

С.Л. Зубайраев¹, Е.А.Тарасов², Е.А. Лаубенбах¹, С.А. Каплан¹, А.Л. Шпекторов¹, А.Г. Горелов¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт геологических, геофизических и геохимических систем (ВНИИгеосистем), Москва
²ТГРУ ОАО «Татнефть», Казань, tgru@tatneft.ru

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ АТМОРАДИОГЕОХИМИИ И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТЕГАЗО-ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗАПАДНОМ ТАТАРСТАНЕ

Территория Западного Татарстана, в пределах которой расположены крупные тектонические элементы: Северо-Татарский свод, Казанско-Кировский авлакоген, восточный склон Токмовского свода, центральная и бортовые зоны Мелекесской впадины, по совокупности геологических предпосылок относится к ряду наиболее нефтегазоперспективных площадей. Тем не менее, несмотря на обширный комплекс проведенных исследований до настоящего времени не обнаружены залежи УВ в основных продуктивных горизонтах, хотя установлены многочисленные нефтепроявления, наличие коллекторов и покрышек в девонских и каменноугольных отложениях.

Неудовлетворительный на сегодня результат прогнозно-поисковых исследований свидетельствует о необходимости внедрения специальных подходов к анализу разнородной геoinформации. В статье рассматривается применение методики, основанной на использовании данных атмосферогеохимии, их обработке, анализе и интерпретации в комплексе с материалами сейсморазведки.

Радиометрический метод выделения тектонически активных структур, являющихся потенциально нефтегазонасыщенными, основан на том, что радиометрическое поле в пределах поднятий зависит от литологии пород и обусловлено перераспределением радиоэлементов в поверхностных образованиях вследствие проявлений неотектонической деятельности.

В настоящей работе материалы по исследованию особенностей распределения содержания урана, тория, калия положены в основу районирования площадей по степени их геодинамической активности, а в пределах площади – выявления наиболее «мобильных» участков геосреды. Интенсивность современных тектонических движений, определяющая степень литологической дифференциации поверхностных отложений, приводит к возникновению вариаций распределения РАЭ и появлению радиогеохимических ореолов, а также проявленности глубинных нарушений в виде зон трещиноватости и, как следствие, повышенного эманирования радона, метана, гелия (Лаубенбах, 1990; 2001; Лаубенбах и др., 1996; Атмохимическая..., 1989).

Существующие представления, посвященные изучению геологических, структурно-геодинамических особенностей строения и развития различных НГБ, пространственного размещения в них залежей нефти и газа, указывают на преимущественно неотектонический этап формирования УВ-скоплений, их выраженности в новейшей тектонической структуре поверхностных образований (применительно к гамма-спектрометрическим полям – в виде «радиогеохимических зональностей» различного типа).

Обоснованием использования газо-геохимических показателей для прогноза нефтегазоперспективных территорий и отдельных объектов являются представления о наличии локализованных потоков флюидов, доставляющих углеводоро-

ды из мест их генерации к ловушкам, и их выраженности в газовых полях. При этом процессы нефтегазонакопления в осадочном бассейне обусловлены конвективными потоками тепла, носителями которых могут служить глубинные флюидные системы. Последние концентрируются в наиболее проницаемых участках коры – в дизъюнктивных разуплотнённых зонах на границах литосферных блоков. Помимо содержания углеводородов эти системы способствуют очаговому «созреванию» органического вещества осадочных пород и эмиграции из них УВ, а также обуславливают напряжённо-деформированное состояние земной коры, блокообразование в верхних этажах литосферы, формирование резервуаров и ловушек УВ (Пиковский, 2002).

Процессы миграции и аккумуляции флюидов в земной коре, приводящие к формированию залежей, реализуются путем переноса УВ (не обсуждая их генезис) газом, 96 % которого поступает из недр через сеть разломов. Газ является «собирателем» микронепти в ловушках и способен продвигаться в любой пористой и проницаемой среде. В качестве наиболее подходящего для переноса рассеянных тяжёлых УВ рассматривается метан. Его основным поставщиком является «вечно идущий процесс дегазации Земли» (Иванников, 2003). В настоящее время установлено, что основная часть УВ-газов имеет глубинное происхождение. По данным Г.И. Войтова, объём современной УВ-дегазации (выходы CH_4 и CO_2), происходящей по активным разломам земной коры, составляет 330 млрд. $\text{м}^3/\text{год}$, из них 80% разгрузки – из мантии. Поступление современных УВ потоков в пределах исследуемых территорий происходит неравномерно, в зависимости от неоднородности флюидопроницаемости геосреды. При этом отмечается приуроченность повышенного газовыделения к различным проводящим зонам – зонам трещиноватости, проницаемости, узлам пересечения разрывов и т.д.

