

## СТРУКТУРИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ОРГАНИЗАЦИИ

Э.Р. Казанкова, Н.В. Корнилова  
ИПНГ РАН, e-mail: [Elvira.Kazankova@mail.ru](mailto:Elvira.Kazankova@mail.ru), [nataliakornilova@rambler.ru](mailto:nataliakornilova@rambler.ru)

Методологической основой исследований является концепция, базирующаяся на представлениях о повсеместных проявлениях активных флюидодинамических процессов и неустойчивого поведения во времени реальной геологической среды. Фундаментальной основой этой концепции является признание спиралевидно-скручивающих движений масс Земли как единого механизма самоорганизации геологического пространства [1].

По современным представлениям Земля – самогравитирующее тело, которое, вращаясь вокруг прецессирующей оси с запада на восток с определенной угловой скоростью, участвует в сложном движении в пространстве, взаимодействуя с другими космическими телами. В условиях несовпадения поступательного смещения твердых, жидких и газообразных масс Земли с ее вращением возникают разноуровневые и разномасштабные пространственно-временные структуры, представляющие собой вложенные друг в друга эллипсоидные сегменты, адекватные ранжированию геологической среды на подвижные блоки, соответствующие ее напряженно-деформированному состоянию и ограниченные листрическими разломами. Упорядоченность и динамокинематика этих структур являются следствием реализации спиралевидно-скручивающего движения масс Земли, которое представляет собой универсальный механизм самоорганизации геологического пространства (рис. 1) [2, 3].

Современная нелинейная геология (в первую очередь нелинейная геодинамика) занимается тестированием природных объектов на принадлежность их к диссипативным структурам, выявлением элементов внутренней динамики, когерентности, иерархии геологических ансамблей, а также систематикой геологических структур на количественной основе [4]. Диссипативные структуры – результат развития собственных неустойчивостей в системе на различных (разных) уровнях организации. Структуры могут быть временными, пространственными и пространственно-временными.

Моделирование нелинейных процессов связано с исследованием динамических эффектов, которые в масштабе геологического времени не могут быть изучены ни прямыми, ни косвенными методами, а их проявление связано с регулярными диссипативными структурами [4–6].

Применение привычных моделей механики сплошных сред к описанию деформационных процессов в реальной блочной среде затруднено. Напряженно-деформированное состояние геологической среды определенной территории выявляется в результате анализа иерархической структуры и соподчиненности глобального, регионального и локального уровней деформаций литосферы в пространстве и во времени. Любая система сбалансированных напряжений независимо от того, какими силами она обусловлена (сжимающими, растягивающими или скручивающими), может быть разложена на три главных напряжения, ориентированных под прямыми углами друг к другу (Н.Дж. Прайс, 1966 г.). Большие значения дифференциального напряжения определяют разрушение посредством скалывания, а небольшие – растяжения. Во многих случаях оба способа разрушения пород проявляются совместно и при этом трещины растяжения дополняют зоны скалывания и наоборот (Н.Дж. Прайс, 1975 г.; Дж.Т. Уилсон, 1985 г.; [7, 8]).

Под полем напряжений в данной работе понимается квазистационарная составляющая суммарного поля сил разной природы, действующих в геологической среде, или пространственно-организованная совокупность сосредоточенных в данной точке природных механических, физико-химических, термодинамических и других процессов, обобщенно отражающая динамику всех физических полей и излучений, определяющих динамическую структуру Земли в данной точке с некоторой степенью адекватности. Оно образует неразрывную систему полей напряжений разных рангов, взаимосвязанных в определенных объемах геологической среды [9].

Эти поля имеют природу, связанную с кручением пространства, и представляют собой единое фрактальное семейство, повторяющее свою геометрию на различных масштабных уровнях. Таким образом, в трехмерном пространстве создается универсальная безразмерная сеть напряжений, которая является опорой, силовым (энергетическим) каркасом, связью на любых расстояниях.

Поля напряжений неотделимы от других физических реальностей и не могут считаться ни внутренними, ни внешними по отношению к любой изолированной системе. Векторы поля напряжений, проходя в течение геологической истории по одной и той же трассе, меняют направление, контролируя разновозрастные вещественные комплексы. Энергия может подниматься и опускаться соответственно по восходящему и нисходящему направлениям векторов поля напряжений, но энергия всегда движется по спирали [10].

