

ПЕТРОГРАФО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА, ПЕРСПЕКТИВНЫХ НА ПОИСКИ НЕФТИ

В Татарстане кристаллический фундамент находится на глубинах от 1700 м и более. Фундамент потенциально нефтеносен. В настоящей статье предлагается петрографо-геофизический метод выявления потенциально нефтеносных структур в кристаллическом фундаменте, основанный на выявлении минеральных ассоциаций, принадлежащих определенным метаморфо-метасоматическим и гидротермально-метасоматическим формациям из вулканотектонических структур, и на анализе геофизических полей.

За последние годы кристаллические породы фундамента стали объектом пристального внимания геологов-нефтяников во всем мире, что обусловлено истощением запасов углеводородного сырья (УВ) в осадочных толщах и открытием месторождений нефти в породах фундамента на территории Китая, Пакистана, Вьетнама, Индии, Казахстана, Украины, Италии и др.

Согласно новым концепциям в теории генезиса нефти, нефтегазоносность фундамента связана с подтоком в составе флюидов и растворов углерода в виде органических соединений. Сторонники этого направления исследований считают, что при прогнозной оценке конкретного региона на нефтегазоносность фундамента необходима оценка условий геодинамического режима его развития, благоприятного для ускоренного преобразования органического вещества и углерода в УВ. Такие условия создаются в зонах повышенного теплового потока, они обусловлены погружением океанической коры в мантию и «всплыванием» гранитного слоя. Наиболее перспективны в этом плане краевые части платформ, щитов, плит и т.д. (Плотникова, Насибуллина, 2001). При анализе геологического строения фундамента и оценке его потенциальной нефтегазоносности основное внимание уделяется геоструктурному, магматическому и тектоническому факторам, определяющим процессы преобразования углеводородов и формирования залежей (Плотникова, Насибуллина, 2001).

На взгляд автора статьи, к этим факторам необходимо отнести и высокотемпературный метасоматоз калиевого, натриевого и К-Na – рядов, в результате которого на протяжении длительного геологического времени происходил тепло – и массоперенос в блоках фундамента, ограниченных разломами, при этом образовались тела метасоматических гранитов и гранитоидов с обширными ореолами кварц-полевошпатовых метасоматитов прожилково-гнездового типа. Они часто обогащены радиоактивными элементами и на протяжении миллионов лет могут являться источниками энергии (в силу радиоактивного распада) для процессов миграции растворов и флюидов, благодаря этому может происходить преобразование органического вещества в УВ как в фундаменте, так и в выше залегающих осадочных толщах (Суркова, 1989).

Как наиболее значимые критерии нефтегазоносности геоструктурных обстановок фундамента Волго-Уральской антеклизы рассматриваются тектоно-вулканические, инт-

рузивно-тектонические структуры, выступы фундамента, зоны внутренних глубинных разуплотнений в теле фундамента и коры выветривания (Плотникова, Насибуллина, 2001). По мнению автора статьи, к ним необходимо отнести также тела и ореолы разно-температурных метасоматитов и гидротермалитов в фундаменте. Они могут проследиваться на многие сотни метров как по горизонтали, так и по вертикали вдоль контактов геологических тел и вдоль зон деструкции. С одной стороны, они часто трещиноваты и выступают как нетрадиционные коллектора, а с другой – формирование их минералогической зональности в процессе эволюции разломов закономерно, так как тепловой поток и Р-Т – параметры растворов и флюидов менялись эволюционно. Зная из автоклавных экспериментов температуры, давления и химический состав среды образования конкретных минеральных парагенезисов из ореолов метасоматитов и гидротермалитов, можно всегда проследить пути миграции УВ, установить геодинамический режим преобразования органического вещества в УВ и выявить потенциальные нефтегазоносные объекты.

