

С. А. Скрылев, А. И. Чуйко
 ОАО "Кондротролеум"
 М. Ю. Зубков
 ОАО "СибНИИИП"

ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В АБАЛАКСКОЙ СВИТЕ КРАСНОЛЕНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В пределах Красноленинского свода выделяется ряд площадей, на которых выявлены промышленные залежи нефти в отложениях викуловской (нижней мел), баженовской, абалакской и тюменской свит (юра). В отдельных скважинах получены промышленные при- токи нефти из коры выветривания доюрского комплекса.

Наибольший интерес, с точки зрения особенностей строения и изучения их методами ГИС, представляют залежи нефти, приуро- ченные к отложениям абалакской свиты (пласт ЮК₁), считавшимся ранее многими исследователями бесперспективными на нефть и газ. Залежи пласта ЮК₁ в пределах Ем-Еговской площади Красноле- нинского свода открыты сравнительно недавно в процессе эксплуа- тационно-оценочного бурения и опытно-промышленной разработки залежей нефти в пластах ЮК_{2,9}, начатой в центральной части Ем- Еговской площади (в пределах "первоочередного участка") в райо- не наиболее высокодебитных разведочных скважин 1, 2, 4, 12, 7, 50. Высокие дебиты перечисленных скважин связывались с отложения- ми тюменской свиты (пласты ЮК_{2,9}).

На тюменскую свиту было пробурено 58 эксплуатационных сква- жин. Ввиду того, что большинство из них оказалось низкодебитными (за исключением скважин 1096, 1122, 1142), бурение было приоста- новлено. В то же время ряд разведочных и эксплуатационных сква- жин (15, 1142 и др.), пробуренных на юрские отложения, продолжал работать устойчиво и с высокими дебитами.

Указанные факты свидетельствовали о том, что в юрском комп- лексе имеется высокопродуктивный объект, работа которого не соот- ветствует тем фильтрационно-емкостным свойствам, которые харак- терны для коллекторов тюменской свиты. Данное обстоятельство по-



Трибуна заказчика геофизических услуг

будило обратить более пристальное внимание на геолого-технологические условия эксплуатации высокодебитных скважин.

В этих скважинах были проведены геофизические исследования комплексом методов "приток - состав", по материалам которых было установлено, что в большинстве случаев основной приток нефти был получен из нескрытых перфорацией отложений абалакской свиты. При этом в скважину нефть поступала через верхние отверстия перфорации за счет заколонной циркуляции, чему способствовали близость интервалов перфорации к подошве абалакской свиты и плохое качество цементного камня за обсадной колонной.

"Дострел" абалакской свиты в нескольких других эксплуатационных скважинах (1029, 1046, 1083 и др.) и повторное их освоение подтвердили промышленную значимость залежи нефти в ней. Дебит в этих скважинах после приобщения абалакской залежи резко возрос с 3 - 5 м³/сут до 20 - 40 и более м³/сут. Так, по скважине 1029 дебит нефти из тюменской свиты составил 1,5 - 2,5 м³/сут (1987 г.). В 1993 г. было произведено приобщение (в результате перфорации) пластов абалакской свиты, после чего скважина введена в эксплуатацию с дебитом более 100 м³/сут.

Так было доказано, что высокие дебиты нефти были связаны именно с абалакской свитой.

В тектоническом отношении Ем-Еговская площадь по доюрскому основанию приурочена к Потымецкому куполовидному поднятию, расположенному в северо-западной части Красноленинского свода. Структурный план вверх по разрезу, выходящаяся, в целом сохраняет свои очертания на время формирования абалакской свиты, претерпевая незначительные изменения. Собственно Ем-Еговское поднятие по кровле указанной свиты осложнено структурами более мелкого порядка.

В разведочных скважинах Ем-Еговской площади керн из отложений баженовской и абалакской свит не отбирался, так как они считались бесперспективными на обнаружение в них залежей нефти и газа. После установления нефтегазоносности абалакской свиты при эксплуатационном бурении на пласты ЮК_{2,9} керн из баженовской и абалакской свит отобран в большинстве оценочных скважин. Лабораторные исследования керна с целью определения физико-литологических свойств выполнялись в СибНИИП (Зубков М. Ю.).

