такими представлениями поиски каждой складки велись изолированно, вне связи друг с другом. В результате антиклинали, при-

уроченные к единым надвиговым зонам, выявлялись с большими интервалами во времени. Сейчас мы хорошо знаем, что каждая надвиговая структура представляет собой богатую нефтегазонасную зону протяженностью в десятки и сотни километров, которую можно успешно разрабатывать лишь с учетом линейного распространения залежей углеводородов и контроля их региональными надвигами. Это открытие позволило разработать новую эффективную методику поисково-разведочных работ на нефть и газ, применимую практически во всех нефтегазонасных районах нашей и других стран. С учетом указанных положений разработана новая методика поисков рудных полезных ископаемых, практическое использование которой предлагается на Урале и в других складчатых областях.

Выявленные закономерности развития земной коры и оригинальные решения других насущных геологических проблем легли в основу предложенной и разработанной теории эволюции земной коры континентов. Согласно ей, земная кора образуется стадийно при режимах: горизонтального растяжения, тангенциального сжатия и относительной стабилизации – континентальном [21; 5]. Начало растяжения знаменуется появлением многочисленных разломов и заложением по ним линейных грабеновых структур, нарезающих соответствующие области континента на протяженные, субпараллельные блоки, вытянутые поперек действия растягивающих усилий. Формируется рифтовая система, состоящая из грабенов и разделяющих их, остаточных горстовидных поднятий. Сильно расчлененный рельеф способствует накоплению грабеновых формаций. Появление более глубоких трещин порождает развитие вулканогенных комплексов щелочных базальтоидов со значительной ролью калиевых серий. В центре максимального проявления растягивающих усилий происходит разрыв континента. При спрединге в рифтовых зонах океанов обна-

жается гипербазитовый субстрат, на котором формируется океаническая кора. На океанических пространствах идет накопление маломощных глубоководных осадков. На окраинах континентов, являющихся тектонически пассивными, грабеновые структуры преобразуются в надвиговые «грабенообразные» структуры [39], где происходит накопление осадочных серий значительной мощности.

По причинам планетарного масштаба режим растяжения в пограничной зоне действующей системы континент – океан сменяется режимом сжатия, а пассивная окраина континента этой системы превращается в активную. Тангенциальное сжатие приводит к зарождению процесса, формирующего земную кору континента. Он протекает по следующей схеме. Мощное тангенциальное сжатие разряжается надвиганием аллохтона океанической коры на сопредельный край континента, что приводит к тектоническому совмещению контрастных по составу масс, при котором легкоплавкая сиалическая кора оказывается расположенной под тяжелой тугоплавкой. Это способствует активному течению геохимических процессов. Рождаются магматический очаг сложного мантийно-корового состава, чему благоприятствует снятие давления при скалывании аллохтона. Следующее за этим последовательное возрастание бокового давления приводит к образованию вулканической серии формационного ряда. Степень дифференциации вещества прямо пропорциональна возрастанию давления. Максимально возросшие латеральные нагрузки ухудшают проницаемость аллохтона, ведут к закрытию магмоподводящих дизъюнктивов. Формируются флишево-олистоостромовые комплексы, происходит массовое надвигание, шарьирование и сопутствующая им складчатость. В пределах океанических зон в результате надвигания совмещаются океанические пластины, рождаются подводные хребты, а надвигание океанической коры на континентальную вновь