В настоящее время в Татарстане накоплен большой фактический и научный материал по геологическому строению кристаллического фундамента. Анализ этого материала позволил сделать выводы, что эволюция разрывных нарушений в теле фундамента, начиная с архея-протерозоя, и его блоковое строение обеспечили с одной стороны – долговременное сохранение в нем восходящего теплового потока и циркуляцию растворов и флюидов, формирование на орогенном этапе развития интрузивно-тектонических и предполагаемых вулканотектонических структур (ВТС), тел и ореолов разно-температурных метасоматитов, а с другой – прогрев палеозойского бассейна осадконакопления и осадочной толщи, и, как следствие, миграцию углерода и его органических соединений, их преобразование в углеводороды, как в кристаллических породах фундамента, так и в осадочной толще. Эти факторы, очевидно, способствовали формированию ряда месторождений нефти в осадочных толщах Татарстана и позволяют рассматривать краевые части мегаблоков и мобильные зоны фундамента как потенциальные объекты для поисков нефти и газа. Наличие в теле кристаллического фундамента РТ предполагаемых ВТС можно прогнозировать по ряду аналогий в геологическом строении краевых частей других платформ.

Палеовулканические постройки известны в фундаменте Северо-Татарского (СТС), Южно-Татарского мегаблоков и Мелекесской впадины, они описаны Элерном С.С., Винокуровым В.М. и др. (Плотникова, Насибуллина, 2001). Гранито-гнейсовые купола в фундаменте Татарстана охарактеризованы в многочисленных отчетах и публикациях. Вулканическая деятельность в зонах разломов в пределах Татарстана продолжалась вплоть до девонского времени и связана с эволюцией авлакогенов. Вулканогенные образования представлены дайками диабазов, андезитов и андезито-базальтов (скважины Нурлатской, Азнакаевской, Южно-Ленинградской, Привятской, Казакларской, Агрызской и др. площадей), а вулканические туфы выявлены в кыновско-старооскольских отложениях девона в ряде скважин (Плотникова, Насибуллина, 2001; Ситдикова, Изотов, 2003). По мнению ряда специалистов, высокие дебиты некоторых скважин Дигитлинского вала связаны с разломами, контролировавшими проявления вулканической деятельности в фундаменте (Плотникова, Насибуллина, 2001).

Эффузивные породы кислого состава зафиксированы на восточном склоне СТС (Кукморский блок), где в скважине 20010 установлена дайка фельзитов (побочное жерло палеовулкана) в зоне брекчирования пород фундамента, толщиной около 80 м (Суркова, 2005). Изучение и прогнозирование вулканотектонических и интрузивно-тектонических построек в теле фундамента и тел разно-температурных метасоматитов и гидротермалитов при мощности осадочного чехла от 1500 м до 2000 м в геологических условиях РТ представляет собой сложную задачу, так как буровые работы дороги, а геофизические методы не дают однозначной интерпретации. Поэтому задача сводится к отработке методик выявления таких структур в фундаменте, к установлению связей: состав – структура – генезис – связь с формированием залежей углеводородов в фундаменте и в осадочном чехле, к поиску новых залежей в блоках фундамента и в осадочных толщах над ними.

Методика выявления тел метасоматических гранитов и гранитоидов и сопряженных с ними ВТС фундамента сводится, в первую очередь, к анализу характера распределения гравимагнитного поля, к дешифрированию аэрокосмоснимков и к пристальному минералого-петрографическому изучению kernового материала, с целью выявления эволюционных преобразований исходных (первоначальных) пород на различных этапах тектоно-магматической активизации (Методика..., 1981; Пятов, 2005; Региональные..., 1983; Суркова, 1989; Савинков и др., 1992).

При этом устанавливаются: первоначальный состав пород, последовательность и стадийность формирования новообразованных минеральных парагенезисов, катаклаз, дробление, милонитизация. Такой подход позволяет определить геодинамический режим фундамента и наложенных ВТС, Р-Т – параметры и химический состав растворов и флюидов, принимавших участие в миграции органических соединений из мантии в процессе эволюции. Предлагаемый методический подход хорошо зарекомендовал себя при прогнозной оценке аэрогеофизических аномалий Дальнего Востока, что позволило оперативно выявить ряд перспективных ВТС для дальнейших ГТР (Пятов, 2005).

Для выявления предполагаемых погребенных ВТС Кукморского блока был применен аналогичный подход, что позволило по анализу геофизических, петрофизических,

геологических материалов, по результатам бурения скважин, дешифрирования космоснимков, по минералого-петрографическим исследованиям, собственным и заимствованным из литературы, построить схематическую петрографо-геофизическую карту Кукморского блока кристаллического фундамента (Рис. 1).

