

ЗОНЫ ДЕСТРУКЦИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ КОЛЛЕКТОРА УГЛЕВОДОРОДОВ БОЛЬШИХ ГЛУБИН

Реализация программы глубокого бурения в нефтеносных районах Татарстана (Южно-Татарский свод) привела к открытию принципиально новых геологических образований – зон деструкций. Формирование этих зон на больших глубинах связано с геодинамическими особенностями формирования Татарского свода и его рифтового обрамления. В работе приводятся сведения об условиях локализации, структурных особенностях и минеральном составе этих зон, которые могут являться потенциальными концентраторами углеводородов.

Особенности геологического строения и размещения месторождений нефтегазоносных бассейнов во многом определяются особенностями геологической эволюции подстилающего субстрата – кристаллического фундамента. Однако на первых стадиях изучения нефтегазоносных бассейнов кристаллический фундамент рассматривался, в лучшем случае, как структуроформирующий фактор.

С целью установления деталей геологического строения кристаллического фундамента и выявления перспектив нефтеносности больших глубин в Республике Татарстан была реализована программа глубокого бурения в пределах важнейшей геологической структуры Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна – Татарского свода (рис. 1).

Изучение глубоких горизонтов земной коры с применением сверхглубокого бурения показало, что кристаллический фундамент не только играет активную роль в развитии нефтегазоносных бассейнов, существенным образом влияя на закономерности размещения месторождений углеводородов в осадочном чехле, но и сам может являться их потенциальным коллектором (Ситдикова, Муслимов, 1998). Если ранее кристаллический фундамент рассматривался в качестве инертного, монолитного геологического тела, то в настоящее время установлено, что он является мобильной, постоянно развивающейся структурно-геологической единицей. Мобильность кристаллического фундамента обусловлена его последо-

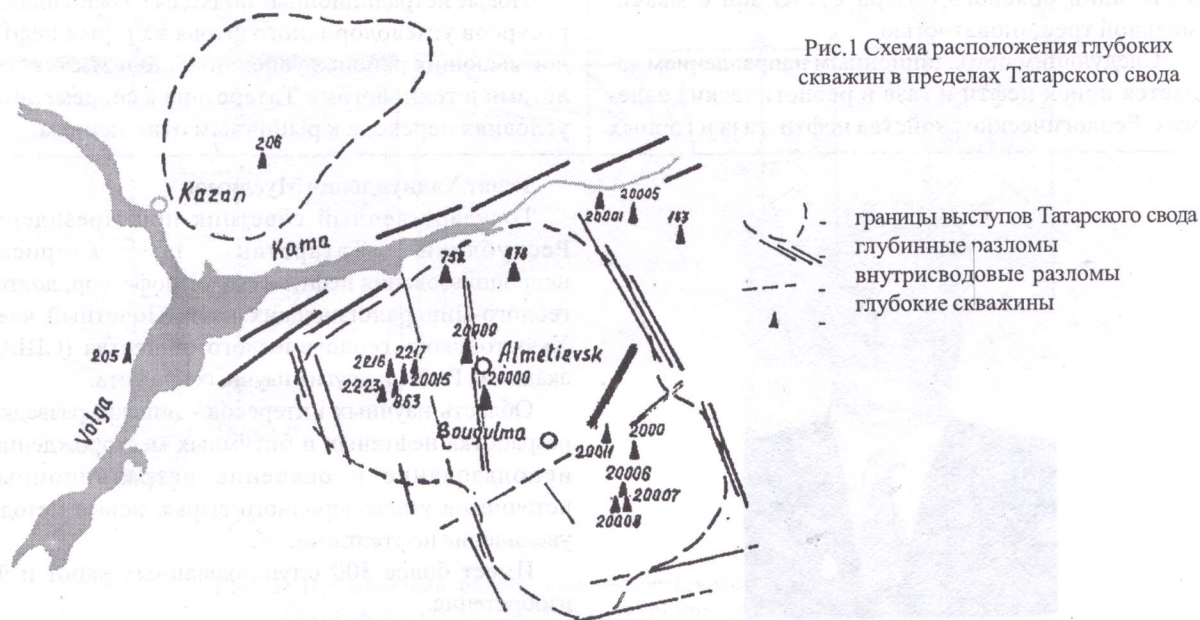


Рис. 1 Схема расположения глубоких скважин в пределах Татарского свода

вательной геологической эволюцией на протяжении более чем 3 млрд. лет истории его развития (Богданова, 1986; Изотов, Ситдикова и др., 1991).