Геодинамический анализ среды основывается на новом методологическом подходе использования механизма взаимосвязи и соподчинения напряженно-деформированного состояния территории, динамики и кинематики современных разноранговых пространственно-временных, неустойчивых подвижных блоков земной коры, как следствия разноуровневых и разномасштабных процессов передачи энергии и переноса вещества.

Для фрактальных исследований доступен и микро-, и макроуровень. При изучении фрактальных свойств объектов обнаруживаются неожиданные закономерности, объединяющие иногда самые различные процессы.

В пределах Восточно-Европейской платформы установлена глобальная спиралевидно-скручивающаяся система, центр которой пространственно приурочен к территории, расположенной между Ладожским и Онежским озерами. Подтверждением существования таких структур являются результаты исследований А.В. Авдонина и А.И. Полетаева в районе Северного Тянь-Шаня, где на фоне «стандартного» линеamentного поля, образованного ортогональными и диагональными линеamentными системами, четко выделяется «аномальное» линеamentное поле, все составляющие которого как бы повернуты по отношению к составляющим стандартного поля на 20–40° против часовой стрелки.

Одним из важнейших направлений нелинейной геодинамики является исследование поля напряжений и моделирование его поведения в геосферных оболочках Земли. В геологических разрезах пространственные и временные координаты геометрически и физически связаны. Наблюдаемые в разных регионах различия приводят иногда некоторых исследователей к отрицанию общих закономерностей, отрицанию этапности геологических процессов. Общие закономерности существуют, но они не отрицают особенностей развития отдельных районов, также как различия в развитии отдельных районов не должны отрицать общих закономерностей. В крупных подразделениях геохронологической шкалы получают отражение общие закономерности, общие (планетарные) этапы, а в более дробных отражаются своеобразия в развитии отдельных районов (рис. 2) [11].

Очевидно, что тела одинаковой конфигурации создаются в однотипных силовых полях в любой точке земного шара. Следовательно, если установлен механизм

образования тел определенной конфигурации, например, в Европе, то он будет таким же и в Азии, и в Африке, и в Америке (Е.С. Кутейников, Н.С. Кутейникова, 1994 г.).

На основе анализа современных нелинейных геодинамических процессов, происходящих в коре и мантии регионов, ранее была составлена геодинамическая карта Восточно-Европейской платформы масштаба 1:5 000 000. Определены каналы, обуславливающие особенности флюидодинамических режимов, участки сдвиговых смещений, растягивающих напряжений и напряжений сжатия (рис. 3). В результате исследований было установлено, что территории, к которым приурочены Щелковская и Калужская кольцевая (ККС) структуры, расположены в условиях сдвиговых деформаций и вертикальных колебаний [12].

В результате геодинамической интерпретации комплекса имеющейся геолого-геофизической информации и структурных построений, были построены карты-схемы для отдельных районов Восточно-Европейской платформы, в том числе Московской синеклизы, масштаба 1:2 500 000. Отобрана структура поля напряжений в системе взаимодействия 120-км блоков земной коры, в зонах действия преимущественно восходящих и нисходящих векторов поля напряжений, действующих с глубины 60 км.

Рассмотрение структур осадочного чехла центральной части Восточно-Европейской платформы убедительно доказывает их зависимость от особенностей строения кристаллического фундамента, причем это касается не только главнейших структур, но и структур второго и более высокого порядков. В строении осадочного чехла платформы отражены все этапы структурных перестроек, процессов активизации тектонической деятельности. Установлено, что Щелковская структура приурочена к участку действия преимущественно восходящего вектора поля напряжений, действующего с глубины 60 км. По восходящему направлению векторов возможно внедрение магматических образований, что частично подтверждается исследованиями в Зимнебережном районе Архангельской алмазодобывающей провинции. В условиях преимущественно восходящего вектора поля напряжений на Восточно-Европейской платформе сформировались Астраханская и Оренбургская структуры, на Западносибирской плите – Восточно-Перевальная структура [13–16]. Калужская кольцевая структура приурочена к участку преимущественно нисходящего вектора поля напряжений. В таких условиях формировалась многофазная Пучеж-Катунская кольцевая структура и инверсионная Кувшинковская купольно-кольцевая структура.

Щелковское поднятие входит в состав Щелковско-Ивантеевской антиклинали, осложняющей юго-западный склон Московской синеклизы [17]. По изогипсе –750 м структура представляет собой брахиантиклиналь северо-западного простирания с более крутым западным крылом, имеющую размеры 6,5 x 2,3 км и амплитуду около 21 м. Юго-восточная часть территории изучена недостаточно полно из-за наличия здесь промышленных объектов и жилых массивов (рис. 4).

