

УДК 551.243

Харченко В. М. [Harchenko V. M],  
Домарева А. Е. [Domareva A. E.]**ТЕКТОНО-ФИЗИЧЕСКИЕ  
УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА,  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ  
И ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ****Tectono-physical conditions  
for the formation of structures of Central type,  
the patterns of distribution of hydrocarbon  
deposits and foci of earthquakes**

В работе излагаются геодинамические условия образования СЦТ, которые основываются на законе скалывающих напряжений [3] и закономерностях распространения тектонических напряжений, изложенных в известной работе М. В. Гзовского (1975 г.) [2]. Основой для построения геолого-тектонической моделей СЦТ, которые выделяются в форме «разбитой тарелки» является известная модель очага землетрясения, где выделяются зоны сжатия и растяжения, ориентированные перпендикулярно друг другу. При интерпретации СЦТ в соответствии с этой моделью выделяют также зоны сжатия и растяжения, участки их интерференции, а также узловые точки, места пересечения линеаментов и концентрических разломов различного ранга, которые интерпретируются, как зоны субвертикальной деструкции. Последние являются перспективными как на выявление новых очагов землетрясений, так и особо перспективных объектов на наличие нефти и газа.

**Ключевые слова:** тектонические напряжения, структуры центрального типа, геодинамические центры, узловые точки, очаги землетрясений, закон скалывающих напряжений.

The paper presents a geodynamic conditions of formation of SCT, which is based on law of shear stress [3] and the regularities of distribution of tectonic stresses, outlined in the famous work by M. V. Gzovsky (1975) [2]. The basis for construction of geological-tectonic models of district heating network, which are allocated in the form of «broken plates» is a well-known model of the earthquake source, where the allocated zone of compression and extension, oriented perpendicular to each other. For interpretation of district heating network in accordance with this model vydelyayut also zones of compression and extension, portions of interference and nodal points, the intersection points lineaments and concentric faults of various ranks, which are interpreted as zones of subvertical destruction. The latter are prospective for the discovery of new foci of earthquakes, and a particularly promising objects for the presence of oil and gas.

**Key words:** tectonic stresses, the structure of the Central type, geodynamic centres, nodal points, the foci of earthquakes, the law of shear stresses.

### **Введение**

Структуры центрального типа (далее – СЦТ) или кольцевые структуры являются фундаментальной основой Земли и планет земной группы. Представляют собой образования на земной и других поверхностях кольцевой или реже овальной формы в плане с выраженной центральной симметрией. Они образовались в различное время в результате импульсной разрядки тектонических и постоянно действующих тектонических напряжений в условиях пульсирующего режима Земли.

### **Постановка проблемы**

Тектонические напряжения, согласно теории М. В. Гзовского 1975 г. [2] и закона скалывающих напряжений [3], имеют два основных направления сейсмо-тектонического воздействия: нормальные – вертикального распространения и максимальные касательные тектонические напряжения, имеющие распространения под углом  $45^\circ$  по отношению к нормальным независимо от различия физико-механических свойств пород. Нормальные тектонические напряжения в результате их разрядки порождают как правило трещины отрыва, максимальные касательные напряжения – трещины скалывания. В целом, при разрядке тектонических напряжений образуются СЦТ с радиальными и кольцевыми системами разрывов и тектонической трещиноватостью наглядно представляющие структуру «разбитой тарелки», чаще перевернутой. Волны тектонических напряжений в виде сейсмических волн (продольных и поперечных) имеют такие особенности распространения (отражения и преломления) как и световые волны при распространении в слоистой среде (Шафрановский И.И. и др. 1975 г.) [12].

От основного источника тектонических напряжений очага волны напряжений распространяются в двух направлениях и при прохождении неоднородной слоистой среды, постепенно диссипируют и распадаются на границах сред, образуя ряд других источников напряжений, но уже меньшего порядка (рис.1 ).