Эволюционное развитие фундамента Татарского свода подразделяется на ряд крупных этапов, каждый из которых характеризуется специфическими особенностями геодинамического режима развития территории Волго-Уральской области и планеты в целом (Изотов, 1996, 1998):

1. Этап формирования первичной протокры (протосубстрата) (катархейский период, свыше 3,5 млрд. лет).

2. Этап формирования сиалической коры и начало ее метаморфической дифференциации (нижнеархейский период, 3,5 - 2,6 млрд. лет).

3. Этап активной метаморфической проработки первичной коры с активной метаморфической дифференциацией (верхне-архейский период, 2,6 - 1,9 млрд. лет).

4. Развитие жесткого основания Татарского свода в условиях неоднородно-напряженного состояния (протерозойский период - до настоящего времени).

В течение первых трех этапов произошло формирование формационно-вещественных комплексов кри-

сталлического основания Татарского свода, сопровождавшееся активной дифференциацией вещества в неоднородном термоградиентном поле, являющемся следствием плюм-тектонического геодинамического режима развития планеты (Хаин, 1996). Переход от плюм-тектонического к плейт-тектоническому геодинамическому режиму развития планеты обусловил четвертый этап эволюции фундамента, начало которого связано с рифтово-авлакогенной стадией развития жесткой континентальной коры. Особенности геодинамического развития континентальной коры на этой стадии и определили интенсивную структурно-тектоническую проработку практически непроницаемых кристаллических пород фундамента, что определяет его перспективы как потенциального концентратора скоплений углеводородов.

Последовательная реализация программы глубокого бурения на территории нефтеносных площадей Волго-Уральского бассейна, сопровождаемая сейсмоакустическими исследованиями позволила установить широкое развитие в теле фундамента специфических образований - зон деструкций, т.е. зон активного катаклазирования и нарушения сплошности кристаллических пород.

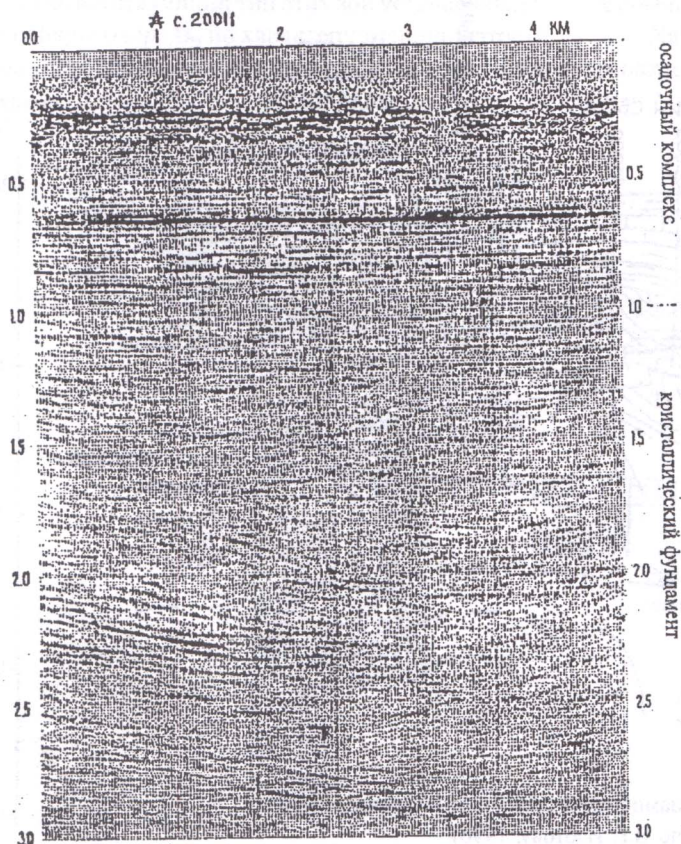


Рис.2 Временной разрез по профилю, проходящему через скв. 20011 (по В.А.Трофимову, 1994)