Таким образом, при наличии активных носителей газов, таких как метан и др., к поверхности переносятся по проницаемым трещиноватым зонам большие массы флюидов, в том числе и углеводородные, разгружаясь в приземную атмосферу. Особенности формирования атмосферогеохимических полей в пределах выделенных зон дегазации в благоприятных условиях образования резервуаров УВ (наличие «целостных» ловушек, коллекторов, флюидоупоров) могут свидетельствовать о возможных процессах аккумуляции УВ. Информация об особенностях распределения метана в приземной атмосфере позволяет выявлять флюидопроводящие тектонические нарушения различного ранга, определять масштабы УВ дегазации в зависимости от геодинамической активности недр, оценивать характер выраженности нефтяных залежей в метановом поле (Валяев, 1999; Кропоткин, 1985; Соколов, 1999; Дегазация..., 2002).

В целом, по совокупности данных, сейсморазведка дает

возможность создать модель строения геосреды, получить информацию о пространственном положении отражающих горизонтов, о местоположении в разрезе объектов, перспективных для скопления УВ, выявить зоны тектонической нарушенности, а геохимия – «оживить» модельные представления: показать, какие из выявленных зон «залечены», а какие продолжают развиваться и в настоящее время являются флюидопроницаемыми. Оценки интенсивности газового дыхания и значений радиогеохимических показателей используются для ранжирования ловушек по степени их сохранности.

Выполненные в РТ атморрадиогеохимические исследования позволили обосновать положения о формировании аномальных геохимических полей в разрезе, поверхностных отложениях и в приземной атмосфере над залежью, обусловленные проявлениями следующих процессов:

- современной дегазации недр, отражающейся в вариациях концентрации метана, урана, радона;

- неотектонической активизации, которая определяет как геоморфологическую, так и геолого-литологическую выраженность унаследовано развивающихся тектонических элементов (в том числе девонских, каменноугольных структурных форм в поверхностных отложениях, приземной атмосфере) и, как следствие, развитие комплексных газовых и радиогеохимических ореолов;

- поступления урансодержащих УВ-флюидных потоков, мигрирующих по проницаемым зонам, подновляемых в периоды тектонических активизаций и картируемых участками радиогеохимической специализации в поверхностных образованиях (Писоцкий и др., 2000).

Так как возможное заполнение «ловушек» нефтяными системами происходило в неотектонический этап развития, то можно предположить наличие пространственно-генетической связи УВ-скоплений с зарегистрированными атморрадиогеохимическими ореолами, что послужило основанием для формирования поисковых геохимических критериев, разработанных в пределах обучающих объектов – известных месторождений (Бахчисарайского, Актанышского, Кезкеевского, Аканского, Савгачевского и др.).

Критериями, определяющими область пространственного расположения возможных УВ-скоплений, являются:

- вариации концентраций метана, определяющие участки проявлений УВ-дегазации;

- зоны максимальных значений дифференцированности («изрезанности») гамма-поля; аномалии градиентных абсолютных и относительных характеристик полей, указывающие на развитие неотектонически активных структур (перспективные объекты в зависимости от размеров могут иметь «радиометрический» ореол, а отдельные локальные из них располагаться непосредственно в аномальной зоне);

- участки радиогеохимической специализации («надфоновых» значений урана, тория), являющиеся «эпигенетическими трассерами» флюидной активизации;

- комплексный геохимический ореол, в пределах которого отсутствуют аномальные атморрадиогеохимические показатели (участки с фоновыми значениями свидетельствуют о существовании на пути газо-флюидных потоков экранов, с которыми могут быть связаны разнотипные ловушки).

В качестве иллюстрации предложенной методики прогнозирования нефтеперспективных объектов применительно к геологическим условиям запада РТ рассматривается материал, полученный в пределах Мелекесской впадины

на Северо-Елтанской площади. Комплексные исследования осуществлялись по следующей схеме: 1) выполнялся анализ геодинамической обстановки на изучаемой площади на основе материалов комплексных исследований – атморрадиогеохимических, геоморфологических, гравимагнитных полей с целью локализации флюидопроводящих зон; 2) выявление по данным атморрадиогеохимии участков с возможным нефтенакоплением; 3) переобработка и интерпретация данных сейсморазведки; 4) комплексная интерпретация геохимических показателей и атрибутов сейсмической записи в целях выявления зон флюидной активизации, благоприятных для субвертикальной фильтрации УВ; 5) локализация по данным сейсморазведки потенциальных ловушек УВ в различных комплексах отложений и выявление среди них наиболее перспективных по особенностям распределения атморрадиогеохимических показателей.

