

Геологическая эффективность структурно-формационной интерпретации и её контроль на примере «рифового направления» ГРП. Часть 2.

Феоктистов А.В., Феоктистов В. А., г. Саратов

В предыдущем номере журнала мы постарались показать, что геологическая эффективность ГРП современных технологий поисков и разведки нефти и газа целиком базируются на достижениях технического прогресса в области создания приборов и систем разведочной геофизики. Причём революционный переход на цифровую регистрацию и системы многократных перекрытий в полевой сейсморазведке сопровождался компьютерной революцией вкупе с впечатляющими достижениями средств и способов визуализации с использованием настольных многоэкранных рабочих станций и специальных «центров визуализации». Успех применения современных технологий определяется интеграцией всех знаний о месторождении, применением системного подхода и конструктивного сотрудничества геодисциплин,

чему препятствует «человеческий фактор». Чрезвычайно высокая специализация в геофизике и геологии стала фактически тормозом в объективном познании недр, а взаимная невостребованность смежных специалистов - основным источником большинства ошибок [1].

Для преодоления невостребованности смежных специалистов и повышения геологической эффективности структурно-формационной интерпретации (СФИ) в России созданы новые отраслевые стандарты 21 века [2-9], которые зачастую не выполняются. К чему приводит невыполнение этих стандартов мы хотим показать на конкретном примере «рифового направления ГРП», как наиболее эффективного с позиций геологии Нижнего Поволжья. Обоснование выбора Иловлинско-Белогорского участка недр

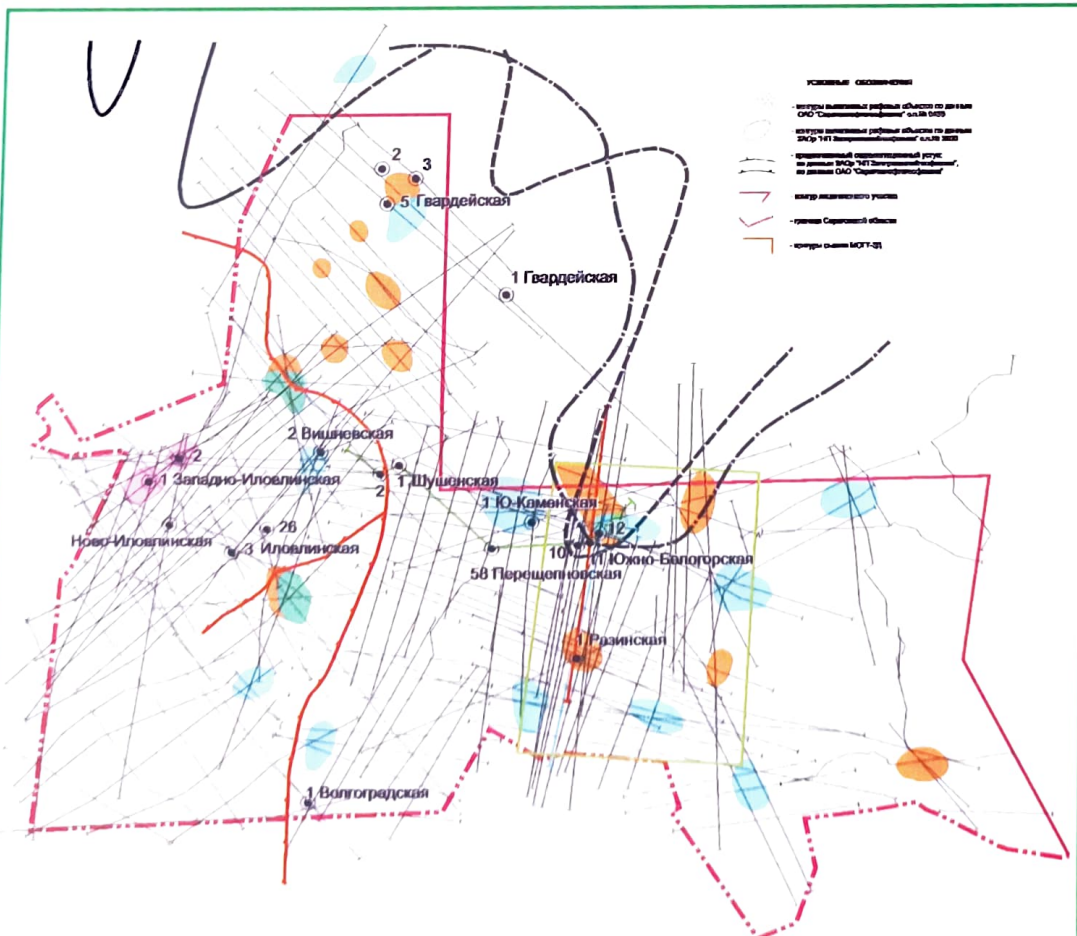


Рис. 1. Результаты поисков объектов типа «риф» на Иловлинско-Белогорском участке на 30.09.2002