Широкое развитие в кристаллическом основании платформы деструкционных процессов явление обычное - разломная тектоника. Однако обращает внимание факт наличия зон деструкций субгоризонтального залегания на больших глубинах (свыше 2 сек.) в теле фундамента (рис.2). Формирование таких зон является следствием развития субгоризонтальных напряжений в теле фундамента платформ (Изотов и др., 1996). Наличие таких напряжений в соответствующих тектонических структурах неоднократно отмечалось в работах М.А.Камалетдинова, И.Х.Кавеева. Механизм же их возникновения в платформенных условиях длительное время был дискуссионным.

Нами механизм возникновения субгоризонтальных зон деструкций в условиях Татарского свода - типичной платформенной структуры, значительно удаленной от орогенных сооружений, объясняется геодинамической спецификой его локализации. При этом существенную роль играли региональные разломы, отграничившие в верхнепротерозойское время Татарский свод от Камско-Бельского рифта. Эти разломы глубинного заложения имеют по данным региональных геофизических исследований падение в сторону Камско-Бельского рифта. Опуска-

ние обширного пространства этого рифта обусловило эффект "клины", выразившийся в периодическом возникновении тангенциальных напряжений, обусловивших горизонтальное перемещение пластин пород, сформированных на более ранних стадиях эволюции фундамента (рис.3). В ходе дальнейшей геодинамической эволюции в эпохи каледонского, герцинского и альпийского тектогенеза происходило эпизодическое омолаживание этих зон и изменение в них характера механических напряжений.

В распределении зон деструкций в теле фундамента отмечаются следующие закономерности. Поверхностная часть фундамента является сильно нарушенной до глубины 200-300м. В этой части активно развиты процессы пред палеозойской и раннепалеозойской денудации, сопровождающиеся интенсивным развитием кор выветривания. Ниже следуют относительно монолитные кристаллические породы. Проявленные в этом интервале деструкционные зоны часто залечены продуктами гидротемально-метасоматической деятельности. Однако с увеличением глубины увеличивается мощность зон деструкций, повышается частота их встречаемости, что позволяет оконтурить участки интенсивного развития этих зон.