Самая представительная коллекция керна отобрана в эксплуатационной скважине 1820. В ней достигнут наиболее высокий вынос керна при бурении. При этом керном оказались охарактеризованными нижняя половина баженовской свиты, абалакская свита и верхняя часть тюменской свиты.

По данным исследований керна породы абалакской свиты представляют переходную толщу от прибрежно-морских и континентальных отложений тюменской свиты к морским, сильно битуминозным отложениям баженовской свиты.

В литологическом отношении абалакская свита представлена преимущественно глинистыми отложениями, в различной степени кремнистыми, карбонатными и алевроитистыми. При этом установлены следующие закономерности. При переходе от кровли абалакской свиты к ее подошве уменьшается степень сортировки и ориентировки глинистых минералов, снижается доля биогенных и аутигенных компонентов (кремнезема и битумов) и возрастает относительное содержание терригенных составляющих (алевролитов и песчаников).

В строении свиты отмечается вертикальная зональность, обусловленная составом и соотношением глинистых минералов. В разрезе свиты выделяются до шести литологических зон, в каждой из которых отмечаются четыре - шесть литотипов пород.

Основными породообразующими компонентами абалакской свиты являются глинистые минералы, карбонаты, кремнезем и органическое вещество (кероген). В качестве примесей присутствуют пирит и глауконит. По преобладанию породообразующих компонентов абалакская свита делится на две части: верхнюю (преимущественно кремнистую) и нижнюю (глинистую).

Глинистые минералы представлены, в основном, гидрослюдой, каолинитом и смешанослойными образованиями (ССО), а их соотношение определяет, главным образом, зональное строение свиты. При этом отмечены следующие особенности. В верхней части свиты преобладают гидрослюда и ССО, содержание каолинита не превышает 30 - 35%. Ниже по разрезу относительное содержание каолинита становится еще меньше (до 5 - 10%), а содержание гидрослуды и ССО возрастает до 40 - 45%. В средней части свиты в составе глинистых минералов появляется хлорит, снижается относительная доля гидрослуды и увеличивается количество ССО до 60%. К подошве

свиты отмечаются рост содержания каолинита и уменьшение количества ССО и гидрослюда (до 10 - 15% и 20 - 25% соответственно). Глинистые породы имеют, как правило, микрослоистое строение за счет включений алевроитового, карбонатного или керогенового материала.

Карбонатные минералы характеризуются сложным составом, обусловленным различными изоморфными замещениями. Среди карбонатных свиты преобладают кальцит, доломит и сидерит. При этом последний преобладает в средней части свиты и в отдельных прослоях нижней (отдельные пропластки карбонатных пород могут быть сложены преимущественно сидеритом). Кальцит присутствует, в основном, в виде мелких обломков раковин различных организмов и оолитового известняка. Доломит и сидерит представлены, в основном, мелкозернистой массой и имеют массивную текстуру.

Кремнезем в рассматриваемых отложениях представлен, в основном, биогенными образованиями в виде халцедона и терригенным обломочным кварцем преимущественно алевроитовой и мелкозернистой песчаной размерности.

Рассеянное органическое вещество (кероген) в разрезах баженовской и абалакской свит представлено измененными остатками морской и наземной флоры и фауны.

Повсеместно в разрезе свиты в рассеянном виде и в виде псевдоморфоз по органическим остаткам присутствует пирит. В средней и нижней частях свиты встречаются примеси глауконита в виде глобул и кристаллов.

Наиболее полно из физических свойств пород на керне исследованы объемная плотность, естественная радиоактивность и водорододосодержание твердой фазы. Из коллекторских свойств на образцах керны определялась, в основном, только открытая пористость. Основные физические (упругие, акустические, электрические, емкость катионного обмена и др.) и фильтрационно-емкостные (проницаемость, остаточная водонасыщенность, распределение замеров пор по гидравлическим радиусам, смачиваемость, трещинная, каверновая и межзерновая составляющие пористости) свойства определялись на единичных образцах или не определялись вовсе. Это связано с тем, что породы изучаемых отложений имеют тонкослоистое строение, трещиноватые. При подъеме керна на дневную поверхность он разрушается по поверхностям наложения и трещинам. Поэтому за-

частую бывает трудно изготовить из отобранного керна стандартный цилиндрический образец, необходимый для большинства видов анализов.

