

УДК 550.34

ОСАДОЧНЫЕ БАСЕЙНЫ ЕВРАЗИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ ГЛУБИННОЙ СТРУКТУРЫ

© 2003 г. Л. И. Иогансон

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 06.06.2002 г.

Поступило 25.06.2002 г.

В глубоких осадочных бассейнах континентов и их окраин наблюдаются сокращение мощности и изменение состава консолидированной части земной коры. Существуют осадочные бассейны с полностью преобразованной, субокеанической консолидированной земной корой (безграничные впадины), в которых верхний, низкоскоростной слой, типичный для континентальной консолидированной земной коры (“гранитный” слой), полностью отсутствует. Субокеаническая консолидированная кора в пределах таких осадочных бассейнов характеризуется резко сокращенными мощностями (в предельных случаях до 5–7 км при их значениях 30–40 км для континентальных территорий) и высокими сейсмическими скоростями – ≥ 6.4 км/с. Подобные осадочные бассейны, как правило, отличаются большими размерами и мощными осадочными чехлами, часто с развитием солянокупольной тектоники. Исходя из того, что осадочные бассейны закладываются на нормальной континентальной коре, можно полагать, что подобные структуры с субокеанической консолидированной корой достигают кульминации своего развития по “бассейновому”, деструктивному пути, приобретая наиболее ярко выраженные характеристики структур этого класса, главной из которой является наличие субокеанической коры. Поэтому их предлагается рассматривать в качестве зрелых осадочных бассейнов.

Наряду с ними существует ряд глубоких осадочных бассейнов, в которых наблюдается различная степень сокращения мощности консолидированной коры, однако при сохранении ее континентального облика, т.е. наличия верхнего низкоскоростного слоя. Очевидно, подобные структуры остановились или находятся на различных стадиях деструктивного развития. “Зрелость” бассейна, определяющаяся наличием в его пределах субокеанической коры, не зависит от его возраста: существуют молодые (кайнозойские) “зрелые”

осадочные бассейны и, напротив, палеозойские и мезозойские бассейны с земной корой, только частично затронутой процессами деструкции.

Представляет интерес выявление различных соподчиненных стадий преобразования консолидированной коры в пределах осадочных бассейнов, а также оценка потенциальных возможностей их развития по деструктивному пути. Поставленные вопросы решаются с использованием комплексной детальной типизации земной коры для сравнительного анализа современной структуры разновозрастных осадочных бассейнов. Такой подход позволяет выявить определенные эволюционные ряды осадочных бассейнов и соответственно различную степень зрелости этих структур. Предпосылкой для подобного анализа служит то обстоятельство, что в пределах зрелого осадочного бассейна наблюдается переход от предельно редуцированной субокеанической консолидированной коры в осевой части к континентальной коре в его обрамлении, т.е. существует реальный ряд типов коры, соответствующих различной степени деструкции коры и приуроченных к различным частям бассейна. С другой стороны, строение консолидированной коры в бортовых частях зрелого осадочного бассейна может быть сходным с ее строением в осевых зонах менее продвинутых бассейнов. Учитывая геолого-геофизические данные о строении осадочных бассейнов, можно определить подобные ряды типов коры в некоторых эталонных осадочных бассейнах и рассмотреть строение других бассейнов с точки зрения развития одинаковых типов коры с определенной эволюционной нагрузкой (степенью редукции земной коры). Необходимым инструментом для выявления названных рядов типов коры служит комплексная детальная типизация земной коры [4].

Типизация земной коры основана на интегральной характеристике небольших ее объемов (элементарных ячеек размером 20 × 30 мин) значениями ряда геолого-геофизических параметров, отражающих современную структуру (мощность земной коры, высота рельефа и размах его высот, глубина залегания консолидированного

фундамента) и энергетическое состояние земной коры (тепловой поток и изостатические аномалии). Выбор параметров был обусловлен наличием униформных данных для территории проведения типизации. Типы коры характеризуют современное структурно-энергетическое состояние отдельных участков земной коры. Обработка исходных данных по итерационной процедуре кластерного анализа позволяет создавать типизации различной степени детальности на различных его шагах, отражающие характер гетерогенности структуры крупных тектонических элементов. Преимуществом подобной типизации является возможность выделения одинаковых типов коры в пределах различных тектонических структур.