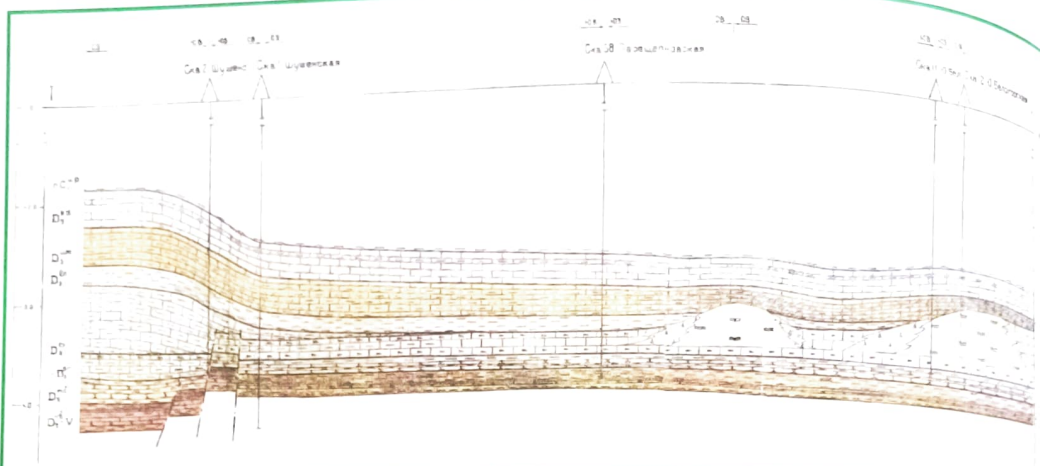


Рис. 2. Геологический профиль ОАО «Саратовнефтегеофизика» через внутрибассейновый Южно-Каменский и барьерный Южно-Белогорский рифовые объекты.

было дано в предыдущем номере журнала.

Официальные сроки действия поисковой лицензии на Иловлинско-Белогорском участке недр: с 30.09.1997 по 30.09.2002. На Южно-Белогорском участке работы были начаты раньше. С 1993 по 2000 год поиски рифовых объектов Белокаменного типа проводились силами ОАО «Саратовнефтегеофизика» (открыватель Белогорского, Лимано-Грачевского и Белокаменного рифовых объектов). Использовалась проверенная сейсморазведка МОГТ-2Д в комплексе с гравиразведкой масштаба 1:25000, электроразведкой ВЭЗ-ВП и ЗСМП по еденичным профилям через выявленные объекты совместно с тематическими обобщениями по «рифовому направлению». В результате работ были уточнены контуры седиментационного уступа девонского палеошельфа, подготовлены под бурение Южно-Белогорский, Вишневский, Западно-Иловлинский, Южно-Каменский объекты и выявлено ещё 12 мало-размерных объектов типа «риф» (рис. 1 – рифовые объекты, выделенные ОАО «Саратовнефтегеофизика», отмечены бирюзовым цветом, контур седиментационного уступа – пунктиром с точкой). Западно-Иловлинская структура трактовалась авторами не как риф, а как тектоническая структура древнего (девонского) заложения, унаследовано развивавшаяся и в каменноугольное время. В связи с недоизученностью в северном критическом направлении на объект представлен не паспорт, а рекомендация на бурение скважины 1-Западно-Иловлинской.

По результатам бурения в пределах Белогорского объекта были установле-

ны шельфовые условия карбонатного скопления ливенского времени, без признаков локального рифообразования. На Южно-Белогорской площади было подтверждено наличие седиментационного уступа ливенского времени образования результатами бурения профиля скважин №№ 10, 11, 12 – Южно-Белогорских. В скважине № 12 при испытании получены признаки углеводородов. Дополнительные работы ВСП в скважине № 11 и ВСП-ОГТ в скважине № 12 с тематическими поисками точки заложения следующей скважины с целью получения промышленной продукции результата не дали. По заключению специалистов ОАО «Саратовнефтегеофизика» скважина № 12 пробурена в оптимальных условиях и возможное увеличение амплитуды структуры на 10-15 м в северном направлении по профилю 0490180 не решит промысловых задач на объекте. По материалам ВСП-ОГТ крутой склон рифа расположен к северу от скважины № 12 (на удалении 750-800 м).