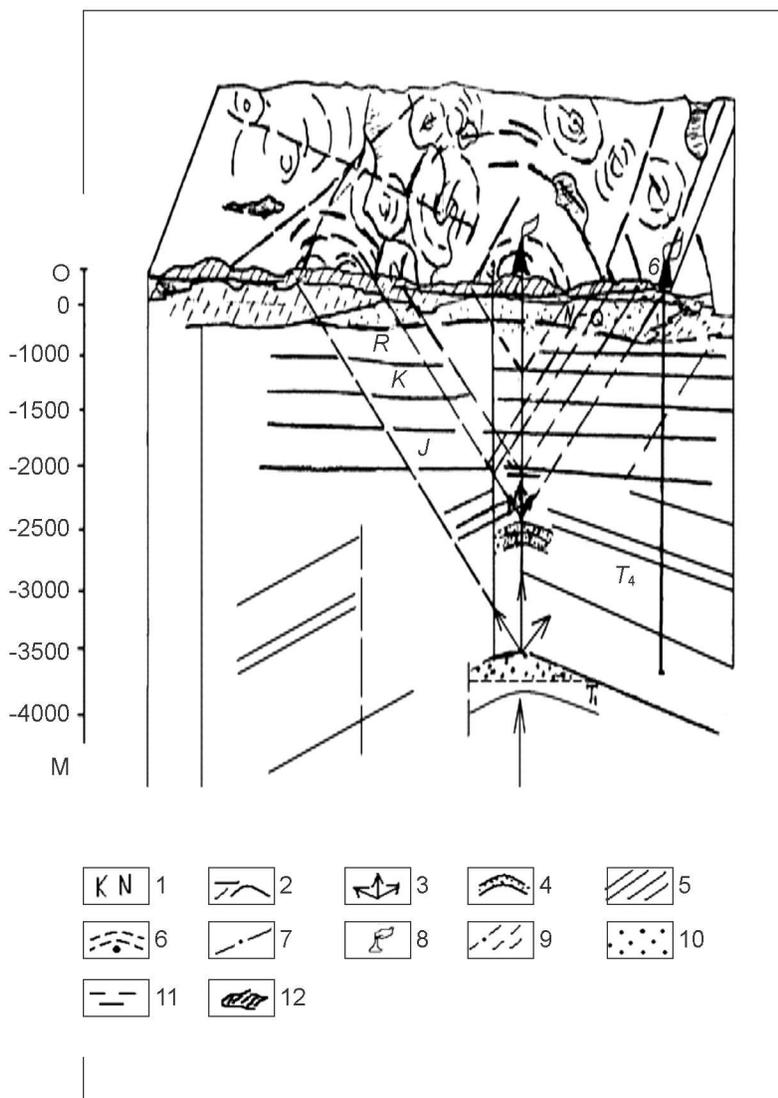


Рис. 1.

**Факт соответствия радиусов структур центрального типа (СЦТ) глубинам до отражающих сейсмических горизонтов и их перегибов в центральной части (на примере Касаткинской площади в Калмыкии):**

1 – возраст пород, 2 – геолого-сейсмические горизонты, 3 – распределение нормальных и максимальных касательных напряжений, 4 – песчаники газонасыщенные, 5 – суглинки покровные, 6 – дуги-концентры, 7 – тектонические нарушения, линияменты, 8 – скважины, 9 – супеси, 10 – пески, 11 – глины, 12 – саги.

Таким образом, при действии на той или иной глубине источника напряжений (импульсного или постоянно действующего характера, на земной поверхности будут отражаться как центры этих напряжений, так и слоистая среда в виде дуговых, реже кольцевых форм) кольцевые разломы различных радиусов. Радиусы кольцевых разломов или дуг – концентров (структурных линий) соответствуют глубинам геолого-геофизических неоднородностей, которые определяются простым геометрическим способом согласно правилу распространения нормальных и максимальных касательных напряжений (под углом  $45^\circ$  (Н. В. Гзовский, 1975 г.) [2, 4].