В основу работы положен анализ современной структуры ряда крупнейших осадочных бассейнов Западной Евразии и акватории Охотского моря в поле типов коры, т.е. по интегральным характеристикам земной коры. Наличие одинаковых типов коры в различных осадочных бассейнах служит основанием для распознавания в их пределах зон аналогичного строения земной коры. При районировании осадочных бассейнов по типам коры отчетливо фиксируются изменения в строении земной коры в различных частях бассейнов. Выделяются осевые и периферийные типы коры. Осевые типы коры в зрелом осадочном бассейне связаны с максимально редуцированной консолидированной земной корой. По положению типов коры относительно центральной части зрелого бассейна устанавливается степень их "периферийности", отражающая степень редукции земной коры в бортовой части бассейна. Так выделяются условные эволюционные ряды типов коры определенного зрелого осадочного бассейна. Наличие одинаковых типов коры в различных осадочных бассейнах позволяет определить относительную эволюционную стадию развития каждого рассматриваемого бассейна [5].

Для изучения современной структуры осадочных бассейнов в поле типов коры рассмотрены Прикаспийский и Днепровско-Донецкий осадочные бассейны в континентальной части и морские: северные части Алжиро-Прованского и Тирренского осадочных бассейнов, Адриатический (вместе с прилегающим континентальным Падуанским), а также осадочные бассейны Черноморской, большей северной части Каспийской и Охотоморской акваторий. Для анализа использовался 9-й шаг кластерного анализа, на котором проявляются основные черты внутренней структуры рассматриваемых бассейнов, без излишней дезинтеграции, свойственной более детальным шагам кластерного анализа. С учетом имеющихся геофизических данных Прикаспийский, Алжиро-Прованский и Тирренский бассейны рассматриваются в качестве зрелых осадочных бассейнов.

Прикаспийский осадочный бассейн построен наиболее представительным рядом типов коры по сравнению с другими бассейнами, поэтому его можно рассматривать в качестве некоторого эталона при рассмотрении других бассейнов. Осевая часть Прикаспийского бассейна построена типом коры 52, а в строении бортовых зон по мере удаления от осевой части участвуют периферийные типы коры 53, 13, 64, 9, 2, 85 и тип коры 1 на далекой периферии бассейна и в пределах внебассейновой территории (фоновый тип коры). Указанный ряд отражает постепенный переход от предельно редуцированной субокеанической консолидированной коры в осевой части Прикаспийского осадочного бассейна к типично континентальной коре, развитой за его пределами (рис. 1А).

Названные типы коры (ниже – прикаспийские) участвуют в строении Каспийских (как осевые, так и периферийные типы коры), Днепровско-Донецкого и Адриатического осадочных бассейнов (только периферийные типы коры). В юго-восточной части исследованной акватории Каспийского моря, в пределах Южно-Каспийской впадины, выделяется локальный участок развития прикаспийского осевого типа коры 52, окруженного периферийными типами коры 13, 64, 2, 85. Севернее еще две зоны образованы только периферийными типами коры – 64, 2, 85, развитыми между обширными зонами развития типа коры 1. Таким образом, пространственное расположение указанных зон в пределах акватории Каспийского моря имеет пятнистый рассеянный характер (рис. 1Б).

В юго-восточной части Днепровско-Донецкого осадочного бассейна присутствует наиболее глубокий из периферийных прикаспийских типов коры – 13, ареал развития которого окружен зонами более внешних периферийных типов коры – 64, 2 и 85. Большая северо-восточная часть этого бассейна представлена фоновым типом коры 1 (рис. 1В). В Адриатическом бассейне относительно более "глубокий" тип коры 64 образует две обширные зоны в северо-западной (включая Падуанский бассейн в континентальной части) и юго-восточной частях бассейна, а его центральная часть представлена более периферийным прикаспийским типом коры 2 (рис. 1Г). Таким образом, среди рассмотренных осадочных бассейнов только Прикаспийский и Южно-Каспийский обладают характеристиками зрелых осадочных бассейнов. Другие бассейны акватории Каспийского моря, а также Днепровско-Донецкий и Адриатический находятся на стадиях деструкции земной коры, свойственных бортовым зонам Прикаспийского бассейна, при этом на более продвинутой стадии находится Днепровско-Донецкий бассейн.