В соответствии с разработанными поисковыми критериями выраженность площади в геохимических полях следующая. 1. Изучаемый объект приурочен к региональной «узловой» области дегазации, образованной крупными зонами пересечения «метановой разгрузки» северо-восточного (через скв. 1, 2, 5), меридионального (от скв. 894 на север через скв. 2, 5, 3, 49, 40 и далее), северо-западного (скв. 3, 78) простираний (Рис. 1). 2. В детальном плане – объект (скв. 894 с притоком нефти из карбона) оконтуривается ореолом локальных УВ составляющих, отражающих развитие участков с неотектонической трещиноватостью и повышенным газовыделением (Рис. 2). 3. Контур структуры «открывается» на юг, где на профиле 039110, на северо-восток от скв. 895 отмечается локальный участок с отсутствием газовыделения. 4. Участок сопряжен с региональной геодинамической зоной северо-восточного простирания, выраженной интенсивной изменчивостью составляющих естественного гамма-поля земной поверхности. 5. Располагается между системами зон радиогеохимической специализации субмеридионального, северо-восточного, северо-западного направлений, – область, в центре скв. 894; на ее продолжении, на профиле зафиксирован кольцевой объект, оконтуренный «урановым» ореолом (Рис. 2).

В целях совместной интерпретации с данными геохимических исследований сейсмические материалы подвергались специализированной обработке. В ее состав, наряду со стандартными процедурами получения временного разреза, входят: 1) построения глубинно-скоростной характеристики разреза в условиях локально однородной модели среды на основе получения горизонтальных спектров скоростей по опорным отражающим горизонтам; 2) процедуры постобработки временных разрезов – осреднения огибающих амплитуд сейсмической записи, двумерной фильтрации (верная, медианная), импульсное (или ЭКО – эффективные коэффициенты отражения (Рудницкая, 1983) ПАК, сейсмоэнергетические преобразования (Гильберштейн и др., 2001). Причем последние – применительно к различным модификациям временных разрезов (импульсному, ЭКО и ПАК).

В целях локализации нарушенных зон по модификациям временных разрезов, в той или иной форме отображающих изменение энергий отражений в плоскости профиля в интервалах между опорными отражениями вычислялись медианные значения атрибутов сейсмической записи. Полученные последовательности значений для каждого сейсмического комплекса центрировались и приводи-

лись к единичной дисперсии. Преобразованные таким образом характеристики объединялись по всем комплексам в две формы: мультипликативную («М») – на основе произведений, и аддитивную («А») – на основе сложения. Первая из них обеспечивает локализацию субвертикальных интервалов резкого изменения по профилю значений сейсмических характеристик и, следовательно, нарушения сплошности (однородности) геологической среды. Интервалы отрицательных экстремумов второй формы отображают нарушенные зоны с более сложной (не вертикальной) и протяженной по профилю структурой. Области относительно стабильных вдоль профиля значений характеристик «М» и «А» соответствуют квазиоднородным блокам геологического строения. Помимо решения задач районирования обе формы обеспечивают сопоставление с данными геохимических показателей в процессе комплексной интерпретации всей геоинформации.

Собственно сопоставление выполнено путем вычисления локальной по профилю взаимной ковариации (COV) между значениями сейсмической характеристики «А» и величинами отдельного геохимического показателя (CH_4 , $Th_{изм}$, $U_{надф}$). Причем последние преобразованы в пределах всего профиля к нулевому среднему и единичной дисперсии.