Все физические свойства (объемная плотность, естественная радиоактивность, водорододосодержание твердой фазы) определяются, в основном, компонентным составом пород баженовской и абалакской свит, соотношением содержания в них основных породообразующих компонентов: глинистых и карбонатных минералов, кремнезема и керогена. Поскольку все перечисленные компоненты меняются в очень широких пределах, то нельзя выделить какого-либо преобладающего влияния одного из них на то или иное рассматриваемое физическое свойство. Можно только отметить, что присутствие керогена в породах приводит к резкому увеличению радиоактивности (урановой породы) и уменьшению объемной плотности (рис. 1), а с увеличением карбонатности увеличивается плотность и уменьшается пористость пород (рис. 2). В наиболее чистых карбонатных разностях пород по-

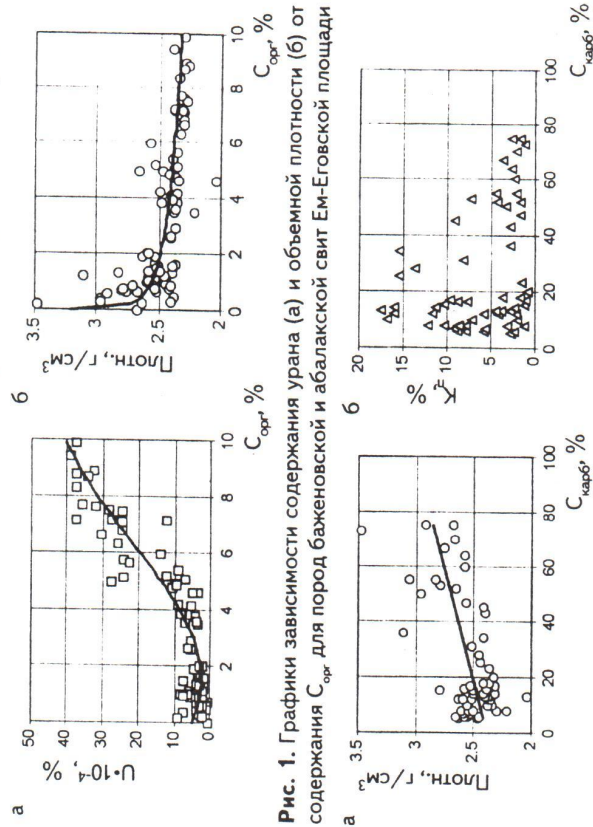


Рис. 1. Графики зависимости содержания урана (а) и объемной плотности (б) от содержания C_{ур} для пород баженовской и абалакской свит Ем-Егловской площади

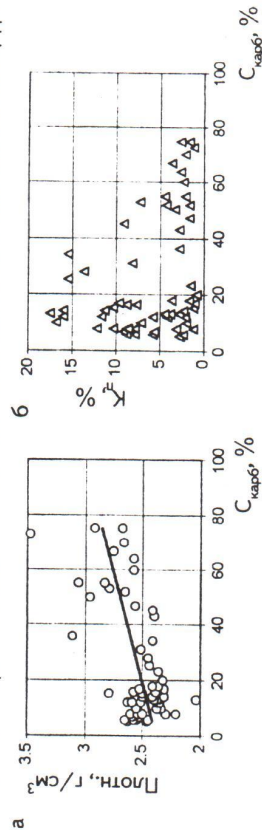


Рис. 2. Графики сопоставления объемной плотности (а) и пористости (б) с карбонатностью пород абалакской свиты Ем-Егловской площади

ристость не превышает 3 - 4%. Ввиду преобладающего влияния компонентного состава пород связь между пористостью и плотностью практически отсутствует (рис. 3).

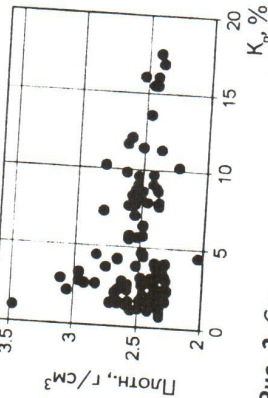


Рис. 3. Сопоставление объемной плотности с пористостью пород абалакской свиты Ем-Еговской площади

Более детальное исследование взаимосвязей между физическими и литологическими параметрами предполагает, прежде всего, разделение пород по стратиграфической принадлежности и, возможно, по литотипам. При этом количество литотипов должно быть не более 3 - 4-х, легко распознаваемых по каротажным материалам.