В пределах охваченной типизацией северной части Алжиро-Прованского бассейна его осевая

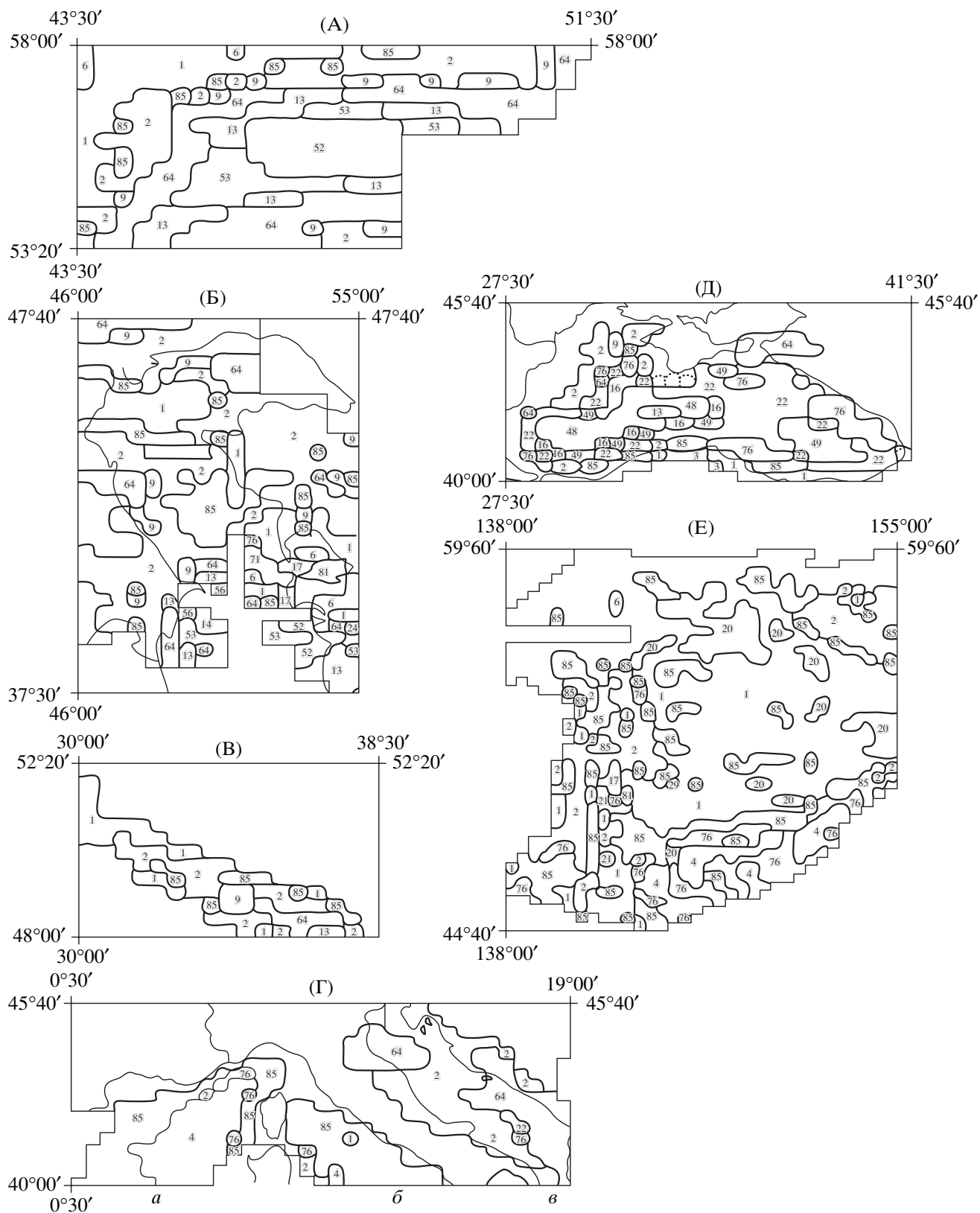


Рис. 1. Районирование осадочных бассейнов по типам коры (цифры означают номер типа коры). Осадочные бассейны: А – Прикаспийский; Б – осадочные бассейны Каспийского моря; В – Днепровско-Донецкий; Г – осадочные бассейны Средиземного моря: Алжиро-Прованский (а), Тирренский (б), Адриатический (в); Д – осадочные бассейны Черного моря; Е – осадочные бассейны Охотского моря.

зона представлена типом коры 4, по обрамлению которой локально развит тип коры 76, преимущественно тип коры 85 и в единичных случаях тип коры 2. Типы коры 4 и 76 не встречаются в пределах Прикаспийского бассейна, поэтому они расцениваются в качестве специфических алжиро-прованских типов коры. Тип коры 85 развит на далекой периферии Прикаспийского осадочного бассейна, отделенной от его осевой части рядом переходных зон. Поскольку в Алжиро-Прованском бассейне тип коры 85 местами непосредственно сменяет в пространстве осевой тип коры 4, очевидно, что в этом бассейне происходит резкая смена типов коры с различной степенью деструкции земной коры, и многочисленные переходные зоны просто отсутствуют. Тип коры 85 доминирует по площади в пределах рассматриваемой северной части Тирренского бассейна, в котором на ограниченных участках представлены другие типы коры – 4, фиксирующие наиболее трансформированную часть бассейна, и тип коры 2. Соответственно, эти бассейны характеризуются одинаковыми стадиями развития, относясь к зрелым осадочным бассейнам, но с различным масштабом проявления процессов редукции земной коры (рис. 1Г).