Учитывая, что нарушенной зоне на сейсмическом разрезе, как правило, соответствует уменьшение амплитуд, и, следовательно, отрицательные величины характеристики «А», значения ковариации $COV(A, CH_4)$ в зонах дегазации также будут отрицательны. Из анализа полученных сейсмических характеристик «А» и «М», геохимических CH_4 , $Th_{изм}$, $U_{надф}$ и значений ковариации $COV(A, CH_4)$, ос-

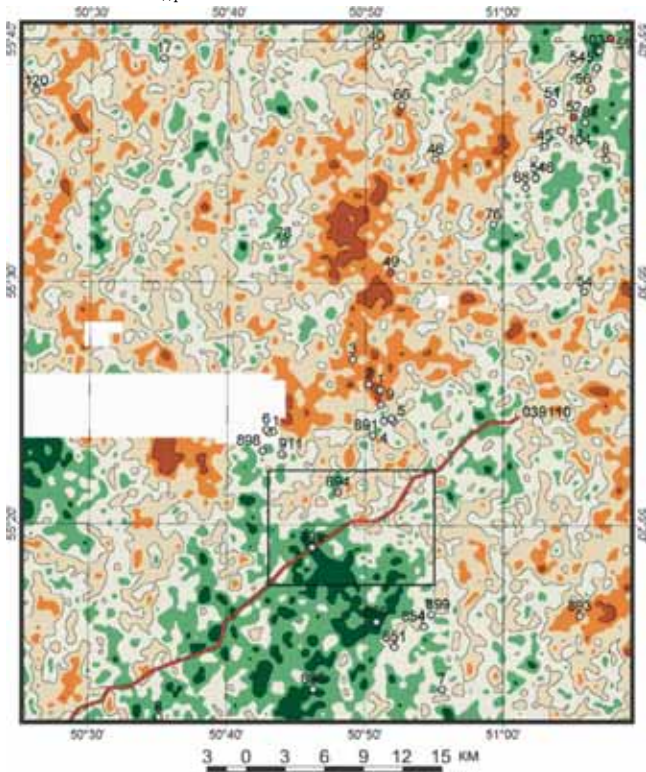


Рис. 1. Положение Северо-Елтанской площади. Скважины (нефтеносность): ● в бурении; ● пром. (девон и карбон); ● пром. (девон); ● пром. (карбон); ● ликвидир.; ● непром. (девон и карбон); ● водоносные; ● непром. (карбон); ● непром. (девон); ● нет данных; □ Северо-Елтанский участок. — Линия сейсморазведочного профиля 039110. Концентрация метана [ppm]: ● < 1.75; ● 1.75 - 1.95; ● 1.95 - 2.15; ● 2.15 - 2.35; ● 2.35 - 2.55; ● > 2.55; □ Нет данных.

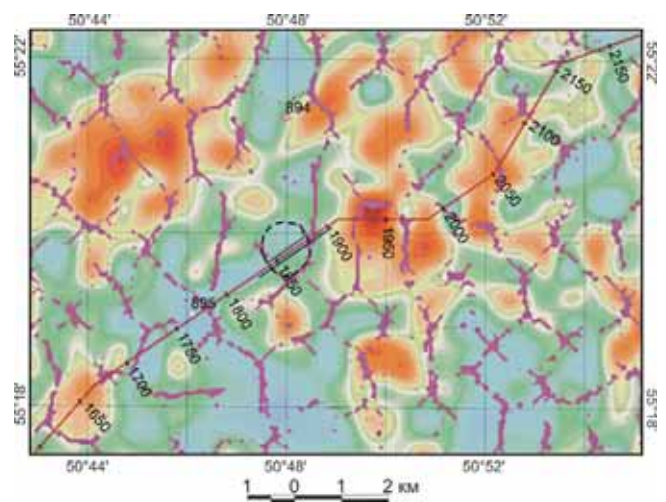


Рис. 2. Выраженность Северо-Елтанского объекта в геохимическом поле. — Обобщенная проекция объекта, выделенного по комплексу атмордиогеохимических данных. Проекция объекта по сейсморазведочным данным: — кровли; — подошвы. — Сейсморазведочный профиль и номера ОГТ. — Зоны повышенной флюидопроечности по урановой составляющей радиогеохимической специализации. Локальная составляющая метанового поля [ppm]: ● < -0.4; ● -0.4 - -0.25; ● -0.25 - -0.15; ● -0.15 - -0.075; ● -0.075 - -0.01; ● -0.01 - 0.025; ● 0.025 - 0.1; ● 0.1 - 0.175; ● 0.175 - 0.3; ● > 0.4; □ нет данных.

реденных в диапазоне сдвигов ± 1.0 км, в сопоставлении с фрагментом глубинного ЭКО-разреза, участок № ОГТ 1600 – 2200 (Рис. 3), можно сделать следующие выводы:

1. Облaстям аномальных значений характеристик «М» и «А» на ЭКО-разрезе соответствуют резкие локальные изменения параметров ЭКО (положения по глубине и/или амплитуды) опорных и промежуточных отражающих горизонтов, что свидетельствует о наличии зон нарушений сплошности пород на отдельных участках профиля. Причем ширина каждого из них не превосходит 150 – 200 м.