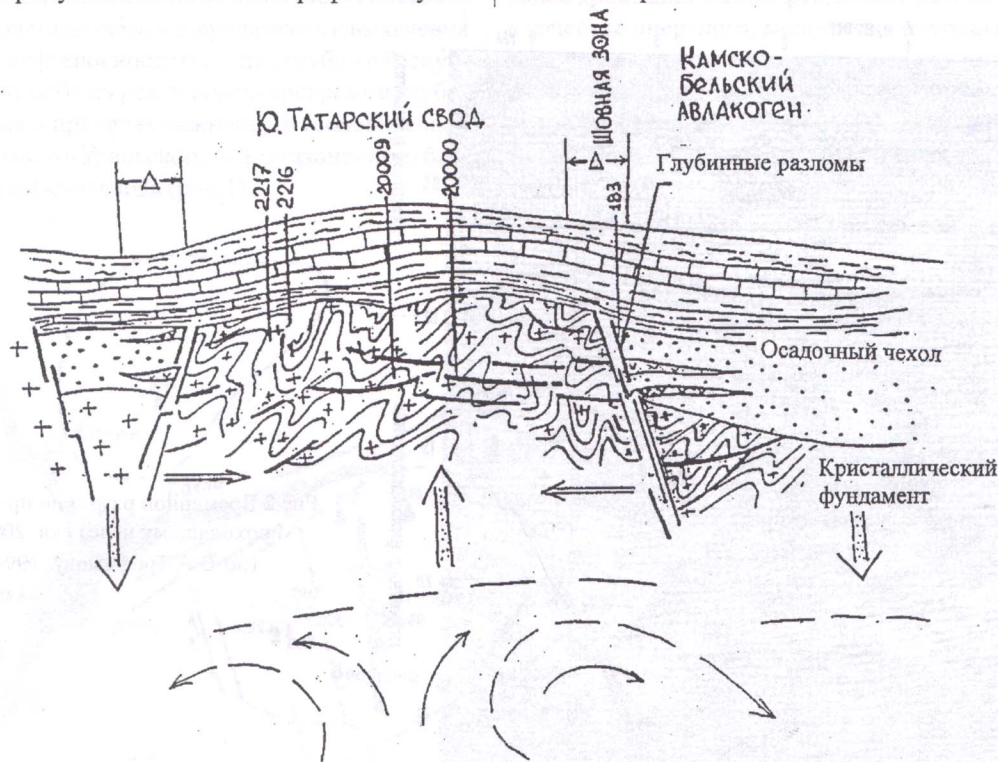


Рис.3 Схема геодинамической эволюции Татарского свода
(по В.Г. Изотову, 1996)

Деструкционные процессы обычно выражаются в развитии интенсивной трещиноватости, катаклаза и милонитизации пород, что сопровождается появлением пустотно-порового пространства (разуплотнением) пород. Деструктурированные и размельченные породы этих зон практически всегда затронуты гидротермальными преобразованиями. Таким образом, установлено, что деструкционные процессы фундамента подразделяются на механические (геодинамические) и физико-химические. Эти процессы в ходе развития кристаллического фундамента региона Татарского свода периодически повторялись и их комбинации привели к формированию сложной структуры современного облика кристаллического фундамента.

Проведенное изучение трещиноватости, вещественного состава и структурно-текстурных особенностей вещества зон деструкций отчетливо свидетельствует, что их формирование протекало в неоднородном поле механических напряжений. Эта неоднородность полей механических напряжений выражается в последовательном чередовании по разрезу фундамента зон повышенных напряжений - компрессионных зон и зон разгрузки - декомпрессионных зон (рис.4).

Соответствующий тип этих зон устанавливается, в первую очередь, по характеру трещиноватости пород. На основе анализа ориентировки углов на-

клона и морфологии поверхности трещин выделены следующие типы трещиноватости:

1. субгоризонтальная трещиноватость
2. субвертикальная трещиноватость
3. наклонная трещиноватость (в интервале углов 20° - 30° и 45° - 60° к оси керна)
4. беспорядочная трещиноватость, переходящая в брекчирование пород и их милонитизацию).

Выделенные типы трещиноватости существенно отличаются по морфологии поверхности трещин. Это дает возможность классифицировать трещины с позиций теории деформации. Наиболее ровная поверхность трещин часто с зеркалами скольжения характерна для наклонной трещиноватости, что дает основание классифицировать их как трещины скольжения; субвертикальная и субгоризонтальная трещиноватость являются либо неровными, "рваными", либо относительно ровными, но без следов перемещения блоков пород. Первые можно интерпретировать как трещины разрыва, вторые как трещины сжатия. Беспорядочная трещиноватость, превращающая породу в щебенку, а в дальнейшем в катаклизит и милонит характерна для зон деструкций горизонтально-сдвигового типа. Эта трещиноватость встречается обычно на значительных глубинах, более 3,5-4км.

