

РАЗУПЛОТНЁННОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА ПО ДАННЫМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Жантаев Ж.Ш.¹, Бибосинов А.Ж.², Исаков Б. А.², Курманов Б.К.², Фрейд А.Г.²

¹АО Национальный Центр Космических Исследований и Технологий

²ДТОО Институт Ионосферы², г. Алматы, Казахстан, afreid@list.ru

Введение

В современных представлениях о структуре земной коры важное место отводится зонам разуплотнения (волноводам). Причиной тому, может служить установленная связь нефтеперспективных структур, а также сейсмогенерирующих зон с положением зон разуплотнения. Поэтому, выявление последних на сегодня представляется наиболее актуальной задачей, решение которой позволит проводить целенаправленные поисковые работы, направленные на расширение минерально-сырьевой базы и, в частности, на выявление мест возможной локализации месторождений углеводородов. На земной поверхности с зонами разуплотнения связаны многие элементы разломной тектоники, которые могут служить каналами миграции флюидов из внутрикоровых волноводов в приповерхностные коллекторы, ограниченные сверху флюидоупорами. Наличие последних является необходимым условием накопления углеводородов в промышленных масштабах. В качестве примера можно привести ряд работ, в которых развиты и обоснованы эти положения [1,5,7,8,10,11].

С другой стороны с зонами разуплотнения отождествляются те элементы структуры земной коры, в которых геодинамические процессы протекают наиболее интенсивно. Так, по существу, зоны относительного разуплотнения это зоны дилатансии земной коры. Именно увеличение объёма среды с образованием зон разуплотнения предшествует землетрясению – перестройке, по выражению академика С.В.Гольдина «блочной-иерархической структуры земной коры» [3]. Отсюда следует, что зоны разуплотнения являются теми элементами структуры земной коры, с которыми могут быть связаны реальные деформационные процессы.

В свете вышесказанного был выполнен расчёт по выделению и пространственной визуализации зон разуплотнения, находящихся на разных гипсометрических уровнях разреза земной коры Каспийского региона. Результаты этих расчётов частично представлены в данной работе.

Методология

Для решения поставленной задачи наиболее простым и целесообразным представляется использование экспериментальных данных о распределении значений скорости продольных сейсмических волн в земной коре. Поскольку скорость является интегральной характеристикой физических свойств геологической среды, то вполне уместно предположить, что карты распределения её значений несут в себе прямую информацию о существовании сейсмических неоднородностей по латерали, а вертикальные ряды таких карт – по исследуемому объёму геологической среды. Разуплотнённость среды должна проявляться в виде областей относительно пониженных значений скорости, распределённых в исследуемом объёме земной коры. Поэтому задача в общем случае сводится к выявлению этих областей и установлению физического смысла обнаруженных закономерностей путём анализа и сопоставления с фактическими геолого-геофизическими данными и выполненными модельными расчётами по распределению параметров напряжённо-деформированного состояния для отдельных локальных территорий, включающих в себя установленные месторождения углеводородов.

Распределение значений скорости сейсмических волн в разрезе рассматриваемого региона получено на основе материалов обобщения [2], представленного набором карт, отражающих рельеф основных скоростных уровней. Данный набор карт явился тем исходным материалом, который позволил составить представление о региональных особенностях распределения значений скорости продольных волн в земной коре Прикаспийского региона на всю его мощность – от земной поверхности до её подошвы (граница М).

Расчёт трёхмерных образов зон разуплотнения производился путём вычитания трендовых значений поля скоростей из наблюдаемых для каждой точки рассматриваемого объёма среды. Следует отметить, что решения такого типа нельзя считать формальными, так как они основаны на результатах полевых наблюдений.

Особенности локализации и морфологии областей разуплотнения в верхней части разреза земной коры.

Результат выполненных расчётов представляется в виде 3D распределения скоростных неоднородностей верхней части разреза земной коры Каспийского региона, которое подтвердило представление о флюидопроницаемости выделенного слоя, мощностью 7 км, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Для прямого сопоставления местоположений месторождений углеводородов, как известных, так и менее значимых, с положением зон разуплотнения были использованы карты-срезы для различных уровней глубины от земной поверхности. Установлено, что практически, контуры всех крупных месторождений находятся в пределах зон относительно пониженной скорости с некоторым тяготением к границам областей разуплотнённых и относительно более плотных геологических образований, возможно являющихся флюидоупорами. Интенсивность выделенных зон разуплотнения в основном варьирует в пределах – (0/1-0.2) км/с и более, что является объективно значимой величиной (рис.1).