Первичным субстратом пород фундамента являются метаморфические толщи двупироксеновых, пироксеновых плагиогнейсов, эндербитов, пироксеновых кристаллических сланцев. Состав пород затушеван диафторезом амфиболитовой фации, мигматизацией, катаклазом и, в ряде случаев, милонитизацией и брекчированием, а также вторичными изменениями. Он сохранился в породах или почти полностью, или фрагментарно в виде реликтовых линзовидных участков. Пироксены представлены клинопироксеном, диаллагом, диопсидом и гиперстенном. Плагиоклазы – андезином. Более поздние минералы – обыкновенная роговая обманка и кварц, возникшие в процессе диафтореза амфиболитовой фации, образуют сростания с пироксеном и с плагиоклазами, а также вроски в этих минералах, замещают их. Акцессорные минералы представлены единичными зернами циркона (Суркова, 2005). Катаклаз на породы накладывался неоднократно. Гранитизация субстрата протекала в два этапа:

1) формирование плутонов мигматит-гранитов и мигматизированных в разной степени толщ вокруг них;

2) образование массивов метасоматических гранитов с обширными ореолами гнездовой и прожилковой минерализации биотит-кварц-полевошпатовых метасоматитов и микроклинитов.

На территории установлены небольшие тела метагэббро-норитов, приуроченные к зонам разломов (Геология..., 2003) и пород средне-основного состава, представленных амфиболитами. В ряде скважин (20010, 205 и др.) установлены дистен (кианит)-мусковит-кварцевые, гранат-дистен (кианит)-мусковит-кварцевые сланцы с ореолами прожилковой и гнездовой минерализации. Эта минеральная ассоциация отнесена автором статьи к продуктам зон высокотемпературного кислотного выщелачивания из зон глубинных разломов (Геология..., 2003; Суркова, 2005).

Полям развития пород средне-основного состава, предположительно магматического и метасоматического происхождения, соответствуют значения ΔT_a от 0 до 160 нТл; плутонам мигматит-гранитов – ΔT_a от -450 до -600 нТл; полям интенсивно мигматизированных пироксен-амфиболовых кристаллосланцев и гнейсов – ΔT_a от -200 до 500 нТл; полям пироксен-амфиболовых кристаллосланцев и гнейсов, мигматизированных в средней степени – ΔT_a от -80 до -200 нТл; полям пироксен-амфиболовых кристаллосланцев и гнейсов, эндербитов, слабо затронутых процессами мигматизации – ΔT_a от -80 до 0 нТл; полям пироксеновых, пироксен-амфиболовых кристаллосланцев и гнейсов, эндербитам, практически не затронутыми процессами мигматизации – ΔT_a от 0 до +140 нТл. Полям развития метасоматических гранитов и гранитоидов, где замещение субстрата (пироксен-амфиболовых кристаллосланцев) составляет до 80 - 100 %, соответствуют значения ΔT_a от -100 до -300 нТл, ореолы кварц-полевошпатовых метасоматитов с замещением субстрата от 50 до 80 % характеризуются значениями ΔT_a от -80 до -120 нТл. Зоны кислотного выщелачивания, пространственно сопряженные с телами

метасоматических гранитов, представлены жилами кварца с мусковитом или без него, а зоны базификации – маломощными телами амфиболитов и биотититов, предположительно метасоматического происхождения. Ввиду своей незначительной мощности, они не выражены в региональных геофизических полях.

После очередной стадии катаклаза на породы кристаллического фундамента вдоль зон разломов вновь наложился диафторез зеленосланцевой фации (скв. 20010 и др.) (Суркова, 2005). Установить характер влияния диафтореза зеленосланцевой фации на значения ΔT_a не представляется возможным без замеров магнитной восприимчивости пород.

В районе скв. 205, 20010 по геофизическим полям оконтурена предполагаемая вулкано-тектоническая постройка 1, а в скв. 20010 (инт. 1634,5 – 1665 м и 1765 – 1776 м) установлено дробление, брекчирование и внедрение дайки фельзитов. На глубине 1658,4 м наблюдается контакт мигматизированного гнейса с фельзитом. Фельзит из инт. 1658,4 м отнесен к дайковому комплексу, сопровождающему палеовулканический аппарат (Суркова, 2005). Темноцветы гнейсов (роговая обманка и биотит) в зоне контакта деформированы и опациитизированы в результате их термической проработки в присутствии кислорода воздуха. Гранитизированные гнейсы (скв. 20010, инт. глубин: 1652 – 1665 м и 1765 – 1776 м) раздроблены и представляют собой в настоящее время типичные тектонические брекчии с типичными брекчиевыми структурами, они состоят из обломков размером 2 - 5 мм, погруженных в интенсивно раздробленный агрегат (от 0,3 до 0,01 мм) минералов.