Характер поверхности систем трещин с учетом их наклона позволяет провести качественную ориен-

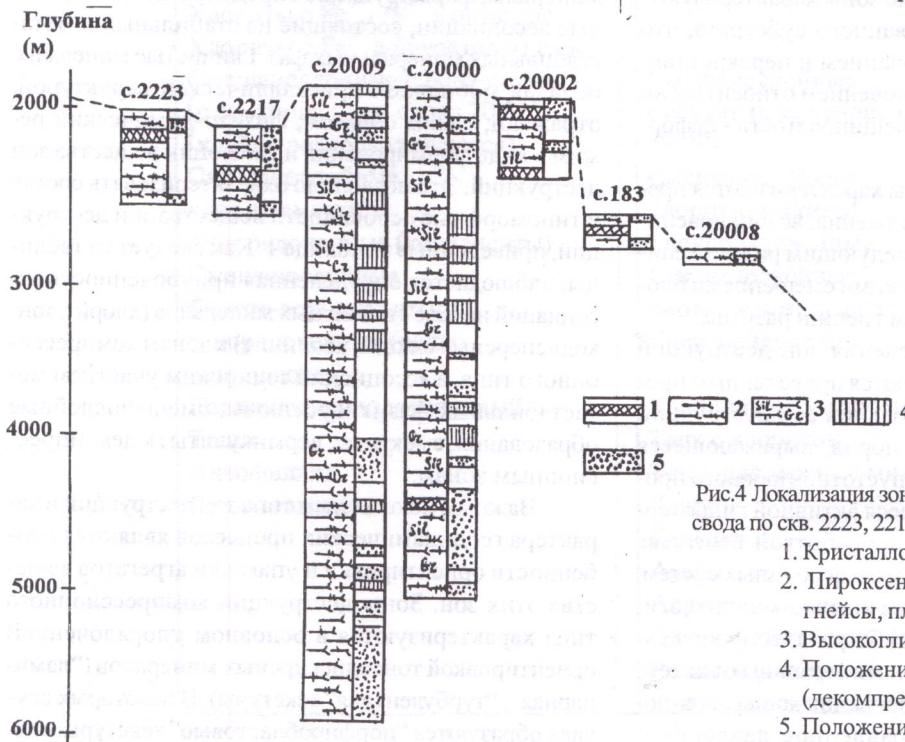


Рис.4 Локализация зон деструкции в разрезе Татарского свода по скв. 2223, 2217, 20009, 20000, 20002, 183, 20008.

1. Кристаллосланцы, амфиболиты
2. Пироксеновые, амфиболитовые гнейсы, плагиогнейсы
3. Высокоглиноземистые гнейсы
4. Положение зон деструкций (декомпрессионный тип)
5. Положение зон деструкций (компрессионный тип)

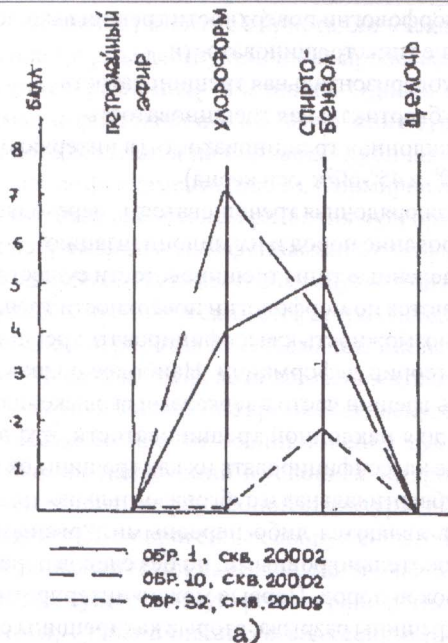
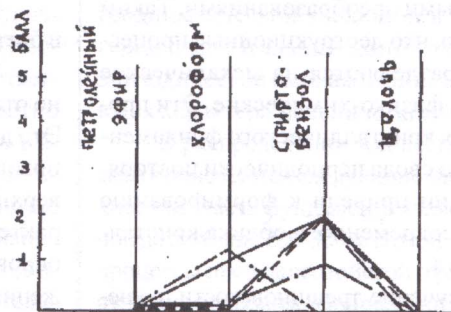