Примечательно, что контур Прикаспийской впадины обнаруживается по овальной цепочке разуплотнений, образующих так называемое внешнее продуктивное кольцо с которым связаны известные нефтяные месторождения Тенгизское и Карачаганакское, а также газоконденсатные Оренбургское и Астраханское (рис.2В,С). Их образование можно объяснить существованием подводящих каналов соединяющих коровый волновод, расположенный на глубинах 10-15 км и являющийся вместилищем флюидов, в том числе углеводородосодержащих, выдавливаемых в верхнюю часть разреза и аккумулирующихся в местах расположения рифов, которые являются хорошими коллекторами. В центре Прикаспийской впадины отчётливо выделяется область разуплотнений также, по-видимому, имеющая глубинную природу.

Полученные результаты дают основание предполагать, что зоны разуплотнения, выделенные по региональным данным, объективно отражают картину направленности флюидных потоков и мест возможной аккумуляции углеводородов. Выявленные закономерности в распределении зон разуплотнения в комплексе с другими геофизическими данными могут служить дополнительным критерием при оценке нефтеперспективности территории и проведении поисковых геологоразведочных работ в Каспийском регионе.

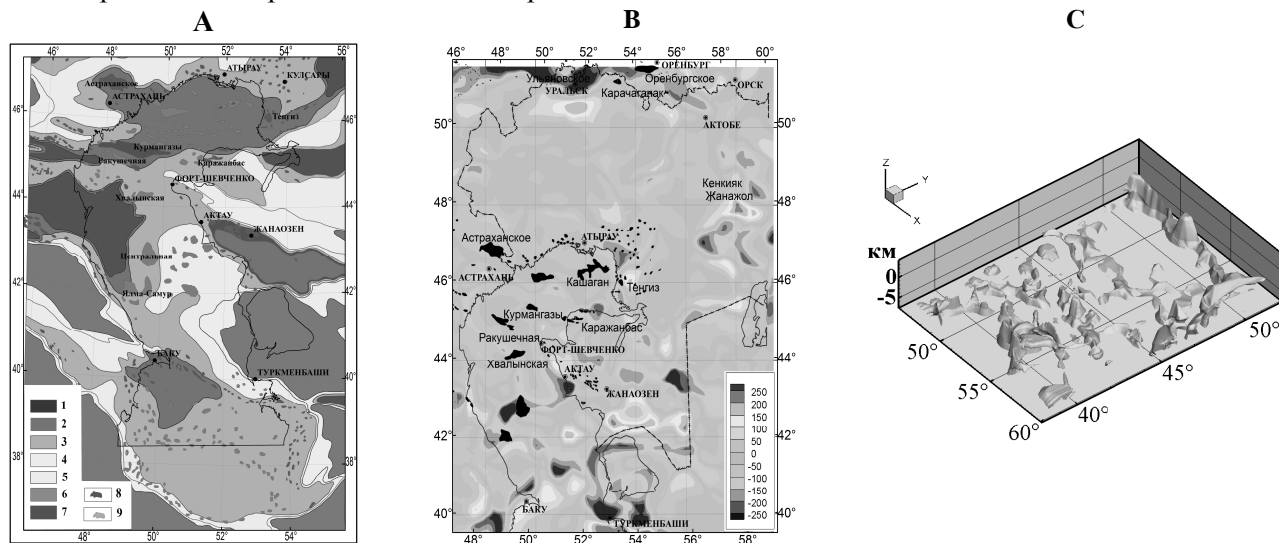


Рис.1. А - схема перспектив нефтегазоносности Каспийского региона [4]: 1 – области ультраконцентраций УВ в районах месторождений–гигантов; Интервалы удельных плотностей локализованных углеводородных ресурсов: 2 – более 100 тыс. т/км²; 3 – 10-100 тыс.т/км²; 4 – 1-10 тыс. т/км²; 5 – 0,1-1 тыс. т/км²; 6 - неперспективные области орогенов и неглубокого (менее 0,5 км) залегания фундамента; 7 – очаговые области, обогащённые дисперсным органическим веществом при частичном или полном отсутствии ловушек УВ; 8 – месторождения УВ; 9 – перспективные структуры. В -карта распределения скоростных неоднородностей для глубины 6,5 км с месторождениями углеводородов, показанными на карте А. С – 3D представление распределения изоповерхностей пониженных значений скорости сейсмических волн интенсивностью 150 и 200 м/сек в слое мощностью 7 км.