#### **Методология исследования поставленной проблемы**

По существу кольцевые формы или дуги – концентры различных радиусов отражают слоистую среду земной коры и даже мантии и ядра, а точки или участки их изгибов – очаги напряжений землетрясений различного ранга. Основным источником тектонических напряжений является архимедова сила, возникающая в условиях разности плотностей магмы, в начале на границе мантии и ядра, при дифференциации вещества по плотности в результате центробежных сил при вращении Земли вокруг своей оси, Солнца и центра Галактики (С. В. Белов, 2003 г., А.Ф.) [1] Кроме того, архимедова сила в земной коре возникает в условиях распространения аномально легких горных пород (соли) и залежи УВ.

В принципе для любого объема горных пород с известным контуром залежи УВ и ее толщины возможен расчет давления на свободную часть залежи (место максимального изгиба слоев). Последний, как правило, в земной коре может представлять локальный очаг землетрясения или участок разрядки нормального и максимального касательного тектонических напряжений.

Архимедова сила всплывания, согласно закону скалывающих напряжений, действует вертикально вверх (нормальные напряжения) и под углом  $45^\circ$  по отношению к нормальным (максимальные касательные напряжения). В результате дифференциации вещества на границе ядра и мантии более легкое вещество – магма создает с одной стороны вышеуказанные

напряжения, а с другой стороны движется не вертикально вверх, а по спиралевидной траектории (согласно известному принципу турбулентности  $T = (V * \alpha)/\eta$ , где  $V$  – скорость движения вещества (флюида),  $\alpha$  – расстояние до смены сред или препятствия,  $\eta$  – вязкость вещества (флюида)) с направлением общего вектора движения согласно осям симметрии куба [10], вписанного в земной сфероид.

В последнее время достаточно убедительно доказывается симметрия куба в строении Земли и атмосфере. В частности зарождение циклов и антициклонов распространение горячих точек и другие аномальные особенности Земли четко вписываются или согласуются с осями симметрии куба [10].

При специальных геохимических и геофизических исследованиях в пределах известных площадей с выявленными достоверно СЦТ отмечается закономерная приуроченность геохимических аномалий и участков развития экзогенных геологических процессов к центральным и периферическим частям СЦТ, что соответствует полям распространения тектонических напряжений: нормальных и максимальных касательных. При сейсмических исследованиях выявляются максимальные изгибы слоев в центральных частях СЦТ (пример Касаткинского месторождения в Калмыкии), Нурин-Хагской СЦТ, Северо-ставропольской СЦТ, Сенгелеевской и др. Надежным природным индикатором современных тектонических напряжений и вертикальных тектонических движений в земной коре является гидросеть.

В местах развития преимущественно денудационного типа рельефа (территория Северного Кавказа, Ставропольский край в частности) СЦТ выявляются по характерным рисункам гидросети: центробежному и комплексному – центробежно-центростремительному. Рисунки гидросети в плане позволяют выделить СЦТ и тектонические блоки различного ранга от первых до сотен и тысяч км. в поперечнике. По представлению автора центры СЦТ приурочиваются как к центрам тектонических блоков, так и к их пограничным частям; тектоническим нарушениям и флексугообразным перегибам. Тектонические блоки и СЦТ более высокого ранга (50-100 и более км) испытывают как вертикальные движения, так и го-

ризонгальные вращательные движения, сдвиги вокруг вполне определенных центров и достоверно выделенных по дугообразным изгибам русел и долинам рек. Это подтверждается данными геодезических исследований: по картам градиентов вертикальных и горизонтальных движений.

В плане нефтегазоносности и сейсмичности особый интерес представляют центральные и периферические части СЦТ, точки пересечения различных линейментов или тектонических разломов различного ранга и дуг – концентров или кольцевых разломов СЦТ. Для определения локальных и региональных очагов землетрясений особый интерес представляют центры СЦТ и их периферические части по которым возможны измерения и оценка регионального очага будущего землетрясения. (Певнев А.К., 2003) [6].

Как известно из последних представлений об очагах землетрясений, большое значение имеют деформационные предвестники землетрясений, которые возможно диагностировать точными геодезическими наблюдениями (участки изгиба упругих слоев как на определенной глубине, так и на земной поверхности) [6]. По представлениям автора, современная гидросеть: постоянные и временные водотоки, наиболее четко реагируют на тектонические напряжения и движения как в земной коре, так и в атмосфере и даже в мантии. Так водоразделы первого порядка (самых крупных рек регионов например р. Кубани и Терека), вероятно, связаны с современным подъемом астеносферного слоя.