В строении Черноморского и Охотоморских осадочных бассейнов принимают участие как прикаспийские, так и алжиро-прованские типы коры (рис. 1Д). В южной части Охотоморской акватории (Южно-Охотском осадочном бассейне) развит алжиро-прованский осевой тип коры 4. На остальной части Охотоморской акватории развиты периферийные прикаспийские и алжиро-прованские типы коры, занимающие несколько зон, разделенных областями распространения фонового типа коры 1 (рис. 1Е). В Черноморском бассейне развиты только периферийные прикаспийские и алжиро-прованские типы коры. Исходя из сказанного, Южно-Охотоморский бассейн относится к зрелым осадочным бассейнам, а Черноморский характеризуется степенью зрелости, характерной для бортовых (но наиболее приближенных к осевой зоне) частей зрелых осадочных бассейнов.

Следует отметить, что мощности субокеанической консолидированной коры зрелых осадочных бассейнов существенно различаются. Для внутриконтинентальных они составляют 10–15 км, а для осадочных бассейнов окраинных морей снижаются до 5 км. Есть некоторые основания полагать, что указанные минимальные мощности субокеанической консолидированной коры представляют предельное значение, фиксирующее максимальные масштабы деструктивного процесса.

По наличию в осадочном бассейне прикаспийских или алжиро-прованских типов коры можно выделить два самостоятельных ряда осадочных

бассейнов – условно Прикаспийский и Алжиро-Прованский. Прикаспийский ряд включает (в соответствии со степенью редукции земной коры) Прикаспийский, Каспийские, Днепровско-Донецкий и Адриатический бассейны. Алжиро-прованский ряд образован одноименным, Тирренским и Южно-Охотским осадочными бассейнами. При этом все три названных бассейна находятся на одинаковой, зрелой стадии развития. Третий, смешанный ряд с участием прикаспийских и алжиро-прованских типов коры образуют Черноморский и остальные бассейны Охотоморской акватории. Названные бассейны находятся на стадии деструкции земной коры, свойственной бортовым зонам зрелых осадочных бассейнов.

Выделенные ряды отражают не только структурные различия рассмотренных бассейнов. В них отражается также обеспеченность тепловыми ресурсами для потенциальных возможностей развития этих структур по деструктивному пути. Учитывая данные о тепловом потоке в характеристиках типов коры, можно полагать, что “содержание” типов коры включает как раз эту информацию. С этой точки зрения выделяются “холодные” и “горячие” осадочные бассейны. Их можно интерпретировать как структуры с завершенным или продолжающимся деструктивным развитием. Весь прикаспийский ряд, большая часть Черноморского и Охотоморских бассейнов являются “холодными”, характеризующимися пониженными тепловыми потоками – менее 50 мВт/м. Такие структуры можно расценивать как закончившие свою эволюцию в качестве деструктивных областей земной коры. При этом только Прикаспийский и Южно-Каспийский бассейны достигли стадии “зрелости”. Остальные осадочные бассейны (другие бассейны Каспийской акватории, Адриатический и Днепровско-Донецкий бассейны) остановились на промежуточных стадиях деструкции земной коры.

Алжиро-прованский ряд, напротив, “горячий”, со значениями теплового потока ≥ 70 мВт/м. Структуры этого ряда, несмотря на достигнутую “структурную зрелость”, продолжают развиваться по деструктивному пути. Об этом могут также свидетельствовать данные по изостатическому состоянию рассмотренных бассейнов. Сильные положительные изостатические аномалии характерны для Алжиро-Прованского и Тирренского бассейнов, в то время как для бассейнов прикаспийского ряда типичны слабоотрицательные изостатические аномалии [1]. Это означает, что тектоническая составляющая положительных изостатических аномалий направлена на дальнейшее уменьшение мощности консолидированной коры в Алжиро-Прованском и Тирренском осадочных бассейнах. В этой связи достаточно неожиданно строение Адриатического бассейна, географически входящего в систему Средиземноморских бас-

сейнов, а по характеру слагающих его типов коры – в прикаспийский ряд. Однако, как показано в работе [1], вся восточная часть Средиземного моря характеризуется отрицательными изостатическими аномалиями и соответственно другими структурно-энергетическими условиями по сравнению с его западной частью, куда входят Алжиро-Прованский и Тирренский бассейны.