Основным признаком для выделения Вишневского рифа прогнозируемой высотой 800 м послужило наличие на нескольких временных разрезах положительных перегибов отражающих горизонтов, которые можно интерпретировать как структуру облекания-уплотнения над рифом. Самостоятельно тело рифа по динамическим признакам «высвечивается» неплохо в нижнем интервале карбонатного разреза и слабо вблизи предполагаемой кровли рифа. Стратификация отражений в зоне максимального развития мощностей ливенско-уметовской толщи условная и допускает различные трактовки. Высказывались предположения, что риф имеет меньшую седимента-

ционную высоту (до 300 – 400м), располагается в нижней части разреза карбонатного девона и может иметь в этом случае семилукско – саргаевский или семилукско – рудкинский возраст. Приуроченность рифа к мезозойско-каменноугольной Иловлинско-Родниковской инверсионной флекуре по аналогии с Макаровским и Алешниковским месторождениями Волгоградской области являлась обоснованием перспектив продуктивности объекта.

В 1995 году на основании паспорта ОАО «Саратовнефтегеофизика» пробурена скважина 2– Вишневская глубиной 3100 м, в которой рифовое тело установлено не было, продукции не получено. После проведения ВСП и пересмотра материалов в 1997 году в ОАО «Саратовнефтегаз» передана рекомендация на углубление скважины с целью опоискования семилукско-саргаевских отложений и на кривление ствола в северо-западном направлении по уточненному варианту интерпретации.

С целью минимизации рисков бурения «сухих» скважин на Вишневском рифе было проведено опытно-производственное опробование инновационной методики прямых поисков промышленных скоплений УВ средствами инфразвуковой технологии АНЧАР. В качестве эталона использовалось Иловлинское месторождение, на котором внятной аномалии АНЧАР не получено. Выявлено несколько аномалий геоакустического поля, две из которых хорошо совпали с контуром ВНК паспортного варианта рисовки

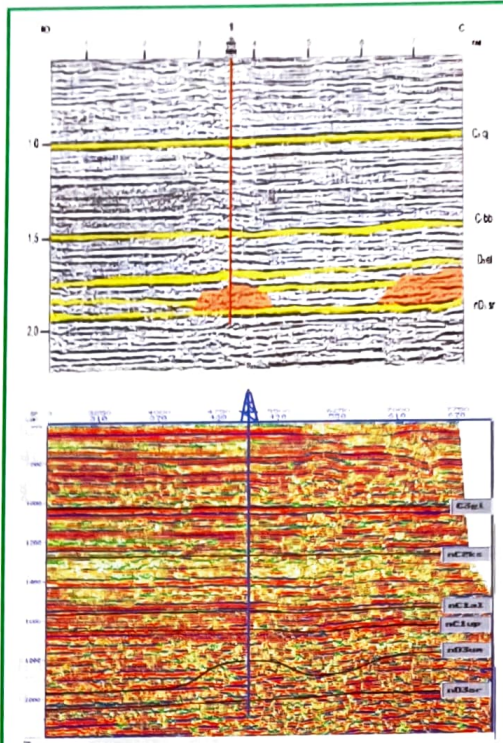


Рис.3. Волновые картины Разинского рифа (вверху) и Южно-Каменского рифа (внизу) на профилях палеообработки с точками рекомендованных к бурению скважин.

Вишневского рифа (Арутюнов и др., 1997). Для проверки северной аномалии АНЧАР и вскрытия рифа пробурена наклонная скважина 4 – Вишневская, которая подтвердила разрез скважины 2 – Вишневская и продукции не дала вопреки прогнозу АНЧАР. Однако, в 1998 году опубликована статья [10], в которой Вишневская и Восточно-Советская (продукции в контуре ано-