Самым важным для интерпретации геолого-геофизического разреза является то, что радиусы СЦТ в целом и отдельных дуг – концентров соответствуют глубинам до границ геолого-геофизических разделов (на сейсмических профилях, они соответствуют, как правило, отражающим горизонтам) [5, 2, 9, 11]. Это соответствие просто объясняется законом скалывающих напряжений (и исследованиями М.В. Гзовского о распространении максимальных касательных напряжений под углом  $45^\circ$  по отношению к нормальным. По данным М.В. Гзовского (1975 г.) [2], трещиноватость различных горных пород распределяется согласно нормальным напряжениям практически вертикально (трещины отрыва) и наклонны-

ми с некоторым отклонением от максимальных касательных напряжений  $45+\alpha$ , за исключением глинистых пород, в которых трещиноватость распространяется параллельно направлению полей напряжения (под углом  $45^\circ$ ). (рис. 2) Согласно распределению полей напряжений и в какой-то мере трещиноватости в пределах СЦТ имеют распространение геохимические поля в форме аномальных зон, которые приурочиваются к узловым участкам (пересечение полей напряжений или зон трещиноватостей) и как правило, приурочиваются к центральной и периферической частям СЦТ, на примере Нурин – Хагской СЦТ, (рис. 3).

Рассматривая СЦТ как флюидодинамические подвижные системы в магнитном поле можно предполагать образование также электромагнитных полей, проявление электрических процессов (разрядов) в недрах Земли, на границах блоков и СЦТ, аналогичных грозовым явлениям в атмосфере и на границе атмосферы и земной поверхности. Сопряженные СЦТ, соответственно с восходящей и нисходящей спиралевидной циркуляцией вещества, по представлениям автора являются естественными генераторами электромагнитного поля, где образуются заряды, сопоставимые с зарядами в атмосфере.

### Обсуждение результатов исследования

Теоретические представления об универсальном механизме образования СЦТ были подтверждены геофизическими и геохимическими исследованиями. Так в начале 80-х годов была построена геолого-тектоническая модель Нурин-Хагской СЦТ, как наиболее представительной и однозначно выделяемой на космических снимках среднего и малого масштабов (рис. 4).

Модель была построена на теоретических представлениях о геодинамических условиях образования СЦТ, в основе которых положен закон скальвующих напряжений и представлениях М. В. Гзовского. В результате простых геометрических построений, при условии  $P=N$  были выделены геолого-геофизические неоднородности на следующих глубинах: 2,2; 3,6-4,0; 12-13; 14-16; 18-20 км от центра СЦТ.



Рис. Соотношения между эллипсоидами упругой и пластической составляющих общей деформации при простом сдвигании

Рис. Схема расположения осей напряжений и трещин в момент их возникновения при деформации сдвига. Угол скалывания 45°

- 1 — шов главного ратрыва;
- 2 — трещины отрыва;
- 3, 4 — сопряженные трещины скалывания;
- 5, 6 — оси напряжений;
- 7 — границы участка.

**Угол скалывания горных пород**

Угол скалывания при 1 кг/см <sup>2</sup>	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Коэффициент	5,67	2,75	1,73	1,19	0,84	0,58	0,36	0,17	0



Рис. 2. Характер распределения полей тектонических напряжений и трещиноватости горных пород по М.В. Гззовскому (1975) [79, с. 147-148].