Установлено, что Щелковское поднятие сформировано в условиях действия на него в течение длительного времени с глубины более 3,5 км усилий преимущественного восходящего вектора. Подтверждением этого могут быть обнаруженные в ходе геофизических исследований на отметках минус 1028, минус 1017 м кристаллические породы в скв. 7, 10, 22, 60, 122. Эти породы представлены темно-серыми разностями, основной состав этих пород указывает на их магматическое происхождение, по-видимому, это базальтовые дайки, внедрившиеся в вендские аргиллиты [13, 18]. Фундамент, представленный розовыми гранито-гнейсами архейского возраста, залегает на глубине минус 1570 м в пределах структуры.

В структуре поля напряжений Щелковского поднятия выделены подсистемы главных систем напряжений более низких порядков, приуроченных к глубинам 1800, 906, 450, 227, 113 м и нулевой отметке относительно уровня моря. В объеме всей структуры выделены участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с различных уровней, которые вне зависимости от глубины воздействия векторов, характеризуются изменением литологического состава пород и представлены глинистыми разностями в разрезе как терригенных, так и карбонатных отложений (скв. 5, 222 и др.).

Области между участками пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений представлены пористыми, проницаемыми или трещинно-кавернозными разностями и являются благоприятными для аккумуляции флюидов. Выделены благоприятные участки возможного скопления флюида на глубинах 906 и 405 м.

Калужская кольцевая структура – довольно крупная, сложная и весьма своеобразная, связанная с кольцевыми разломами, гармонично выражена в фундаменте и во всех горизонтах осадочного чехла. ККС характеризуется сложным тектоническим строением и по ряду своих генетических и морфологических признаков является необычной для центральных районов Восточно-Европейской платформы (развитие

дизъюнктивных нарушений значительной амплитуды, сильная раздробленность кристаллического основания и чехла, наличие мощных массивов кристаллической и осадочной брекчии, разрывные нарушения фиксируются комплексом данных: по двух и даже трехкратному повторению маркирующих горизонтов в одной и той же скважине).

В центральной части Калужской кольцевой структуры расположена округлая Камельгинская мульда и окружающий ее кольцевой вал. В южной части обрамления ККС выявлено Калужское поднятие, на северо-западе – Якшуновское, на севере – Акатовское.

Калужское поднятие расположено в южной части внешнего обрамления Калужской кольцевой структуры и по кровле гдовского песчаника в основании редкинской свиты протерозоя представляет собой брахиантиклинальную складку северо-западного простирания, крутое северо-восточное крыло осложнено серией тектонических нарушений большой амплитуды. По изогипсе –800 м и ограничивающему разлому южная, не затронутая нарушениями, часть поднятия имеет размеры 10 x (1,2–2,5) км и амплитуду до 160 м. Свод Калужского поднятия расчленен на две вершины. Кроме тектонических нарушений структура характеризуется различием литологического состава пород, изолированностью отдельных блоков, наличием экранирующих зон с уменьшенной проницаемостью.

Якшуновское поднятие с северо-запада примыкает к Калужскому. Имеет более сложное тектоническое строение. Поперечными разломами сводовая часть ее разбита на три блока. Якшуновская структура является непосредственным продолжением Калужского поднятия в северо-западном направлении и представляет собой цепь локальных воздыманий слоев вдоль разлома, осложненных тремя локальными побочными тектоническими нарушениями различной протяженности и амплитуды. Геологическое строение Якшуновской и Калужской структур сходно. Как и Калужская, Якшуновская площадь имеет сложное геологическое строение, в то же время пласт-коллектор Якшуновской площади по своим коллекторским свойствам несколько хуже, чем на Калужском поднятии.

Установлено, что Калужская кольцевая структура сформировалась в блоке геологической среды со стороной около 15 км, в зоне действия преимущественно нисходящего вектора поля напряжений, действующего на глубине порядка 7–8 км. Результаты исследований позволяют предположить, что геологическая среда в центральной части структуры на глубине 7500 м (центр кольцевой структуры)

неустойчива, поскольку здесь система работает как на поглощение энергии, так и на ее «излучение» (выброс), но энергия всегда движется по спирали.