На основе приведенной физико-литологической характеристики абалакской свиты не способствовали формированию и сохранению в породах коллекторов с межзерновой пористостью. Постседиментационные преобразования могли привести к образованию коллекторов со вторичной пористостью в породах различных литологических типов. В преимущественно глинистых отложениях эффективная пористость (составляемая по свойствам отложений зерновой) могла возникнуть за счет автомикроразрывов в процессе преобразования ОВ. В плотных карбонатных и кремнистых образованиях эффективная пористость образуется за счет перекристаллизации, тектонических процессов и выщелачивания. В этих же породах существуют предпосылки для сохранения первичных межформенных пор в органических остатках.

Следовательно, основными путями фильтрации, обеспечивающими подток нефти к скважине (собственно коллекторами) в абалакской свите, являются (или могут являться) преимущественно карбонатные или кремнистые породы. Эти представления базируются на том, что карбонатные и кремнистые породы наименее пластичны и в большей степени подвержены трещинообразованию при воздействии тектонических нагрузок. В этих же породах, имеющих наиболее жесткий каркас, существуют благоприятные предпосылки не только для закрепления образовавшихся в результате тектонических или

каких-либо других процессов трещин, но и для увеличения трещинной емкости за счет растворения и выщелачивания при фильтрации пластовых флюидов. Глинистые отложения с микротрещинами авто-разрыва могут выполнять роль матрицы и обеспечивать подпитку основных фильтрующих каналов, не внося при этом какого-либо существенного вклада в обеспечение фильтрации.

Результаты исследований керн, данные геофизических исследований и бурения скважин подтверждают наши представления о типе коллекторов.

На интенсивную трещиноватость пород в продуктивных интервалах указывает низкий вынос керн при бурении. В образцах карбонатных и кремнистых пород отмечается микро- и макротрещиноватость. Наряду с трещинами, выполненными кальцитом и доломитом, в керне отмечаются открытые трещины, стенки которых инкрустированы доломитом, кварцем. В некоторых образцах керн отмечены микротрещины, заполненные нефтью.

Вскрытие отложений абалакской свиты бурением в большинстве скважин Ем-Еговской площади сопровождается интенсивными потерями промывочной жидкости, в некоторых случаях до полной потери циркуляции.

По данным потокометрических исследований притоки нефти в скважину в отложениях абалакской свиты приурочены к прослоям преимущественно карбонатных и кремнистых пород. На основе детальной корреляции выделены до 13 самостоятельных прослоев этих пород, толщина которых изменяется от 0,4 до 1,0 - 1,5 м (в среднем 0,6 - 0,8 м) и в сумме составляет, как правило, не более 4,0 - 5,0 м (рис. 4). Прослой нами условно проиндексированы по возрастанию от кровли свиты к ее подошве. Наиболее выдержанным по возрастанью от кровли прослой, выделяемый в средней части свиты практически во всех скважинах и индексируемый нами условно под № 6. Большинство же прослоев крайне не выдержаны по простиранию, структурным планом не контролируются, подвержены литологическому замещению, глинизации. Наибольшее их количество выделяется в скважинах 1843 и 30027 (рис. 4). В большинстве скважин их количество не превышает 2 - 3, а в скважине 50 не выделяется ни одного прослоя.

Таким образом, в пределах абалакской свиты преимущественное распространение имеют коллекторы, эффективная емкость которых представлена вторичными пустотами - трещинами, кавернами и