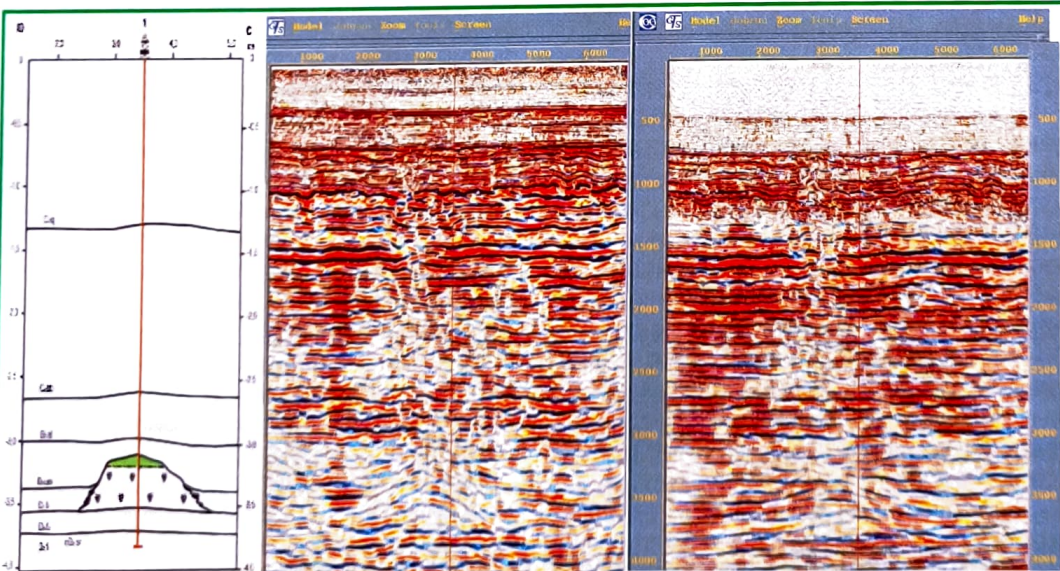


Рис. 4. Геологическая (слева) и геофизическая (справа) модель Разинского рифа в глубинном формате

малии АНЧАР тоже не получено) площади указаны в качестве примеров успешного применения технологии АНЧАР в Саратовской области.

В ходе поисков залежей в девонских отложениях на Западно-Иловлинской площади обнаружена промышленная залежь газа в двух нижнекаменноугольных пластах при бурении скважины №1. Поскольку продукция в карбоне связывалась со структурами облекания верхнефранских рифов, возникла необходимость проверки рекомендации ОАО «Саратовнефтегеофизика». С целью привлечения дополнительных материалов по профилям, отработанным волгоградскими организациями, все материалы по Западно-Иловлинской площади были переданы на экспертную оценку д.г.-м.н. Самойленко Ю.Н. Экспертная оценка представила паспорт на типично рифовый объект, аналогичный Памятно-Сасовскому рифу Волгоградской области, с указанием точки бурения скважины №2 (проектная глубина 3900 м). В результате бурения скважины рифа не обнаружено. Бурение прекращено при забое 2826 м. Скважина №2 Западно-Иловлинская оказалась за контуром газоносности и по каменноугольным пластам. Месторождение законсервировано.

В 2000 году по требованию заказчика из 13 выявленных объектов типа «риф» был выбран специалистами ОАО «Саратовнефтегеофизика» самый «надёжный» Южно-Каменский объект. Согласно паспорту он представляет органогенную внутривассейновую постройку высотой 185 м и площадью 2.4 км² по оконтуривающей изогипсе -3375 м (рис. 1, 2, 3).

Для повышения надежности выделяемых рифовых объектов была проведена массивная альтернативная переобработка и переинтерпретация материалов сейсмических партий 0493, 0196, 0498 ОАО «Саратовнефтегеофизика» в ЗАОр НП «Запприкаспий-геофизика», имеющем опыт выявления продуктивных рифовых массивов в Волгоградской области. Этому же предприятию был передан заказ на выполнение полевых работ с 2000 года, в связи с необходимостью опосредования восточной части Иловлинско-Белогорского участка, характеризующейся пересеченным рельефом и высокой залесённостью территорий, где применение тяжёлых виброустановок саратовцами признано невозмож-

ным. Волгоградцы имеют патент на более мобильную технологию полевых работ с применением малоомощных шпуровых зарядов. Переход на взрывной источник возбуждения в сочетании с технологией «палеообработки и интерпретации» должен был обеспечить прирост информативности и качества сейсморазведочных работ [11].