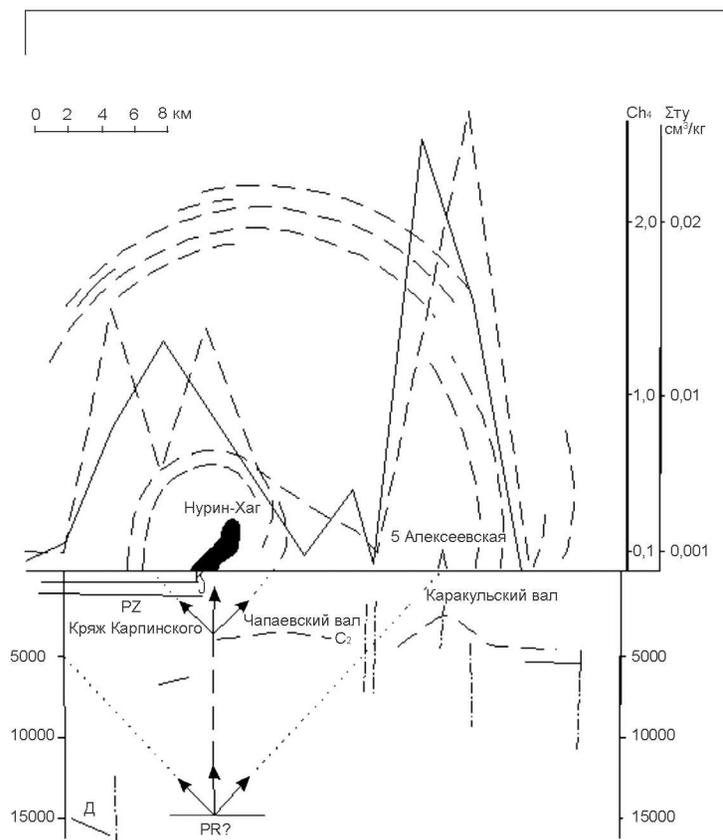


Рис. 3.

**Схема приуроченности геохимических аномалий по метану и тяжелым углеводородам к космофотоаномалии и зонам тектонической трещиноватости на Нурин-Хагской площади. (Автор В.М. Харченко по материалам треста "Калмнефтегазразведка"):**

- 1 – Контуры структур центрального типа;
- 2 – Распространение нормальных и максимальных касательных;
- 3 – Значение содержания углеводородов;
- 4 – Основные отражающие горизонты;
- 5 – Тектонические нарушения;
- 6 – Скважина с газопроявлением.

В начальный период исследования при сопоставлении результатов дешифрирования КФС с геофизическими материалами было отмечено практическое совпадение центральной части космофотоаномалии с аномалией магнитного поля. Сделан был вывод, что в целом КФС и ее центральная часть в первую очередь обусловлены вероятно горстообразным выступом кристаллического фундамента, который дополнительно подтверждается данными.

Сделан был вывод, что в целом КФА и ее центральная часть в первую очередь обусловлены вероятно горстообразным выступом кристаллического фундамента, который дополнительно подтверждается данными магнитометрии и магниторазведки. Магнитная аномалия скорей всего связана с составом докембрийского фундамента (по аналогии с Украинским и Воронежским щитами, где широко развиты железистые кварциты докембрийского возраста. По инициативе автора на данной площади в середине 80-х годов двадцатого века проведены геохимические и сейсмические исследования, в результате которых были выявлены геохимические аномалии) и по содержанию метана и суммы тяжелых УВ (в центральной части и по периферии СЦТ). В результате сейсмических исследований была выявлена локальная двуглавая структура, выделяемая по горизонту I ПС на глубинах 3,6–3,65 км.

Полученные результаты сейсмических исследований однозначно подтвердили строение верхней части геолого-тектонической модели, построенной ранее число теоретически. Нурин-Хагская космофотоаномалия представлена автором как перспективная структура на предмет поисков залежей нефти и газа на глубинах 3,6–4,0 км подтвержденная как прямыми геохимическими, так и считающимися наиболее надежными сейсмическими методами. Кроме того газоносность этой площади подтверждается данными бурения скважины №5 Алексеевской, приуроченной к узловой точке на периферии СЦТ, а также нефтегазоносность Касаткинской площади, которая тоже приурочена к северной периферии Нурин-Хагской СЦТ, где выделяются также меньшая по размеру дочерняя СЦТ, радиус ее составляет около 3 км (рис. 4).