Рис. 5 Люминесцентно-экстракционная характеристика битумоидов. Скв. 20009, скв. 20002.
а) глинистое вещество
б) карбонатно-глинистые корочки



б)

тировку характеристической поверхности тензора деформации и определить компрессионный и декомпрессионный тип зон деструкций. Кроме того, было установлено, что компрессионные и декомпрессионные зоны характеризуются специфическими особенностями. Компрессионные зоны характеризуются уплотнением деформированного субстрата, что сопровождается диспергированием и перекристаллизацией вещества и возникновением относительно ровной субгоризонтальной трещиноватости - деформации сплющивания.

Декомпрессионные зоны характеризуются преобладанием деформаций растяжения, возникновением трещин скольжения с последующим раздвижением трещин, часто с механическими смещениями блоков пород, а так же развитием трещин разрыва.

Особенности распределения зон деструкций различного типа характеризуются приведенным профилем (рис.4). При формировании зон деструкций происходит разуплотнение пород, выражающееся значительным увеличением пустотно-порового пространства и сопровождающееся активной гидротермально-метасоматической проработкой вещества зон деструкций под воздействием флюидных систем. Это приводит к значительным химико-минералогическим изменениям пород субстрата, сопровождающимся появлениями новых минеральных систем. Существенную роль в формировании минералов-новообразований имеет направленное давление -

стресс (Харкер, 1936), что объясняет различие в минеральном составе зон деструкций компрессионного и декомпрессионного типов.

Среди минералов новообразований зон деструкций широким развитием пользуются глинистые минералы, формирующие определенные минеральные ассоциации, состоящие из стабильных и метастабильных минеральных фаз. Глинистые минералы, обладая мобильной кристаллической структурой, отражают, таким образом, физико-химический режим в ходе формирования и эволюции вещества зон деструкций. Это позволило охарактеризовать состав и типоморфные особенности вещества зон деструкций, приведенные в таблице 1. Как следует из таблицы, наблюдается определенная приуроченность ассоциаций на базе стабильных минералов (хлорит, тонкодисперсные слюды, каолинит) к зонам компрессионного типа, а ассоциаций с широким участием метастабильных фаз (гидроslюды, смешанослойные образования, смектиты, вермикулиты) к декомпрессионным зонам.

Важным показателем типа зон деструкций и характера геодинамических процессов являются особенности ориентировки и упаковки агрегатов вещества этих зон. Зоны деструкций компрессионного типа характеризуются в основном упорядоченной ориентировкой тонкодисперсных минералов ("ламинарная", "турбулентная" текстуры). В некоторых случаях образуются "порфириобластовые" текстуры, свя-

занные с особенностями образования слоистых силикатов по первичным минералам субстрата. В декомпрессионных зонах развиты разориентированные текстуры (“буточчато-скорлуповатые”, “радиально-лучистые”, “лепестковые”, “книжного-карточного домика”). Возникновение последних текстур в декомпрессионных зонах определяют высокие значения параметров коллекторских свойств пород.

Проведенные исследования показали, что установленные зоны деструкций в кристаллическом фундаменте Татарского свода несут повышенные концентрации углеводородного вещества. В настоящее время установлены две формы нахождения уг-

леводородного вещества в образованиях зон деструкций.

Это, в первую очередь, мелкие до 2-4мм выделения битумоидов, прошедших стадию шунгитизации и поглощенный комплекс органического вещества в глинистых минералах зон деструкций. Анализ глинистого вещества зон деструкций, проведенные методом люминесцентно-битуминологического анализа с применением четырех растворителей, показывает, что наибольшие содержания поглощенных углеводородов отмечаются в хлороформенных и спирто-бензольных вытяжках. В глинистом веществе зон деструкций декомпрессионного типа ряда сква-

Таблица 1
Минеральный состав и типоморфные особенности вещества зон деструкций фундамента Татарского свода