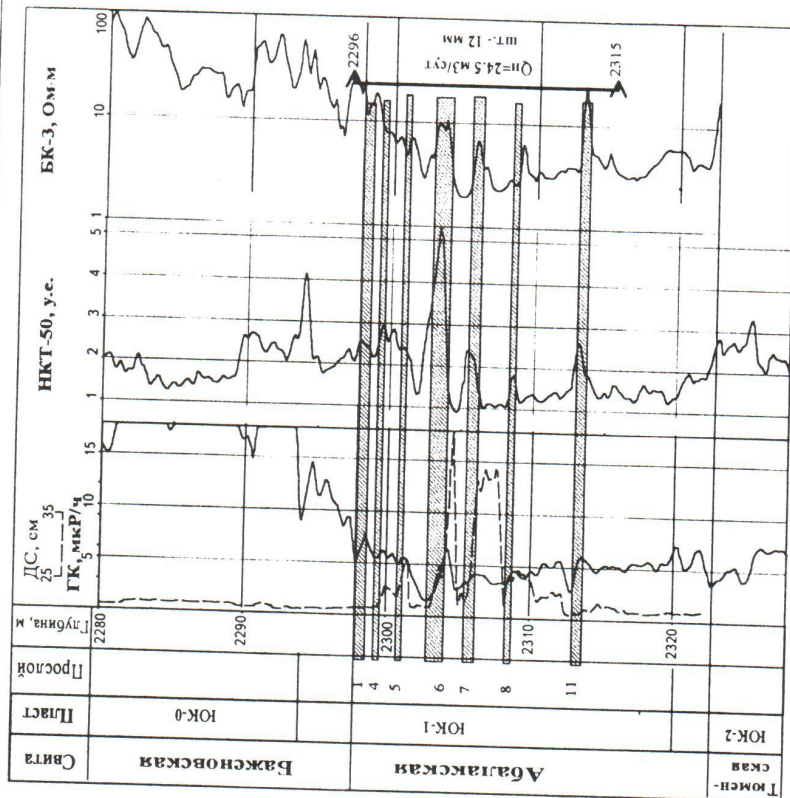


Рис. 4. Геолого-геофизическая характеристика абалакской свиты в скважине 30027 Ем-Еговской площади

полостями выщелачивания по трещинам. Коллекторы с поровой емкостью имеют подчиненное значение и связаны с редкими прослоями песчано-алевритовых (межзерновые поры) и органогенных карбонатных (межформенные пустоты) пород.

Тонкослоистое строение, многокомпонентный состав пород, сильная литологическая изменчивость отложений абалакской свиты в совокупности с термодинамическими условиями залегания ($P_{пл}$ в залежах абалакской свиты примерно равно гидростатическому, а в зоне действия добывающих скважин значительно меньше последние-

го, $T_{пл}$ достигает $120^{\circ}C$) в значительной степени снижают эффективность первичного и вторичного вскрытия коллекторов, изучения их (в том числе и с помощью методов ГИС) с целью определения и обоснования подсчетных параметров, освоения скважин и разработки залежей.

Вскрытие абалакских отложений бурением осуществляется на полимер-глинистых промывочных жидкостях (ПЖ) с параметрами: плотность - $1,14 - 1,18 \text{ г/см}^3$, вязкость - $22 - 30 \text{ с}$, водоотдача - $4 - 7 \text{ см}^3/30 \text{ мин}$. Применяемая технология бурения в совокупности с пониженными пластовыми давлениями и интенсивной трещиноватостью в большинстве скважин не предотвращает, как отмечалось выше, интенсивные поглощения ПЖ при вскрытии абалакских отложений, которые ликвидированы снижением удельного веса ПЖ до $1,08 - 1,10 \text{ г/см}^3$, закачкой нефтесбentonитовых тампонов, введением в ПЖ наполнителей в виде древесной муки и опилок. Ликвидация поглощений, с одной стороны, требует дополнительных материальных и временных затрат на строительство скважины, с другой стороны, значительно ухудшает прискважинную часть коллекторов.

В большинстве скважин в средней части свиты, наиболее глинистой, в процессе бурения в стволе скважины наблюдается образование каверн, что, в свою очередь, осложняет бурение и снижает эффективность ГИС при выделении и оценке коллекторов.

Основные причины низкой эффективности ГИС при изучении коллекторов в абалакской свите заключаются в следующем. Во-первых, коллекторы имеют эффективную емкость, представленную, в основном, трещинами, кавернами и полостями выщелачивания. Следовательно, с одной стороны, в коллекторах формируются глубокие и неоднородные зоны проникновения, и, с другой стороны, против коллекторов, как правило, отсутствуют прямые качественные признаки (наличие глинистой корки, градиент сопротивлений по разнострубинным методам и т. п.). Во-вторых, единичная толщина прослоев коллекторов зачастую не превышает $0,6 - 0,8 \text{ м}$ (сопоставимо с разрешающей способностью большинства геофизических методов), что не позволяет достоверно определить любой из геофизических и физических параметров, а следовательно, надежно обосновать количественные критерии выделения коллекторов.