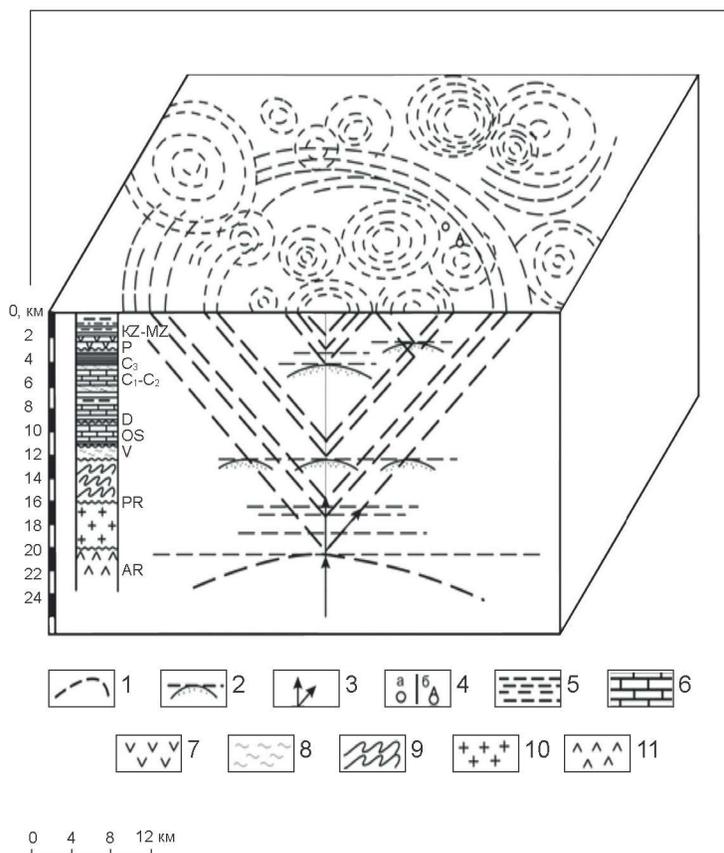


Рис. 4.

**Теоретическая геолого-тектоническая модель Нурина-Хагской площади, составленная по результатам дешифрирования космических снимков и интерпретации полей напряжений:**

- 1 – структурные линии структур центрального типа (СЦТ);
- 2 – геолого-геофизические разделы сред;
- 3 – распространение полей напряженности;
- 4 – скважины: а – пустая, б – газоносная;
- 5 – глины, аргиллиты;
- 6 – известняки;
- 7 – соли;
- 8 – сланцы;
- 9 – сложнодислоцированные породы;
- 10 – граниты;
- 11 – основные породы.

Основная залежь УВ на Нурин-Хагской площади вероятно приурочена к карбонатному комплексу девона (залегающему на глубине более 4 км) и терригенно-карбонатным отложениям карбона, которые образуют структуру облекания докембрийского фундамента, выделяемого по последним данным на глубине 8-10 км, покрывками предполагаемых залежей УВ в девонских и каменноугольных отложениях могут служить соленосные и глинистые отложения кунгурского яруса нижней перми, которые вскрываются на глубинах 2-2,5 км. Важно отметить, что геолого-тектоническая модель Нурин-Хагской площади является близким аналогом известного своей нефтегазонасностью Тенгизского месторождения в Казахстане. Таким образом, на примере комплексных исследований Нурин-Хагской КФА практически подтвердилась теоретическая геолого-тектоническая модель и следовательно получен новый сравнительно дешевый и эффективный структурно-метрический метод исследования как для поисков в целом перспективных структур на нефть и газ, так и для выявления наиболее перспективных зон нефтегазонакопления в пределах уже известных месторождений.

В плане сейсмологии важным является то, что центральные части СЦТ, выделенные по рисунку гидросети, представляются как вполне вероятные локальные очаги землетрясений, а структуры в целом как региональные очаги, что позволяет прогнозировать конкретное место и силу будущих землетрясений. Согласно известной модели очага землетрясения [4] относительно центра симметрии структуры центрального типа имеют зоны сжатия и растяжения (разряжения), которые сменяют друг друга как правило под углом  $90^\circ$ . По нашим представлениям очаги тектонических напряжений, приурочиваются к центральным и периферическим частям СЦТ (участкам изгибов упругих слоев и сочленения тектонических блоков), а зоны растяжения могут интерпретироваться как перспективными на предмет залежей нефти и газа в трещинных коллекторах как глинистых пород, так и пород другого литологического состава. [8, 11] Кроме того, зоны сжатия являются благоприятными термобарическими условиями для генерации нефти и газа и перспективными на предмет выделения локальных очагов землетрясений. [6]