2. По значениям ковариаций выделяются отрицательные аномалии на участке № ОГТ 1945 – 2045, единственные, которые существенно превосходят уровень погрешности оце-

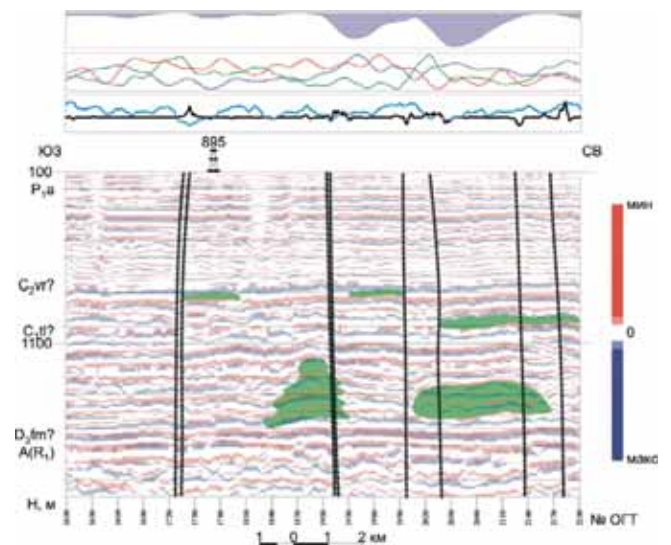


Рис. 3. Фрагмент глубинного разреза эффективных коэффициентов отражения по профилю 039110. Геохимические характеристики: — содержания урана; — содержания тория; — концентрации метана. Сейсмические характеристики: — мультипликативная «М»; — аддитивная «А»; — Ковариация аддитивной составляющей и концентрации метана. — зоны нарушений. — области улучшенных коллекторских свойств.

нок ковариаций (более чем в 3 раза). Наличие аномалий позволяет предположить, что из отмеченных выше по сейсмическим данным зон нарушений (сплошности среды) улучшенными фильтрационными свойствами отличается та, что приурочена к рассматриваемому участку профиля. Следовательно, она может рассматриваться как зона проявления современной глубинной дегазации недр.

3. К юго-западу и северо-востоку от зоны на глубинном ЭКО-разрезе (Рис. 3) цветом выделены интервалы разреза, отличающиеся улучшенными коллекторскими свойствами, прогнозируемыми как по уменьшению значений ПАК-скорости (например, в отложениях C_2v и над C_1tl), так и по сейсмофациальной обстановке – органогенные постройки в отложениях нижнего карбона (№ ОГТ 1840 – 1920 и 2000 – 2150). Каждый из них может служить, при наличии покровов, ловушкой УВ, что, в частности, доказывают результаты исследований в скв. 894 (ловушка в отложениях C_2v). По объему и приуроченности к антиклинальным перегибам отражающих горизонтов «В» (C_2vr) и «У» (C_1t) наиболее перспективной является органогенная постройка, расположенная к юго-западу от выделенной ковариации.

4. По геохимическим показателям контуры выделяемых ловушек УВ характеризуются приуроченностью к проявлениям УВ-дегазации, участкам аномальных значений «изрезанности» гамма-поля, к осевым зонам радиогеохимической специализации, что удовлетворяет сформулированным выше критериям.

Таким образом, представленные совместные обработка и интерпретация данных сейсморазведки и геохимии позволяют локализовать объекты, перспективные для формирования скоплений УВ. Подтверждением этого вывода является опыт подобных исследований на Бахчисарайской площади, расположенной в пределах Мензелино-Актанышской зоны северной периферии ЮТС. Для данного объекта на этапе обработки и интерпретации стандартной сейсморазведки МОВ-ОГТ были спрогнозированы в осадочном чехле зоны возможных нарушений и локализованы ловушки УВ, приуроченные к органогенным постройкам в карбонатных отложениях. Совместный анализ полученных данных с распределением по площади аномалий геохимических показателей (содержаний метана, урана, тория, калия и их трансформант) позволил установить флюидонасыщение ловушек. В результате комплексной интерпретации полученных геохимических и геологических материалов выделен ряд перспективных объектов под постановку глубокого бурения. На одном из них получен приток нефти дебитом 7.0 т/сут из тульских отложений (Ларочкина и др., 1999).