В зонах брекчирования и дробления пород (вокруг дайки фельзитов) сформировались последовательно наложенные друг на друга разнотемпературные ореолы гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород – беризиты и аргиллизиты (Суркова, 2005). Анализ наложенных друг на друга новообразованных минеральных ассоциаций и размещения метасоматической зональности позволил установить, что Р-Т – параметры гидротермальных растворов понижались стадийно, а их состав и кислотность-щелочность изменялись волнообразно.

Таким образом, температурная закалка гнейсов на контакте с дайкой фельзитов, ореолы метасоматитов и гидротермальной проработки вмещающих гнейсов от скарирования до пропилит-березитовых и аргиллизитовых ассоциаций свидетельствуют о наличии ВТС 1 в районе п. Кукмор. Анализ гравимагнитного поля и разнотемпературных минеральных ассоциаций, аналогичных таковым из известных ВТС (Геология..., 2003), позволил выделить и оконтурить предполагаемые ВТС в Кукморском блоке фундамента РТ (Рис. 1). Они характеризуются сменой знака ΔT_a с положительных значений на отрицательные. Сомнение вызывает структура № 5. Здесь глубокими скважинами вскрыты метаморфические породы фундамента – кристаллосланцы и амфиболиты, хотя характер магнитного поля позволяет предполагать, что это ВТС.

По отношению к гнейсовой толще пород кристаллического фундамента эти ВТС являются наложенными структурами. Поверхность ВТС 1 (Рис. 1) находится гипсометрически выше на 40 м, чем поверхность вмещающих пород фундамента. ВТС 1 и вмещающие блоки фундамента перекрыты переотложенной корой выветривания (элювиально-делювиальные отложения) мощностью до 3 - 4 м. По северо-

ро-западному крылу ВТС 1 (в скв. 20010) фундамент находится гипсометрически ниже, чем в окружающих скважинах почти на 100 метров, здесь в фундаменте прослеживается структура типа желоба (осевая часть разлома).

Вблизи предполагаемых ВТС Кукморского блока размещаются массивы мигматит-гранитов и метасоматических гранитов и гранитоидов с ореолами минерализации прожилково-гнездового типа. Они вытянуты в соответствии с простираем приразломных зон, ограничивающий Дигитлинский блок.

Месторождения нефти (Уркушское, Арташское, Шийское), локализованные в осадочной толще, размещаются над телами метасоматических гранитов в фундаменте. Максимальные дебиты скважин характерны для скв. 55 и скв. 65 Привятской площади, они пробурены вблизи зон разломов в фундаменте, ограничивающих эти граниты. Тела метасоматических гранитов и гранитоидов являются объектами, заслуживающими внимания, как источники тепло- и массопереноса на протяжении длительного отрезка геологического времени.

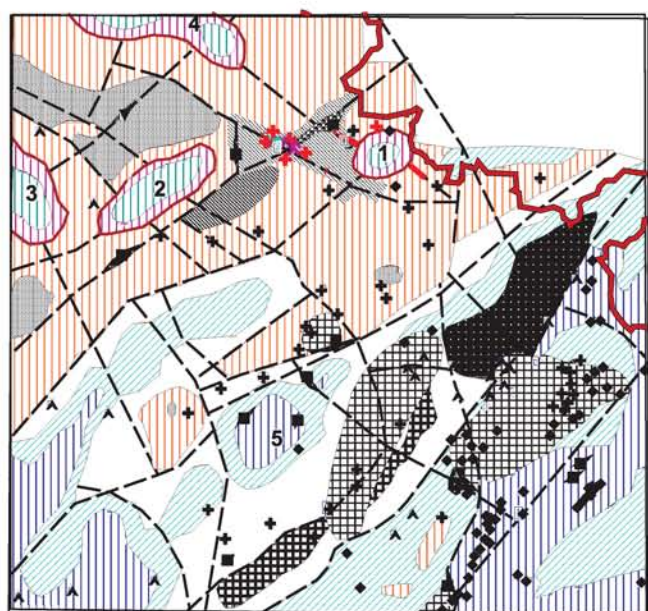
Проведенные исследования и анализ геолого-геофизического материала по кристаллическому фундаменту СТС позволили наметить дальнейшие пути нефтепоисковых работ в породах фундамента и в осадочных толщах.