Морфологические особенности областей разуплотнения в интервале глубин 5– 20 км земной коры Каспийского региона.

Отличительной особенностью полученных распределений изоповерхностей – (250, 300, 350) м/с является их локализация на определённом гипсометрическом уровне и пространственная взаимосвязь. В свете положений теории флюидодинамики [6,11], трактующей эндогенную природу

флюидов и, в частности углеводородов, такая картина распределения разуплотнений позволяет сделать предположение, что обнаруженные области могут служить как «резервуарами» для скопления флюидов (волноводы), так и каналами их миграции. Очевидно, также, наличие стволообразных каналов, уходящих корнями в низы земной коры, по которым флюиды могут поступать и запитывать как сам волновод, так и верхние горизонты земной коры. Один из механизмов их выдавливания, известный как «гипотеза корового волновода», описан в работах А.В. Каракина, А.Н. Дмитриевского, И.Е. Баланюка, [5]. Согласно разработанной авторами «Концепции флюидного режима верхней части земной коры» [5,8] коровый волновод играет ключевую роль не только в обеспечении миграционных процессов, но и во многом определяет сейсмический режим исследуемой территории. Последнее определяется автоколебательными процессами, происходящими в волноводе под действием внешних сил планетарного порядка. В частности, высказывается обоснованное предположение, что коровый волновод, имеющий значительные размеры как в плане, так и по мощности, пористость которого может достигать 30 %, в значительной степени определяет флюидный режим верхних горизонтов коры, в том числе и уровень Каспийского моря. Начало изменений последнего, зафиксированное в 1977 году и более поздние могут быть связаны с «изменением режима корового волновода» [9].

Из вышесказанного следует, что при проведении геодинамических исследований и поисковых работ распределению разуплотнений по площади и разрезу земной коры следует уделять пристальное внимание. Выявленные в интервале глубин 5-20 км разуплотнения по площади Каспийского региона распределяются неравномерно. Большая их часть занимает 2/3 территории, расположенной к югу (рис.2А). В плане разуплотнения имеют рваную мозаично-островную конфигурацию, на фоне которой можно выделить два относительно однородных участка, также имеющих сложную морфологию (рис.2В). И тем не менее, можно утверждать, что оба участка взаимосвязаны разуплотнениями меньшей интенсивности и приурочены к Кавказ-Копетдагской области эпигеосинклинального орогенеза, включающей в себя юго-восточную часть Восточного Кавказа, представленного здесь продолжением структур Главного Кавказского хребта и южного склона Центрального Кавказа. В Южно-Каспийской впадине наиболее значимыми структурами являются Апшерон-Прибалханский и Западно-Туркменский прогибы. Здесь же находится зона субдукции, выделенная по результатам обработки данных сейсмических наблюдений. Признаком выявления последней можно считать наличие стволообразных разуплотнений, уходящих корнями в низы коры (рис.2).