В структуре поля напряжений выделены подсистемы главных напряжений более низких порядков, которые приурочены к глубинам 1848, 920, 462, 115 метров и нулевой отметке относительно уровня моря. Определены участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с различных уровней, которые характеризуются изменением литологического и фациального состава пород (рис. 5) [9].

В области геотектоники и геодинамических процессов можно привести множество примеров, когда процессы самоорганизации, саморазвития с образованием фрактальных систем самоподобия, требующие постоянного или периодического притока вещества и энергии, не находят достойного объяснения того, откуда же берется недостающая энергия. Мы же ограничимся здесь одним обобщением, сделанным за последние годы, – признанием принципа открытости системы Земля, открытости отдельных геосфер, которым свойственны неустойчивость, энергетическая диссипация, самоорганизация, нелинейная геодинамика [19]. Механизм формирования диссипативных геологических структур установлен не только на Восточно-Европейской платформе, но и на Западно-Сибирской плите, Восточно-Сибирской платформе [20]. Закономерностью механизма формирования геологических структур является наличие ослабленных проницаемых зон, образовавшихся на границах ротационных сдвигов (сдвигов со скручиванием), сдвиго-раздвигов, сдвиго-надвигов и других.

Изучены геодинамические условия развития и установлена закономерность структурирования геологической среды на Щелковской структуре (Щелковское ПХГ) и Калужской кольцевой структуре (Калужское и Якшуновское ПХГ). Установлены уровни, благоприятные для аккумуляции газа, направления перетоков газа (по латерали и вертикали). Получено подтверждение существования и закономерного размещения геологических участков, характеризующихся однотипностью геологического разреза и приуроченностью их к одним и тем же глубинам.

С новых позиций может быть оценена геоэкологическая обстановка территорий размещения 29 ПХГ (действующих, строящихся и планируемых в РФ) и месторождений тяжелых нефтей и битумов Северо-Кавказской НГП [21].

Интерпретация геолого-геофизических материалов с учетом установленных закономерностей геологических структур может быть базой, очередным этапом цикла

работ, направленных на поиск, разведку и разработку нефтяных и газовых месторождений.

*Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема «Энергетика, динамика и дегазация Земли, теоретические и экспериментальные основы инновационных сейсмоакустических технологий исследования геологической среды и контроля за объектами нефтегазодобычи», № АААА-А16-116021510125-7).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Формирование систем нефтегазонакопления с позиции нелинейной геодинамики [Электронный ресурс] // Актуальные проблемы нефти и газа: Науч. сет. изд. 2017. № 2(17). 6 с. – Режим доступа: <http://www.oilgasjournal.ru> (Дата обращения 21.03.2018 г.).
2. Сигачева Н.Н., Шейнкман А.Л. Спирально-скручивающее движение – механизм самоорганизации геологического пространства // Тез. докл. 21-й Генеральной ассамблеи «Международный союз геодезии и геофизики». Колорадо, 1995. С. А393.
3. Сараев В.А. Локсодромные решетки Земли // Тектоника и геодинамика: общие и региональные аспекты: Тез. докл. М.: ГЕОС, 1998. С. 159–158.
4. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. Синергетические принципы геологических исследований. М.: ГЕОС, 2001. 312 с.
5. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., Судо Р.М. Закономерности формирования геологических структур с позиции нелинейной геодинамики // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности: Сб. ст. М.: ГЕОС, 2002. Вып. 2. С.85–98.
6. Нелинейная геодинамика: Сб. науч. тр. М.: Наука, 1994. 191 с.
7. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Калужская кольцевая структура – результат самоорганизации геологического пространства [Электронный ресурс] // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика: Электрон. науч. журн. 2015. № 1(11). 11 с. – Режим доступа: <http://www.oilgasjournal.ru> (Дата обращения 20.03.2018 г.).
8. Казанкова Э.Р., Судо Р.М. Нелинейная геодинамика и экология недр (с позиции самоорганизации полей напряжений) // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности: Сб.ст. М.: ГЕОС, 2000. С. 359–364.
9. Казанкова Э.Р. Принципы системной организации полей напряжений в литосфере // Газовая промышленность. 1997. № 7. С. 39–42.



10. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Формирование геологических структур с позиции нелинейной геодинамики // Научные перспективы 21 века. Достижения и перспективы нового столетия: Сб. тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Междунар. науч. ин-т «Educatio», 2015. № VI (13). С. 24–29.
11. Введенская Н.В. Цикличность планетарного развития разломных структур и геологических образований. М.: ГЕОС, 1999. 258 с.
12. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геоэкологические проблемы подземного хранения газа в России // Геология нефти и газа. 2016. № 3. С. 102–108.
13. Корнилова Н.В., Казанкова Э.Р., Сигачева Н.Н. Геодинамическая модель Щелковского поднятия // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности: Сб. ст. М.: ГЕОС, 2000. С. 365–370.
14. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геофлюидодинамика Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения // Современная геодинамика недр и эколого-промышленная безопасность объектов нефтегазового комплекса: Материалы Междунар. конф. М.: ИПНГ РАН. 2009. С. 57–60.
15. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., Судо Р.М. Геофлюидодинамика Восточно-Перевального месторождения // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о земле. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН: Материалы докл. Всерос. конф. М.: ИФЗ РАН. 2009. Т. 2. С. 199–204.
16. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., Судо Р.М. Напряженно-деформированное состояние Восточно-Перевального месторождения (с позиции нелинейной геодинамики) // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Материалы докл. конф. М.: ИФЗ РАН. 2012. С. 304–308.
17. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геоэкологические проблемы подземных хранилищ газа (на примере Московского региона) // Бюллетень МОИП, отдел биологический. 2009. Т. 114, Вып. 3, Приложение 1, часть 1. С. 388–397.
18. Шиловская Т.И. Особенности геологического строения и оценка перспектив нефтегазоносности протерозойских отложений // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 56–60.
19. Кривицкий В.А. Парадоксы трансмутации и развитие Земли. Неочевидные доказательства. М.: НИЦ «Академика», 2016. 239 с.
20. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геоэкологическое состояние подземных

хранилищ газа в условиях эксплуатации // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: Сб. ст. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Севастополь: СевГУ. 2017. С. 564–567.

21. *Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В.* Закономерности геологического строения и возможного нефтегазонакопления в пределах Восточно-Европейской платформы // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа, актуальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа: Тр. 7 Междунар. конф. М.: Изд-во МГУ. 2004. С. 218–220.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

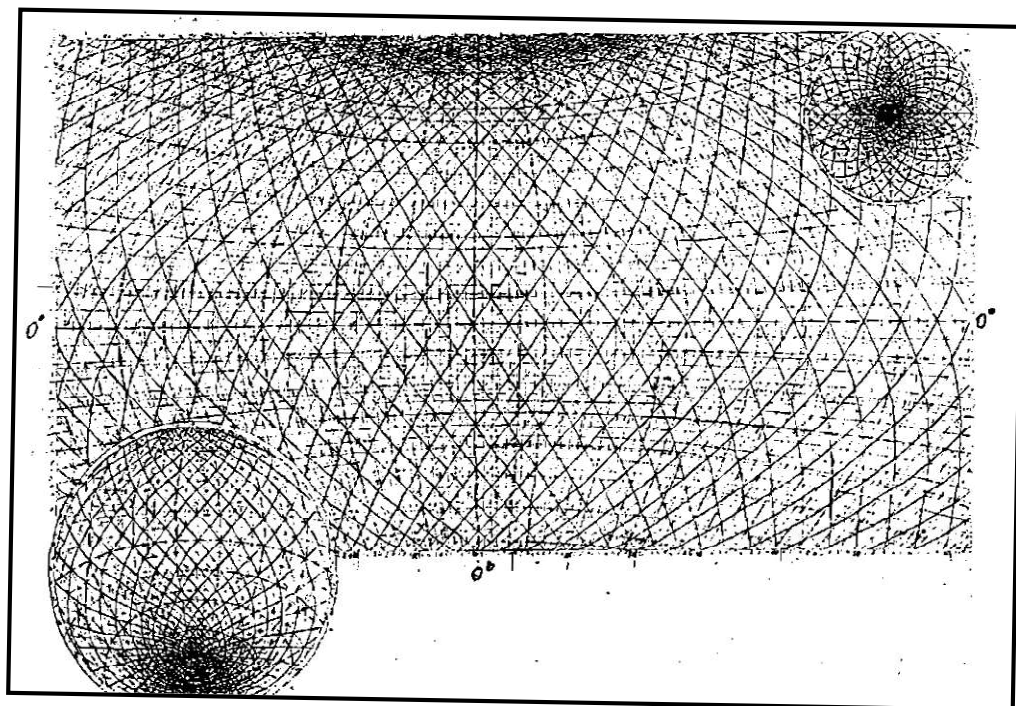


Рис. 1. Схема локсодромных решеток Земли (по Сараеву В.А.) [3]