Компрессионная стадия	Декомпрессионная стадия
Гидрослюды (разбухающие межслои до 5%)	Гидрослюды (разбухающие межслои до 20%)
Диоктаэдрические слюды:	Диоктаэдрические слюды:
Политипы 2M ₁ > 1M	Политипы 1M + 1Md > 2M ₁
Хлориты политипа IIb:	Хлориты политипа IIb:
- триоктаэдрические	- триоктаэдрические
- диоктаэдрические	
Хлориты с Fe ³⁺ , Al ³⁺ в октаэдре	
Хлориты с Fe ²⁺ в бруситовом слое	
Смешанослойные слюда-сметит (с соотношением слоев 70:30) (крайне редко встречаются)	Смешанослойные слюда-сметит (с соотношением слоев 70:30)
Смешанослойные хлорит-сметиты:	Смешанослойные хлорит-сметиты:
- упорядоченные (корренситы)	- неупорядоченные
Смешанослойные биотит-вермикулиты:	Смешанослойные биотит-вермикулиты:
- упорядоченные (редко встречаются)	- неупорядоченные
Каолинит неупорядоченный	Каолинит упорядоченный
Тальк	Тальк с хлоритом
Антофиллит	Тонкодисперсные минералы:
Стильпномелан	Кварц
	Кальцит
	Альбит
	Алунит
	Окислы, гидроокислы железа
	Реликты минералов компрессионной стадии

жин (скв.20009, 20002) количество поглощенного комплекса органических углеводородсодержащих соединений преобладает в хлороформенных вытяжках (до 7 баллов), в других до 5 баллов. В глинистом веществе зон деструкций компрессионного типа содержание поглощенного органического комплекса существенно ниже (рис.5).

Известно, что поля термодинамической устойчивости углеводородов и глинистых минералов практически совпадают. Это доказывает положение о возможности сохранения углеводородных комплексов в специфических условиях зон деструкций больших глубин.

Таким образом, геологические условия залегания зон деструкций, их повышенные коллекторские свойства и особенности термодинамических условий свидетельствует о том, что эти зоны можно рассматривать как потенциальные коллектора углеводородов в теле кристаллического фундамента нефтегазоносных бассейнов Волго-Уральского региона.

Литература

1. Богданова С.В. Земная кора Русской плиты в раннем докембрии. М.: Наука, 1986, 223с.

2. Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Муслимов Р.Х., Степанов В.П. Флюидный режим кристаллического фундамента Татарского свода. /Материалы III Всесоюзного совещания "Дегазация Земли и геотектоника", м., Наука, 1991, с.24-25.

3. Изотов В.Г. Основные этапы эволюции раннедокембрийских комплексов востока Европейской плиты в связи с проблемой их углеводородности. /Статья в сборнике "Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона", Казань, "Новое знание", 1998, с.18-23.

4. Ситдикова Л.М., Муслимов Р.Х. Зоны деструкций – реальный объект локализации углеводородов в кристаллическом фундаменте Татарского свода Республики Татарстан./Статья в сборнике "Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона", Казань, "Новое знание", 1998, с.10-16.

5. Трофимов В.А. Сейсморазведка МОГТ при изучении строения докембрийского фундамента востока Русской плиты. М., Недра, 1994, 90с.

6. Хаин В.Е. Современная геология: проблемы и перспективы./Соросовский образовательный журнал, №1, 1996, с 66-73

7. Харкер А. Метаморфизм. 1932, 250с.



Изотов Виктор Геннадьевич

Зав.кафедрой полезных ископаемых Казанского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, член-корреспондент МАМР. Область научных интересов – петрология глубоких горизонтов земной коры, литология, месторождения полезных ископаемых. Автор более 220 печатных работ.



Ситдикова Ляля Мирсалиховна

Зав.лабораторией физико-петрологических исследований руд и минералов кафедры полезных ископаемых Казанского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук. Область научных интересов – минералогия тонкодисперсных минералов, структура и минералогия коллекторов нефти и газа. Автор 70 научных печатных работ.