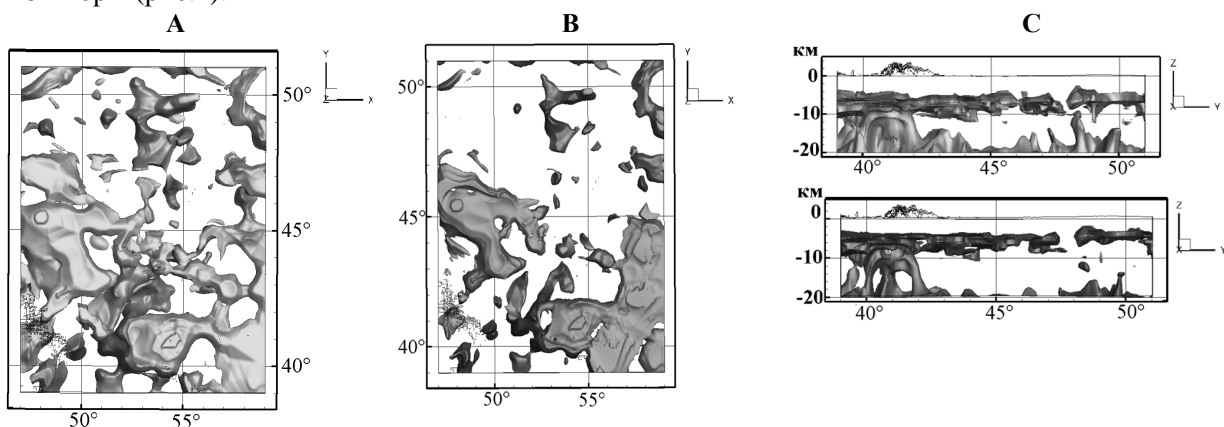


Рис.2. Распределение разуплотнений интенсивностью (-250, -300, -350) м/с по площади Каспийского региона для интервалов сглаживания по глубине: А – 600 м; В – 500 м. и меридианальном разрезе- С (600 и 500 м) соответственно.

Все обнаруженные разуплотнения локализируются в достаточно узком интервале глубин 7-10 км, что наиболее чётко видно на рис.2С.

Особенности локализации и морфологии областей разуплотнения в разрезе земной коры.

В разрезе земной коры Каспийского региона выявлено два слоя пониженной скорости продольных сейсмических волн, имеющих чёткую пространственную локализацию. Первый слой хорошо проявляется в значениях – (250-350) м/с. Изоповерхность, соответствующая одному из этих значений показана на рис.3. По площади он с различной степенью выразительности проявляется на всей территории исследуемого региона.

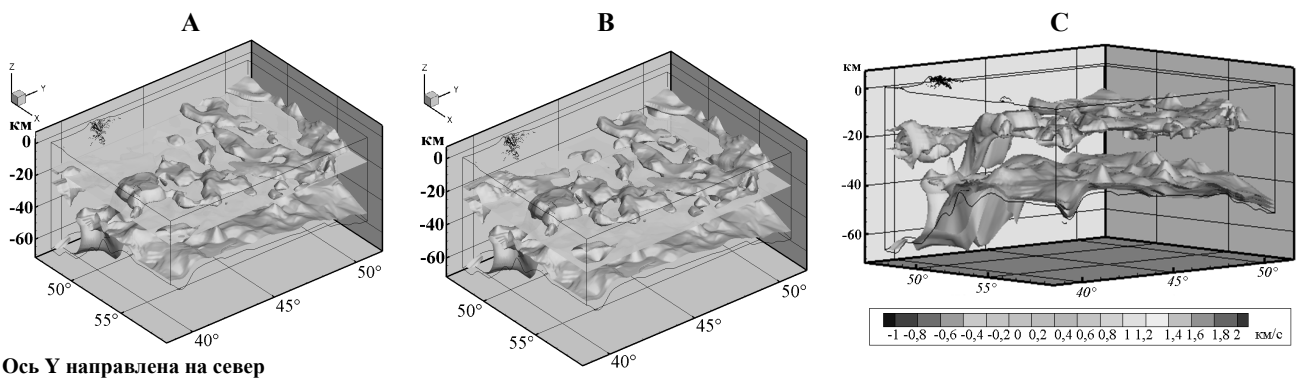


Рис.3. Исоповерхность значением – 250 м/с и разрез земной коры Каспийского региона: **A**- срез на уровне -15 км, **B**- срез на уровне 20 км. 3D комплекс изоповерхностей –(250; 400; 550) м/с

В пространственно-морфологическом плане он представляет собой рваную поверхность со сложным рельефом, локализирующуюся в диапазоне глубин $\sim 15 \pm 5$ км, что отчётливо видно на фоне срезов, соответствующих глубинам 15 и 20 км (рис.3). Несмотря на сложную конфигурацию в плане, очевидно, что все фрагменты изоповерхности взаимосвязаны с относительно плавным изменением рельефа. За исключением юго-западного сектора исследуемого региона, где она уходит в нижние горизонты коры, что даёт повод считать её связующим каналом с нижележащим волноводом (рис.3С). Второй слой пониженной скорости с преобладающими значениями – (400-500) м/с выделяется в интервале глубин 40 ± 7 км. На рис. 4 показана изоповерхность, значением – 400 м/с, из которого следует, что по площади она занимает не менее 2/3 территории Прикаспийского региона с преимущественным развитием на севере и юго-востоке. Эти две области соединены между собой широкой перемычкой. Поэтому в плане, можно считать, что слой образует сплошность переменной интенсивности с относительно плавно меняющимся рельефом. Причём, глубина его с юга на север возрастает, достигая отметок близких к 50 км (рис. 4В,С). А в южном секторе региона изоповерхность образует структуру, напоминающую воронку, западные края которой уходят в низы земной коры под структуры в плане соответствующие Кавказ-Копетдагскому орогену (рис.5А).