Выделение коллекторов в разрезе абалакской свиты по данным ГИС в настоящее время осуществляется довольно условно. К кол-

лекторам относятся пропластки пород, имеющие геофизические параметры, характерные для плотных пород: пониженные значения J_{γ} , $\Delta I_{\text{Ак}}$, повышенные значения $J_{\text{п}}$, $R_{\text{к}}$, $\sigma_{\text{п}}$, диаметр скважины, близкий к номинальному. Каких-либо прямых качественных признаков в коллекторах абалакской свиты пока не установлено, а количественные критерии не разработаны.

В свете вышеизложенного нецелесообразно приобретают выполняемые в процессе освоения скважины исследования комплексом "приток - состав", позволяющие не только выделить работающие интервалы, но и определить состав флюида, притекающего в скважину, выбрать наиболее оптимальный режим работы скважины. В настоящее время данный комплекс выполняется при освоении всех скважин. Однако он не позволяет решить всего комплекса задач, необходимых для подсчета запасов и проектирования разработки. В частности, не всегда работающая толщина равна эффективной. Остаются нерешенными проблемы определения общей пористости и ее составляющих, а также коэффициента нефтегазонасыщенности.

Петрофизическое обеспечение для определения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов абалакской свиты по данным ГИС в настоящее время отсутствует. Это связано с рядом объективных и субъективных причин: чрезвычайной сложностью строения коллекторов, не позволяющей использовать стандартные подходы для определения коллекторских свойств, низким выносом зерна из интервалов коллекторов за счет их высокой трещиноватости, тонкостроением пластов-коллекторов, единичная толщина которых зачастую не превышает разрешающей способности большинства геофизических методов и т. д.

Таким образом, в отложениях абалакской свиты выявлен уникальный по своей сложности объект нефтеразработки. Этот объект, несмотря на низкую плотность удельных запасов нефти (из-за низких емкостных свойств и малых эффективных толщин коллекторов), требует к себе особого внимания благодаря его высокой продуктивности.

Для более эффективного решения задач, связанных с выделением коллекторов в отложениях абалакской свиты и определением их подсчетных параметров, необходимо проведение комплекса специальных петрофизических и геофизических исследований по специальной программе, разработка оптимального комплекса ГИС, технологии его проведения, петрофизическое обеспечение интерпретации данных ГИС.

А. Ф. Ильин
ГДК "Астраханьгазпром" РАО "Газпром"
В. П. Кудрявцева, О. В. Тинакин
П "Астраханьгазгеофизика"

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВОЕНИЯ АСТРАХАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (АГКМ)

Освоение Астраханского ГКМ осуществляет газодобывающая компания "Астраханьгазпром" РАО "Газпром", в состав которой входят газодобывающее управление, управление повышения отдачи пластов и подземного ремонта скважин, газоперерабатывающий завод, управление магистральных газопроводов и продуктопроводов и ряд других производственных подразделений.

Астраханское ГКМ открыто в 1976 году и в декабре 1986 года введено в эксплуатацию. Продуктивные отложения - карбонаты башкирского яруса, глубина залегания - 3820 - 4065 м. Пластовое давление - 61,2 МПа, пластовая температура - +107 °С. Содержание H_2S в газе - 14,0 - 25,7%, CO_2 - 14,5 - 21%.

Общий фонд скважин на балансе газодобывающего управления - 155 ед., из них эксплуатационный фонд составляет 128 ед., 27 скважин - в фонде наблюдательных и специальных.

Промыслово-геофизическое обслуживание скважин выполняет преимущественно предприятие "Астраханьгазгеофизика" ДАО "Газпромгеофизика". К выполнению отдельных видов работ привлекаются "Оренбурггеофизика", "Саратовнефтегеофизика" и Ильинская геофизическая экспедиция.

Направления промыслово-геофизических исследований:

- ГИС-бурение в строящихся эксплуатационных, поисковых, наблюдательных и др. скважинах;
- ГИС-контроль за разработкой, включающий исследование в контрольно-наблюдательных и эксплуатационных газовых скважинах;
- ГИС-контроль за техническим состоянием эксплуатационных скважин, в том числе в газовой среде (контроль за состоянием НКТ; в процессе капитального ремонта - обследование состояния эксплу-