21. Казанцева Т.Т. Происхождение и развитие геосинклиналей. Уфа: БФАН СССР, 1981. 26 с.
22. Кайгородцев Г.Г., Жаркова З.А. Офиолитовая формация северной части Корьякско-Камчатской складчатой зоны // Магматизм Северо-Востока Азии. Магадан, 1976. С. 46–59.
23. Мельникова С.А. Интрузии гипербазитов и базитов в метаморфических породах Хавывенской возвышенности на Камчатке // Магматизм Северо-Востока Азии: Тр. I Сев.-Вост. петр. совещ. Магадан, 1976. Ч. 3. С. 39–43.
24. Фролова Т.И., Бурикова И.А. Геосинклинальный вулканизм (на примере восточного склона Южного Урала). М.: Изд-во МГУ, 1977. 264 с.
25. Бородаевская М.Б., Кривцов А.И., Агеева С.Т., Шишаков В.В., Ширай Е.П. Вопросы соотношений колчеданосных зон Тагильского и Магнитогорского прогибов Силуро-девонский вулканизм Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1975. С. 56–65.
26. Сергиевский В.М., Горецкая Е.Н., Мазина Е.А. и др. Сопоставление магматизма Урала и сопредельных регионов (Русская платформа, Казахстан, Ср. Азия, Таймыр) // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала: Тр. 2-го Уральск, петрогр. совещ. Свердловск, 1969. С. 9–11.
27. Штейнберг Д.С. Интрузивные формации // Геология СССР. М.: Недра, 1969. Т. 12. Ч. 1. С. 537–685.
28. Аржавитин П.В. Вулканогенно-осадочные формации Магнитогорского мегасинклинория: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Харьков, 1972. 28 с.
29. Морковкина В.Ф. Об особенностях метаморфогенного габбро (на примере габбро-перидотитовой формации Полярного Урала) // Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1960. С. 23–32.
30. Ефимов А.А., Ефимова Л.П. Кытлымский платиноносный массив. М.: Недра, 1967. 335 с.
31. Казанцева Т.Т. Формационные ряды Южноуральской эвгеосинклинали // Тектонические и палеовулканические условия размещения колчеданных месторождений: тез. докл. Уфа: БФАН СССР, 1982. С. 65–66.
32. Захарова А.А. Метасоматические формации и оруденение восточного склона Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1986. 33 с. Препринт.
33. Добрецов Н.Л. Глаукофан-сланцевые пояса Тихоокеанского обрамления / 14-й Тихоокеан. научн. конгр. Хабаровск, 1979. С. 114–116.
34. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А. Структурная позиция, генезис и перспективы поиска медноколчеданных руд на Южном Урале // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 2. С. 175–186.
35. Йодер Х.С. Образование базальтовой магмы. М.: Мир, 1979. 237 с.
36. Казанцева Т.Т. К общей концепции генезиса нефти // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. 2012. № 1. С. 31–38.
37. Камалетдинов М.А., Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Тектоника плит и геосинклинальный процесс на Урале // Геология морей и океанов: тез. докл. 5 Всесоюз. шк. мор. геол. М., 1982. Т. 2. С. 28–29.
38. Shaefer K. Recent thrusting in the Appalachians // Nature. 1979, vol. 280, no. 5719, pp. 223–226.
39. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. О происхождении «грабенообразных» структур на юго-востоке Восточно-Европейской платформы. ДАН СССР. 1981. Т. 257. № 1. С. 186–190.
40. Казанцева Т.Т. Основы шарьяжо-надвиговой теории формирования земной коры // Геология. Известие Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. 2000. № 5. С. 15–46.
41. Камалетдинов М.А. Новая геология (теория шарьяжей) // Геология. Известие отделения наук о Земле и экологии Академии наук Республики Башкортостан. 1998. С. 10–24.

REFERENCES

1. Dobretsov N.L., Kulakov I.Yu., Litasov K.D., Kukarina E.V. Znachenie geologii, eksperimentalnoy petrologii i seismotomografii dlya kompleksnoy otsenki subduktionnykh protsessov [An integrate model of subduction: Contributions from geology, experimental petrology and seismic tomography]. Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics, 2015, no. 1–2, pp. 21–55 (In Russian).
2. Kamaletdinov M.A. Pokrovnye struktury Urala [Overthrust structures of the Urals]. Moscow, Nauka, 1974. 230 p. (In Russian).
3. Kazantsev Yu.V. Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost Belskoy vpadiny Preduralskogo progiba [Geological structure and petroleum potential of the Belaya Depression within the Cis-Ural Trough]. Ph.D. Thesis in Geology and Mineralogy. Ufa, 1974. 21 p. (In Russian).

zones in the Tagil and Magnitogorsk Troughs]. Siluro-devonskiy vulkanizm Yuzhnogo Urala [Silurian and Devonian volcanism of the South Urals]. Ufa, BFAN SSSR, 1975, pp. 56–65 (In Russian).

26. Sergievskiy V.M., Goretskaya E.N., Mazina E.A. et al. Sopostavlenie magmatizma Urala i sopredelnykh regionov (Russkaya platforma, Kazakhstan, Cr. Aziya, Taymyr) [Comparison of magmatism in the Urals and adjacent regions (Russian Platform, Kazakhstan, Middle Asia, Taymyr)]. Magmaticheskie formatsii, metamorfizm, metallogeniya Urala [Magmatic formations, metamorphism, metallogeny of the Urals]. Proceedings of the 2nd Uralian Petrographic Conference. Sverdlovsk, 1969, pp. 9–11 (In Russian).