Распространение типов коры с определенной эволюционной нагрузкой (степенью редукции земной коры) и количество подобных зон в осадочном бассейне позволяет оценить масштабы и площадной характер развития процессов деструкции земной коры в пределах осадочного бассейна. Эти процессы связываются с воздействием на земную кору аномально разогретого мантийного вещества [2, 3]. Степень редукции коры под осадочным бассейном, вероятно, обусловлена активностью воздействия аномального мантийного источника на кору, что может быть в свою очередь связано с различным гипсометрическим положением поверхности такого источника под осадочным бассейном. Представляется, что указанный выше характер распространения зон различной степени редукции земной коры проливает свет на конфигурацию поверхности мантийного источника, обусловившего образование конкретного осадочного бассейна. Очевидно, его наиболее гипсометрически высокое положение отражается в положении зон наиболее редуцированной коры. В случае осадочного бассейна с единственной подобной зоной можно предположить, что ей соответствует наиболее приподнятая часть поверхности мантийного источника. Если же в осадочном бассейне наблюдается несколько зон редукции земной коры одинаковой или различной степени, то это скорее всего означает, что подобный бассейн возник под воздействием мантийного источника со сложным рельефом его поверхности. Можно предположить наличие в его поверхности нескольких выступов под наиболее редуцированными зонами земной коры. Уровень поверхности этих выступов может быть примерно одинаковым, если зоны характеризуются одинаковой степенью редукции земной коры (одинаковыми типами коры). В случае разной степени редукции в различных зонах напрашивается вывод о неодинаковом гипсометрическом уровне подъема отдельных выступов поверхности мантийного источника.

С этих позиций находит объяснение степень зрелости осадочного бассейна, а также любое наблюдаемое расположение зон редукции в рассмотренных бассейнах. Зрелые осадочные бассейны с центральной осевой зоной субокеанической консолидированной коры, окруженной бортовыми зонами с постепенным убыванием степени редукции, очевидно, образовались над наиболее гипсометрически приподнятой вершиной мантий-

ного источника. Наличие постепенных переходов от подобной осевой зоны к континентальной коре внешних бортовых зон обусловлено достаточными пологими склонами мантийного источника. Очевидно, такая картина соответствует случаю Прикаспийского бассейна, в бортовых зонах которого запечатлена широкая гамма переходов от максимально деструктивной коры к континентальной во внешних бортовых зонах. Напротив, резкая смена деструктивной коры малозатронутой разрушительными процессами субконтинентальной корой в бортовых зонах Алжиро-Прованского и Тирренского осадочных бассейнов предполагает воздействие высоко поднятой вершины мантийного источника с круто погружающимися склонами. Рассеянное положение зон различной степени редукции земной коры в осадочных бассейнах Каспийской и Охотоморской акваторий свидетельствует в пользу очень сложного рельефа поверхности мантийного источника под этими бассейнами с наиболее высокими выступами в южных частях этих акваторий.

Осадочные бассейны с частично редуцированной консолидированной корой, по-видимому, образовались над относительно менее приподнятыми вершинами мантийного источника. Под Днепровско-Донецким бассейном можно предполагать резко асимметричный мантийный источник с наиболее приподнятой частью в юго-восточной части бассейна, с полого погружающейся поверхностью в северо-восточном направлении. Мантийный источник с двумя крупными выступами, соответствующими Западно- и Восточно-Черноморским котловинам, очевидно, развит под Черноморским бассейном. С этой точки зрения легко объясняется и аномальное положение зон наиболее редуцированной земной коры по окраинам Адриатического бассейна – их пространственное положение хорошо увязывается с наиболее высокими частями поверхности мантийного источника под этими зонами, разделенными областью пониженного залегания его поверхности, соответствующей центральной части Адриатического моря.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 00–05–64319).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев М.А.* Изостазия территории СССР. М.: Наука, 1975. 215 с.
2. *Артюшков Е.В.* В сб.: Проблемы глобальной геодинамики. М.: ГЕОС, 2000. С. 111–134.
3. *Белоусов В.В.* Тектоносфера Земли: взаимодействие верхней мантии и коры. М.: МГК, 1991. 70 с.
4. *Рейснер Г.И., Иогансон Л.И.* В сб.: Результаты комплексного изучения тектоносферы. М.: ИФЗ РАН, 1993. С. 1–21.
5. *Иогансон Л.И.* // Изв. вузов. Геология и разведка, 2002. № 1. С. 38–46.