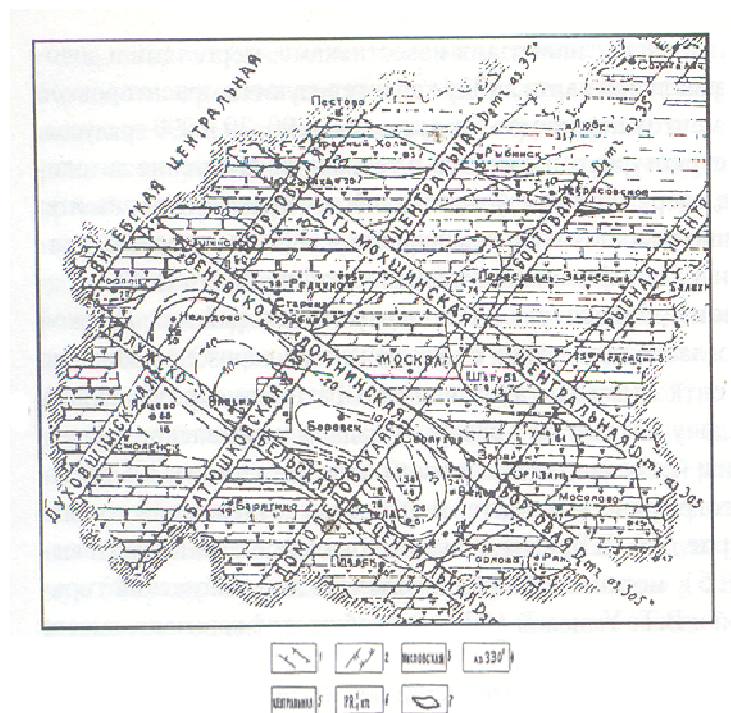


Рис. 2. Система азимутов  $330^{\circ}$  и  $60^{\circ}$ . Литолого-фациальная карта морсовского горизонта девона московской синеклизы по Д.Н. Утехину: 1 – палеомеридиональные зоны разломов; 2 – палеоширотные зоны разломов; 3 – названия зон разломов; 4 – азимут ориентировки зон разломов; 5 – структурное положение зон разломов в прогибе; 6 – индекс возраста зон разломов; 7 – изогипсы в м [11]