Выводы

Скважина 20010 вскрыла зону деструкции в диафторизованных (в амфиболитовой фации) и интенсивно мигматизированных двупироксеновых эндербитовых гнейсах кристаллического фундамента. Исходные породы сохранились в виде линз как в разрезе скважины, так и в окружающих блоках. По минеральному двупироксеновому парагенезису в ассоциации с андезином их можно отнести к гранулитам отрадненской серии архейского возраста (Суркова, 2005). Эндербит-кристаллосланцевая ассоциация пород является наиболее древней на территории и соответствует по составу диоритам, вероятно, первично вулкано-огенной природы, и соответствует, очевидно, породам земной коры океанического типа. Аналогичные породы слагают на территории некоторые блоки, затронутые процессами последующего диафтореза амфиболитовой фации и палингенного гранитообразования при формировании гранитного слоя (Геология..., 2003; Хисамов и др., 2004).

Геодинамический режим кристаллического фундамента Кукморского блока и смежных блоков, начиная с верхнеархейского-раннепротерозойского цикла, менялся пульсационно и протекал с постепенным понижением температуры с некоторыми «всплесками» в сторону ее повышения. Периоды сжатия сменялись периодами растяжения вдоль зон разломов.

Региональные разломы контролируют развитие, структуру зон деструкции и последовательность процессов в них: калиевый метасоматоз, кислотное выщелачивание, внедрение интрузий гранитоидов и базитов, гидротермально-метасоматическую деятельность, а также прогибания (очевидно, в рифей-вендское время) и образование структур типа грабена, излияния в них лав основного состава, смену магматизма с основного типа на кислый и формирование ВТС, образование в ВТС и в окружающих блоках субстрата вдоль разломов рядов метасоматитов и гидротермалитов, начиная от скаполитов и пропилитов и кон-



Литотипы пород:
 + граниты • амфиболиты ■ амфибол-пироксеновые кристаллосланцы
 ▲ андебитовые кристаллосланцы и гнейсы ▼ метагаббронориты
 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 10 • 11 — 12 13 14 15 16 + 17 ▲ 18 — 19 К 20

Рис. Петрографо-геофизическая карта кристаллического фундамента Северо-Татарский мегаблок. Построена Сурковой А.Н. на основе собственных петрографических описаний шлифов из пород фундамента и анализа петрографической карты фундамента Татарстана (Постников и др., 2003). Приведена в книге «Геология Татарстана» (2003), на основе анализа карты аномального магнитного поля РТ. 1 – вулканиты среднего и основного состава; 2 – вулканиты кислого состава; 3 – метагаббро-нориты, метадиориты, метасоматиты среднего состава; 4 – мигматит-граниты; 5 – поля интенсивно мигматизированных пироксен-амфиболитовых кристаллосланцев и гнейсов; 6 – поля пироксен-амфиболитовых кристаллосланцев и гнейсов, мигматизированных в средней степени; 7 – поля слабо мигматизированных пироксен-амфиболитовых кристаллосланцев и гнейсов; 8 – поля пироксен-амфиболитовых кристаллосланцев и гнейсов; 9 – дайки вулканитов кислого состава (фельзиты); 10 – залежи нефти в осадочном чехле; 11 – скважины; 12 – граниты РТ. Метасоматиты, гидротермалиты и вторичные изменения пород; 13 – граниты и гранитоиды, предположительно метасоматического происхождения; 14 – амфиболиты, предположительно метаморфо-метасоматического происхождения; 15 – кварц-мусковит-кянитовые метасоматиты зон высокотемпературного кислотного выщелачивания; 16 – зоны диафтореза зеленосланцевой фации; 17 – ореолы микроклинизации пород, связанные с метасоматическими гранитами; 18 – ореолы скарирования пород; 19 – кварц-серицитовые, кварцевые прожилки по зонам брекчирования; 20 – карбонатизация гнездового и прожилкового типа.