27. Shteynberg D.S. Intruzivnye formatsii [Intrusive formations]. Geologiya SSSR [Geology of the USSR]. Vol. 12, part 1. Moscow, Nedra, 1969, pp. 537–685 (In Russian).

28. Arzhavitin P.V. Vulkanogenno-ozadochnye formatsii Magnitogorskogo megasinklinoriya [Volcano-sedimentary formations of the Magnitogorsk Megasyneclorium]. Ph.D. Thesis in Geology and Mineralogy. Kharkov, 1972. 28 p. (In Russian).

29. Morkovkina V.F. Ob osobennostyakh metamorfogenogo gabbro (na primere gabbro-peridotitovoy formatsii Polyarnogo Urala [On the peculiar features of the gabbro-peridotitic formation in the Polar Urals]. Magmatism i svyaz s nim poleznykh iskopaemykh [Magmatism and its correlation with mineral resources]. Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1960, pp. 23–32 (In Russian).

30. Efimov A.A., Efimova L.P. Kytlymskiy platinonosnyy massiv [The Kolyma platinum-bearing massif]. Moscow, Nedra. 1967. 335 p. (In Russian).

31. Kazantseva T.T. Formatsyonnye ryady Yuzhnouralskoy evgeosinklinali [Formational series of the South Ural eugeosyncline]. Tektonicheskie i paleovulkanicheskie usloviya razmeshcheniya kolchedannykh mestorozhdeniy [Tectonic and paleovolcanic conditions of massive sulphide deposits distribution]. Abstracts. Ufa, BFAN SSSR, 1982, pp. 65–66 (In Russian).

32. Zakharova A.A. Metasomaticheskie formatsii i orudnenie vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala [Metasomatic formations and mineralization on the eastern slope of the South Urals]. Ufa, BFAN SSSR, 1986. 33 p. Preprint article (In Russian).

33. Dobretsov N.L. Glaukofan-slantsevye poyasa Tikhookeanskogo obramleniya [Glaucophane-schist belts of the Pacific boundary zones]. Proceedings of

the 14th Pacific Scientific Congress. Khabarovsk, 1979, pp. 114–116 (In Russian).

34. Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A. Strukturnaya pozitsiya, genezis i perspektivy poiska mednokolchedannykh rud na Yuzhnom Urale [Structural position, genesis and prospects for finding copper massive sulphide ores in the South Urals]. Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics, 1999, vol. 40, no. 2, pp. 175–186 (In Russian).

35. Yoder H.S. Origin of basaltic magma. Russian edition: Obrazovanie bazaltovoy magmy. Moscow, Mir, 1979. 237 p.

36. Kazantseva T.T. K obshchey kontseptsii genezisa nefiti [On the general concept of petroleum origin]. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN – Bulletin of the Ufa Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 2012, no. 1, pp. 31–38 (In Russian).

37. Kamaletdinov M.A., Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T. Tektonika plit i geosinklinalnyy protsess na Urale [Plate tectonics and geosynclinal process in the Urals]. Geologiya morey i okeanov [Marine geology]. Abstracts of the 5th School on Marine Geology. Vol. 2. Moscow, 1982. pp. 28–29 (In Russian).

38. Shaefer K. Recent thrusting in the Appalachians. Nature, 1979, vol. 280, no. 5719, pp. 223–226.

39. Kazantsev Yu.V., Kazantseva T.T. O proiskozhdenii «grabenoobraznykh» struktur na yugo-vostoke Vostochno-Evropeyskoy platformy [On the origin of «graben-like» structures in the south-eastern part of the East European Platform]. Doklady AN SSSR – Transactions of the Academy of Sciences of the USSR, 1981, vol. 257, no. 1, pp. 186–190 (In Russian).

40. Kazantseva T.T. Osnovy sharyazhno-nadvigovoy teorii formirovaniya zemnoy kory [Fundamentals of the nappe-thrust theory of the Earth's crust origin]. Geologiya. Izvestiya otdeleniya nauk o Zemle i prirodnykh resursov Akademii nauk Respubliki Bashkortostan – Geology. Bulletin of the Department for Geosciences and Natural Resources of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, 2000, no. 5, pp. 15–46 (In Russian).

41. Kamaletdinov M.A. Novaya geologiya (teoriya sharyazhey) [New geology (nappe theory)]. Geologiya. Izvestiya otdeleniya nauk o Zemle i prirodnykh resursov Akademii nauk Respubliki Bashkortostan – Geology. Bulletin of the Department for Geosciences and Natural Resources of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, 1998, pp. 10–24 (In Russian).