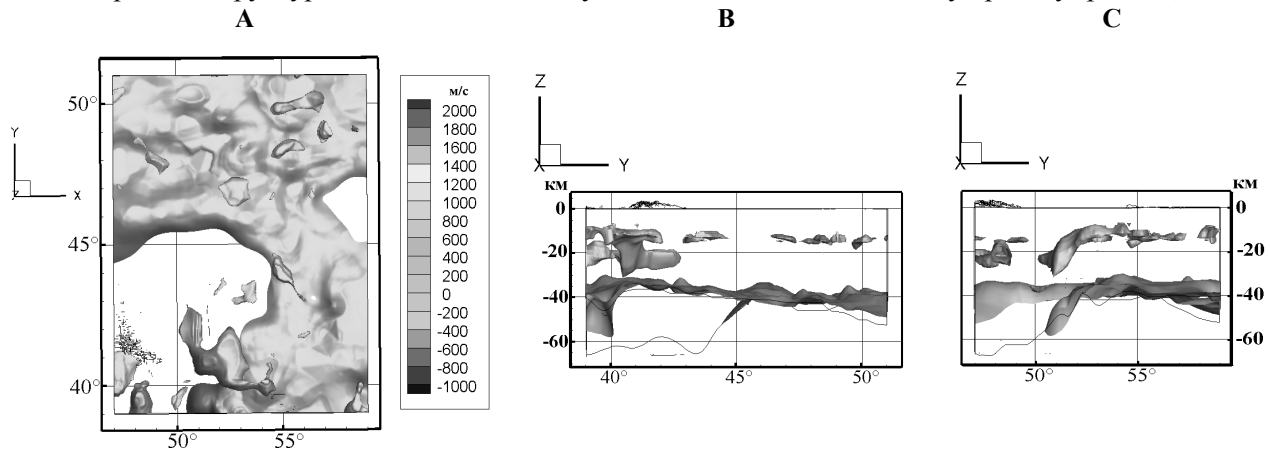


Рис. 4. Исоповерхность значением – 400 м/с и разрезы земной коры Каспийского региона: **A**- план, **B**- разрез в направлении С-Ю, **C**- разрез в направлении В-З. Ось Y направлена на север.

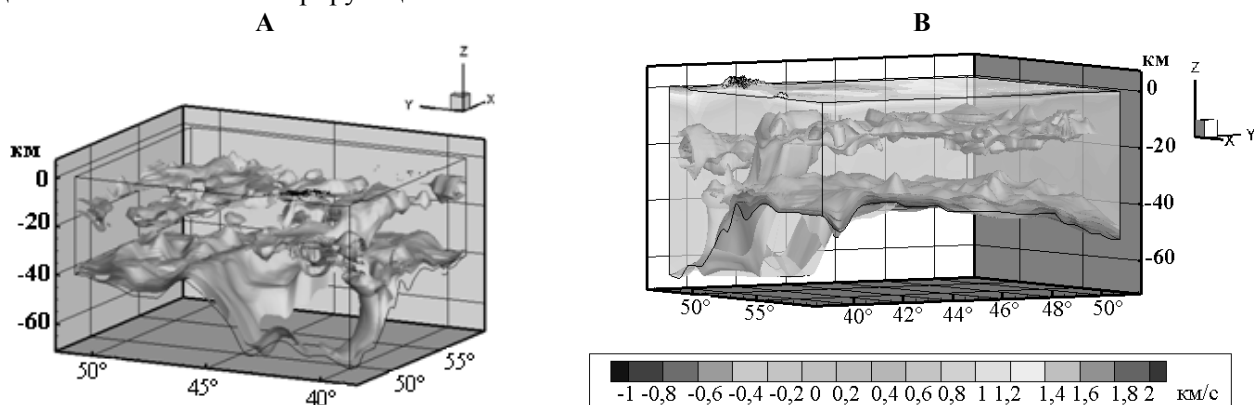
Представленная на рис.5В 3D модель разреза земной коры Каспийского региона показывает, что слои пониженной скорости, представляющие собой взаимосвязанные образования, имеющие латеральную локализацию на разных гипсометрических уровнях являются доминирующими элементами её структуры.