Последние, по представлению автора, могут образовываться в результате накопления тектонических напряжений и их разрядки в упругих слоях земной коры, так и в результате аккумуляции и разрядки электрических напряжений на границе различных тектонических блоков земной коры или структур центрального типа одинакового ранга (одинаковых размеров). Такие представления о землетрясениях, связанных с разведкой электрических напряжений в земных недрах автором излагаются впервые. В литературе, как известно, описываются землетрясения, связанные с разрядкой или упругой отдачей механических или тектонических напряжений [6].

Кроме того, в зонах сжатия возникают благоприятные термобарические условия для генерации УВ, которые после своего образования вероятно мигрируют в соседние зоны растяжения, и при соответствующих условиях (наличия покрывок) формируют залежи нефти и газа [8, 11].

### Выводы

1. Природа СЦТ обусловлена тектоническими напряжениями: нормальными (вертикально направленными) и максимальными касательными под углом  $45^\circ$  по отношению к нормальным согласно известному в физике закону скалывающих напряжений и исследованиям М.В. Гзовского.

2. СЦТ на земной поверхности диагностируются по аэрокосмофотоснимкам и топокартам, по кольцевым и дугообразным элементам ландшафта или рисункам гидросети: центробежному и центробежно-центростремительному, в плане они представляют собой модель «разбитой тарелки», в разрезе – форму перевернутого конуса.

3. По радиусам СЦТ довольно просто определяются глубины до геолого-геофизических неоднородностей, залежей углеводородов и локальных очагов землетрясений (согласно закону скалывающих напряжений, где максимальные касательные напряжения распространяются под углом  $45^\circ$  по отношению к нормальным)

4. СЦТ впервые авторами интерпретируются в плане с выделением геодинамических центров, зон сжатия и растяжения (по аналогии с моделью очага землетрясений широко известной в сейсмологии), участков интерференции этих зон и узловых точек или зон субвертикальных деформаций (точки пересечения тектонических нарушений).

5. Выделенные зоны растяжения, особенно участки их интерференции и узловые точки в их пределах перспективны на предмет нефти и газа, соответственно зоны сжатия на предмет очагов землетрясений и рудных полезных ископаемых.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов С.В. Космические причины периодичности вулканизма Земли: Взаимодействие верхней мантии и коры. М.: Межведомственный геофизический комитет, 1991. С. 72.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975.
3. Горшков Г.П. Дизъюнктивная тектоника Копет-Дага и закон скальвающих напряжений // Вестник МГУ. 1947. №1. С. 103-105.
4. Друмя А.В. Шебалин Н.В. Землетрясение: где, когда, почему? Кишинев: Штипнуа, 1985. 196 с.
5. Ежов Б.В., Худяков Г.И. Морфоструктуры центрального типа и глубинные геофизические разделы // Доклады АН СССР. М., 1982. №265. №3. С. 667-669.
6. Певнев А.И. Пути к практическому прогнозу землетрясений. М.: ГЕОС, 2003. 153 с.
7. Петров А.И. О механизме образования структур центрального типа // Советская геология. М., 1969. №9. С. 139-145.
9. Соловьев В.В. Делимость литосферы, ее строение согласно концепции структур центрального типа. Геологическое строение СССР. Л., 1989. Т. 1. Кн. 1. С. 312-320.
10. Федоров А.Е. Проявление куба в строении Земли // Планета Земля Нетрадиционные вопросы геологии: материалы научного семинара. М., 2003. С. 121-153.
11. Харченко В.М. Структуры центрального типа, их связь с месторождениями полезных ископаемых на примере объектов Предкавказья и сопредельных территорий: Автореферат на соискание ученой степени доктора геол-мин. наук. 50 с.
12. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. Л.: Недра, 1985. 165 с.