Завершая рассмотрение проблем локализации объектов на западе РТ, отметим, что представленные подходы и результаты интегрирования сейсморазведочной и геохимической информации позволяют, с одной стороны, объяснить полученный к настоящему времени отрицательный опыт поиска ловушек УВ, а с другой – предложить пути повышения эффективности дальнейших работ на основе переобработки (пост-обработки) данных сейсморазведки и их комплексной интерпретации с геохимическими показателями.

Литература

Лаубенбах Е.А. Технологические особенности использования аэровоздушных съемок при работах на нефть и газ в условиях Запада Сибирской платформы. Технология нефтегазо-поисковых геохимических исследований в системе «Воздух-Земля-Скважина». *Сб. науч. тр.* М. ВНИИгеоинформсистем. 1990. 46-51.

Лаубенбах Е.А., Писоцкий Б.И., Готтих Р.П. Технология поисково-разведочных работ на углеводородное сырье. *Геоинформатика*, № 6, 1996. 3-7.

Атмосфернохимическая авиационная съемка и результаты ее применения при решении геологических задач. Складенко И.Я., Стадник Е.В., Гиргядис А.И., Лаубенбах Е.А. и др. ДАН, т.307, №5, 1989. 1193-1197.

Писоцкий Б.И., Лаубенбах Е.А., Готтих Р.П. Причины, динамика, формы проявления и методы регистрации эндогенных процессов. *Труды конф. Мониторинг геологической среды: активные эндогенные и экзогенные процессы.* Изд-во КГУ. 2000. 58-63.

Валяев Б.М. Тектонический контроль нефтегазоаккумуляции и углеводородной дегазации Земли. *Теоретические и региональные проблемы геодинамики. Тр.ГИН РАН*, вып. 515. М. Наука, 1999. 222-241.

Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и происхождение углеводородов. *Бюл. МОИП. Отд. Геол.* Т. 60. Вып. 6. 1985. 3-18.

Соколов Б.А., Абля Э.А. Флюидодинамическая модель нефтеобразования. М., ГЕОС. 1999. 76.

Ларочкина И.А., Хисамов Р.С., Сулейманов Э.И., Лаубенбах Е.А., Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Горелов А.Г. Нетрадиционные подходы к выявлению нефтеперспективных объектов на основе комплексирования геологических, атмогеохимических и гамма-спектрометрических исследований на территории Татарстана. *Труды конф. Высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефти разрабатываемых месторождений.* Т.1. Казань. Экоцентр. 1999. 85-90.

Лаубенбах Е.А., Видяпин Ю.П., Горелов А.Г., Назипов А.К. Атмогеохимические исследования экспрессной оценки проявлений флюидных потоков при прогнозировании зон возможного нефтегазоаккумуляции в фундаменте-осадочном чехле (на примере Усть-Черемшанской площади Камско-Кинельской системы прогибов). *Тезисы конф. Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ.* Казань, изд-во КГУ. 2001. 125-128.

Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. *Материалы Межд. конф. памяти акад. П.Н.Кропоткина.* М.: ГЕОС. 2002.

Пиковский Ю.И. Флюидные пломы литосферы как модель нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции. *Дегазация земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений.* М. ГЕОС. 2002. 254-270.

Иванников И.В. Эволюция нефти (новая концепция). *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.* 11. 2003. 13-22.

Гильберштейн П.Г., Каплан С.А., Козлов А.С. Развитие методики интерпретации в глубинной сейсморазведке МОГТ. *Глубинное строение и геодинамика Южного Урала.* Тверь. 2001. 92-102.

Рудницкая Д.И., Берилко В.И. и др. Методические рекомендации по обработке сейсмических записей при изучении акустических неоднородностей тонкослоистых сред с целью прогнозирования неантиклинальных ловушек нефти и газа. Новосибирск. 1983.

И.Н. Плотникова

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ТАТАРСТАНА

Научный рецензент: академик Р.Х. Муслимов

Открытие в конце XX века ряда нефтяных и газоконденсатных месторождений в докембрийском фундаменте подтвердило необходимость и актуальность изучения доплатформенных комплексов осадочных бассейнов. В связи с этим вторая половина 90-х годов отмечена началом нового этапа в исследовании кристаллического фундамента Татарстана, когда для изучения глубинного строения докембрийского основания впервые были использованы новые геофизические методы и технологии. Данная монография посвящена проблеме оценки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента Татарстана на основе обзора основных результатов его изучения за последние 30 лет.

Казань, 2004 (в печати)