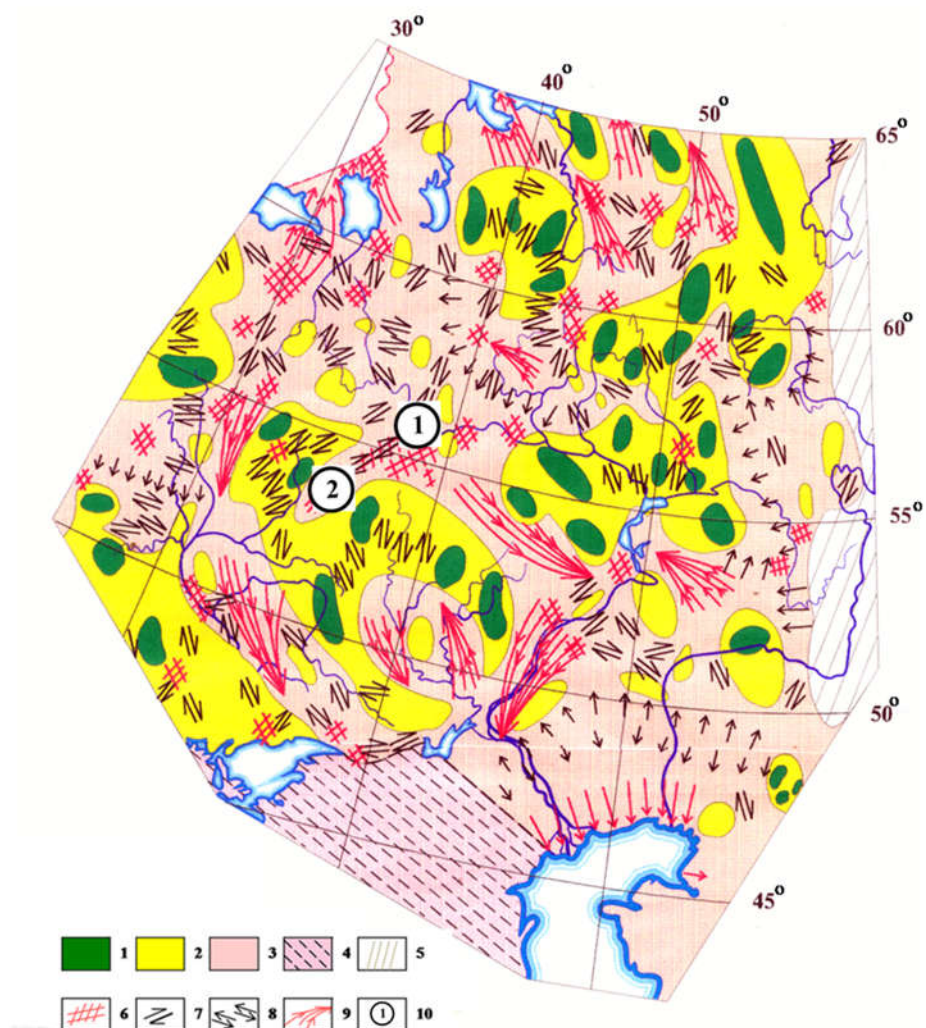


Рис. 3. Геодинамическая карта Восточно-Европейской платформы (уменьшено с масштаба 1:5 000 000): 1 – территория условно геодинамической стабильности; 2 – территория геодинамической неустойчивости; 3 – территория повышенной геодинамической неустойчивости; 4 – территория вероятной сейсмической активности; 5 – складчатые обрамления платформы; участки возможного возникновения короткопериодных деформаций, связанных с преобладанием: 6 – вертикальных движений, 7 – сдвиговых смещений, 8 – растягивающих напряжений, 9 – напряжений сжатия; 10 – геологические структуры: 1 – Щелковская структура, 2 – Калужская кольцевая структура