чая аргиллизитами. Активные тектонические процессы и магматическая деятельность продолжалась вплоть до девона. Здесь на протяжении длительного геологического времени существовал высокий тепловой поток, который имел мантийное происхождение. Дополнительным источником энергии после консолидации гранитного слоя для тепло- и массопереноса и преобразований органических соединений и углерода в толщах служили, очевидно, метасоматические граниты и гранитоиды.

Предполагается, что в ВТС сосредоточены брекчированные, гидротермально проработанные в отдельных интервалах разреза породы, среди которых велика доля

туфов. Они являются хорошими нетрадиционными коллекторами и относятся к трещинному и брекчиевидно-трещинному типам пустотно-порового пространства (Ситдикова, Изотов, 2003).

Потенциальная нефтегазоносность ВТС зависит от их размещения вблизи гранито-гнейсовых куполов и массивов метасоматических гранитов и гранитоидов (в фундаменте), от наличия блоков осадочных толщ, примыкающих к ВТС и расположенных гипсометрически ниже, а также от некоторых других факторов. Кроме того, необходимо наличие непроницаемой покрывки над такими структурами. В качестве покрывки могут выступать вторичные кварциты, которые образуются, в ряде случаев, в верхних горизонтах вулканогенных толщ ВТС в процессе фумарольно-сульфотарной деятельности, а также девонские глинистые породы осадочной толщи, залегающей выше. Для предполагаемых ВТС эти факторы благоприятны.

Тела метасоматических гранитов и гранитоидов также заслуживают внимания при прогнозной оценке территории на залежи нефти как в фундаменте, так и в осадочных толщах. Месторождения нефти в осадочных толщах на рассматриваемой территории тяготеют к полям метасоматических гранитов и гранитоидов в фундаменте и к разломам, ограничивающим эти тела. Нефтегенерирующий потенциал таких предполагаемых структур (ВТС и тела метасоматических гранитов и гранитоидов), контролируемых разломами, довольно высокий.

Комплексирование методов минералогического картирования с выделением этапов и стадий минералообразования и геофизических методов позволяет установить этапы и стадии геодинамического режима фундамента и перекрывающих его осадочных толщ на протяжении всей геологической истории территории и выявить наиболее перспективные участки для поиска нефти, как в фундаменте, так и в осадочных толщах.

Литература

- Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: ГЕОС. 2003.
- Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. Л.: Недра. 1981.
- Плотникова И.Н., Насибуллина М.А. Изучение перспектив нефтеносности кристаллического фундамента РТ на основе геологического анализа результатов бурения и промыслово-геологических исследований параметрической скважины № 20009 Ново-Елховской и других скважин. Казань. 2001.
- Пятав Е.А. Стране был нужен уран. История геологоразведочных работ на уран в СССР. М.: Недра. 2005.
- Региональные метаморфо-метасоматические формации: принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. Л.: Недра. 1983.
- Ситдикова Л.М., Изотов В.Г. Геодинамические условия формирования деструкционных резервуаров углеводородов глубоких горизонтов земной коры. Георесурсы. №4 (12). Изд-во КГУ. Казань. 2003.
- Суркова А.Н. Структурный типоморфизм дисперсных минералов из околорудных ореолов аргиллизации. Диссертация на соискание уч. степ. к.г.-м.н. Казань. 1989.
- Суркова А.Н. Этапы формирования нетрадиционных пород-коллекторов в кристаллическом фундаменте Кукморского поднятия Северо-Татарского свода. Тез. докл. Нетрадиционные коллектора нефти, газа, природных битумов, проблемы их освоения. Изд-во КГУ. Казань. 2005.
- Савинков В.И., Саксин Б.Г., Суркова А.Н. Закономерности локализации цеолитовой минерализации в вулканитах. Советская геология. №7. 1992. 28-36.
- Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Тарасов Е.А., Баратов А.Р., Ананьев В.В., Горбачев В.И. Результаты параметрического бурения на территории Республики Татарстан в 2002-2003 г.г. Георесурсы. №1(15). Изд-во КГУ. Казань. 2004.