Морфологические особенности волноводов не оставляют сомнений в их связи с верхней мантией.

Заключение

На основании вышеизложенного можно предполагать, что земная кора Каспийского региона представляет собой систему разуплотнений, пронизывающих геологическую среду подобно системе кровеносных сосудов, обеспечивающих миграцию флюидов под воздействием внешних сил и сил внутренней конвекции. Важнейший вывод прикладного значения заключается в том, что зоны

разуплотнения (волноводы) в верхней части разреза и в коре в целом, занимающие обширные площади порядка тысяч километров, представляют собой вместилище флюидов – природных породных растворов и расплавов (ППРР)[5,8,11], благодаря которым формируются месторождения углеводородов. При этом ключевая роль, по мнению В.С. Шеина[12], принадлежит современной геодинамике. Всё вышесказанное в полной мере применимо и к нефтегазоносным провинциям Казахстана. И в первую очередь к Прикаспийскому региону, трансформированному столкновением плит, в пределах которого находится бассейн мощных осадочных отложений, перекрытый соляным флюидоупором, установлены палеорифты и развитая структура *зон разуплотнения*. К последним приурочены все значимые месторождения, а в тектоническом плане – элементы разломно-блоковой делимости и сейсмогенерирующие зоны.



Ось Y направлена на север

Рис.5. 3D модели разуплотнённого разреза земной коры Каспийского региона с выделенными изоповерхностями пониженных значений скорости сейсмических волн -250; -400; -550 м/с: А, В– проекции блока земной коры.

Список литературы

1. Багдасарова М.В. Системное изучение современной динамики и флюидодинамики в прогностических целях поисков флюидогенных месторождений полезных ископаемых. Электронный научный журнал Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. Выпуск 1(3), 2011.
2. Геодинамика и сейсмичность литосферы Каспийского региона. Алматы, 2008. С. 349.
3. Гольдин С.В. Геомеханика землетрясений (тезисы). ИГ СО РАН. Взаимосвязь между тектоникой, сейсмичностью, магмообразованием и извержениями вулканов в вулканических дугах. Материалы IV международного совещания по субдукционным процессам в Японской, Курило- Камчатской и Алеутской островных дугах Петропавловск-Камчатский 21-27 августа 2004 г.
4. Глумов И.Ф. Маловицкий .П., Новиков А.А. Сенин Б.В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М., Недра, 2004. С. 343.
5. Дмитриевский А.Н., Каракин А.В., Баланюк И.Е. Концепция флюидного режима в верхней коре (гипотеза корового волновода). ДАН РАН.// М., –2004.– С. 15-32.
6. Камбаров Н.Ш. Геодинамика и нефтегазоносность Прикаспийского осадочного бассейна. Вестник ОГГГН РАН.// № 3(13),– 2000. –С.15-35.
7. Каракин А.В. Математическая модель корового волновода. Российский журнал наук о Земле. Вып.3, № 4, Октябрь 2001.
8. Каракин А.В., Камбаров Н.Ш., Жабрев И.П., Лобковский Л.И. Моделирование флюидного режима в коровых волноводах в связи с анализом экологической обстановки в Каспийском регионе // Актуальная экологическая ситуация в Каспийском регионе. Международный симпозиум, посвященный А.Вегенеру. //Берлин. 8-10 февраля. –1996.
9. Каракин А.В., Голубов Б.Н. Труды международной конференции «Каспийский регион: Экономика, экология, минеральные ресурсы». Москва, июнь 20-23, 1995, 23-24.
10. Киссин И.Г. "Чувствительные зоны" земной коры и амплитуды аномалий – предвестников землетрясений. – ДАН СССР, 1985, т. 281, №2, с. 304 - 307.
11. Соколов Б.А., Старостин В.И. Флюидодинамическая концепция формирования месторождений полезных ископаемых (металлических и углеводородных). Смирновский сборник – 97. Основные проблемы рудообразования и металлогении. М., 1997.
12. Шеин В.С. Геодинамический анализ нефтегазоносных территорий и акваторий в связи с поисками месторождений нефти и газа. Геология нефти и газа № 2, 2007.