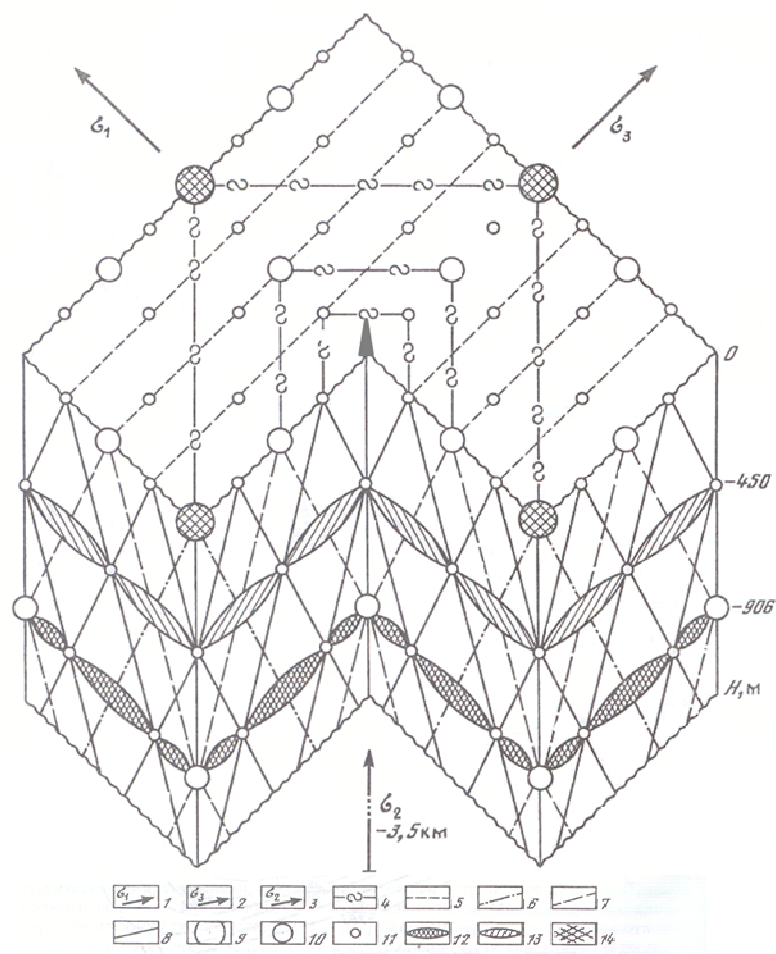


Рис. 4. Структура поля напряжений Щелковского поднятия (уменьшено с масштаба: горизонтального 1:25 000; вертикального 1:12 500): 1 – направление вектора главного максимального напряжения; 2 – направление вектора минимального напряжения; 3 – направление вектора главного среднего напряжения; 4 – трещины растяжения; 5 – трещины скалывания; 6 – векторы касательных напряжений, действующих с глубины 1800 м; 7 – векторы касательных напряжений, действующих с глубины 906 м; 8 – векторы касательных напряжений, действующих с глубины 450 м; 9 – участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с глубины 1800 м; 10 – участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с глубины 906 м; 11 – участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с глубины 450 м; 12 – области, наиболее благоприятные для аккумуляции флюида на глубине 906 м; 13 – области, наиболее благоприятные для аккумуляции флюида на глубине 450 м; 14 – участки, наиболее вероятного скопления флюида у дневной поверхности



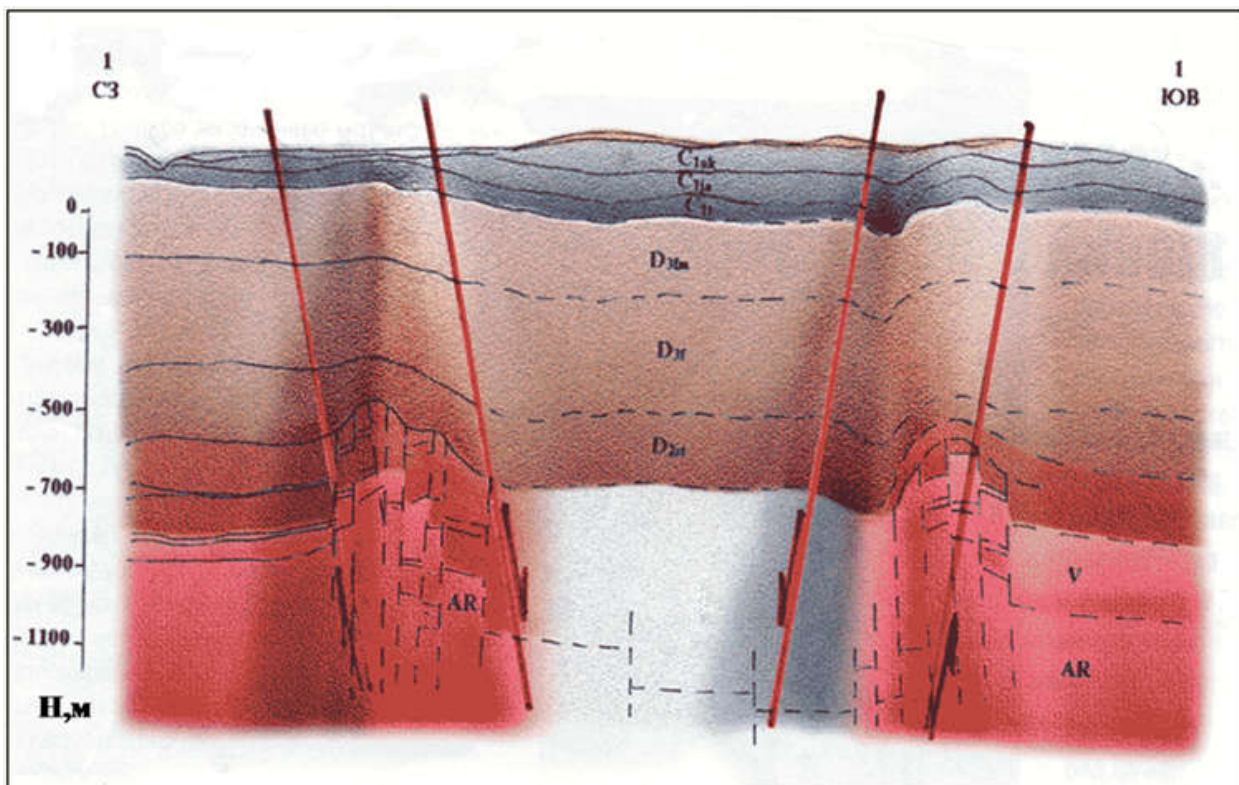


Рис. 5. Схематический геологический разрез через Калужскую кольцевую структуру по линии 1–1 (Петров В.Г., 1974 г.), стрелками показано направление движения сдвига [7]