Альтернативная сейсморазведка волгоградцев усугубила неоднозначность региональных и локальных геологических и геофизических моделей. Были значительно изменены контуры седиментационного уступа девонского палеошельфа (рис. 1-штрих-пунктирный контур), закартирован разлом, захороненный в девоне и контролирующей Иловлинско-Родниковскую инверсионную флексуру. Геологические модели рифообразования и кинематики поисков имели «волгоградскую специфику и стратиграфические модели». Были выявлены 13 объектов типа «риф», совпадающих с саратовскими объектами только на Северо-Вишневской, Южно-Иловлинской и Южно-Белогорской площадях. Подготовлен паспорт на поисковое бурение Южно-Белогорской, Ново-Белогорской Разинской рифогенных структур (рис. 1 «волгоградские рифы» показаны коричневым цветом). Экспертная оценка волгоградцев отрицала наличие Южно-Каменского рифа, а саратовские специалисты не видели Разинского объекта на сейсмических волновых картинах в обработке (палеообработке) их конкурентов (рис. 3). Из рисунка 3 очевидно, что структура волновых полей объективно одинаковая. Рисунок (корреляция) рифовых объектов и их интерпретация имеет субъективную причину (человеческий фактор). При этом обе организации основным признаком выделения рифовых массивов на сейсмической записи считают наличие слабо выраженных перегибов по вышележащим горизонтам, связываемых со структурами уплотнения-облекания над рифами. На отдельных временных разрезах отмечаются слабо выраженные динамические аномалии (или зоны ухудшения прослеживаемости), связанные с телами рифов, а также и другие признаки (различные наклоны осей синфазности в обрамлении рифов, ухудшение прослеживаемости в подрифовых отложениях, трактующиеся как «зоны деструкции» цокольного блока, ограниченного тектоническими разломами и т.д.). Постоянно

Экспертной переобработкой ООО "Геотехсистем" с использованием процедуры глубинной миграции с "погружением" (пересчет сейсмограмм на уровень ниже первой жесткой границы [13]) визуально подтверждено существование Разинского рифа (рис. 4). Получены глубинно-динамические разрезы, на которых более четко "высветились" тело рифа, структура обложения над ним и клиноформенная слоистость в толще компенсации вблизи рифа. Различие левого и правого геофизического изображения определяется глубиной переобработки исходных записей ОПВ (от частичной до полной). Критерием оценки достоверности скоростной модели не смогли воспользоваться в связи с отсутствием базы параметров скорости по рифовым объектам Саратовской и Волгоградской областей, хотя по параметру скорости модель требовала доработки.

В пределах предполагаемой сводовой части Южно-Каменского объекта в 2001-2002 гг. пробурена поисковая **скважина 1-Южно-Каменская**, достигшая забоя 3986 м и вскрывшая кровлю муллинских отложений. Скважина по условиям местности задана как наклонная, с отклонением забоя от устья на 316 м по дирекционному углу 261°. Скважиной установлено отсутствие в разрезе рифогенных известняков евлановско-ливенского возраста, вскрытие которых предполагалось по проекту на глубине 3345 м. Вместо них вскрыты глинисто-карбонатные депрессионные отложения задонского, волгоградского и евлановско-ливенского горизонтов мощностью более 300 м. Кровля евлановско-ливенского горизонта вскрыта на глубине 3611 м. Признаков нефтегазоносности во вскрытом разрезе не установлено. Сопоставление данных сейсморазведки и бурения по глубинам вскрытия основных отражающих горизонтов показывает, что по отложениям перми и карбона расхождение составляет 40-90 м и обусловлено неточностями определения скоростей. Расхождение по нижележащим горизонтам обусловлено **отсутствием рифа** (ошибка в геологической модели - рис. 2). Разрез депрессионных отложений аналогичен разрезу по скважине 58-Перещепновская. Подошва саргаевских отложений вскрыта на глубине 3828 м. Скважина ликвидирована по геологическим причинам.

Бурение **скважины 1-Разинского** прекращено по достижении глубины 3800 м (при проектной глубине 4000 м) в связи с вскрытием тиманско-пашинских отложений верхнего девона. Скважина вскрыла глинисто-карбонатные отложения депрессионного типа, предположительно евлановско-ливенскими отложениями суммарной мощностью 227 м. Кровля евлановско-ливенских отложений вскрыта на глубине 3742 м (на 462 м ниже данным сейсморазведки). Рифогенные известняки в разрезе скважины отмечены. Налицо **ошибка рифогенных отложений**. Интересно, что по аналогии с Памятно-Саргаевским месторождением, в структуре обложения-уплотнения рифа предполагали «ограниченные скопления газа в бобриковских отложениях» без перспективных ресурсов в силу незначительности. В процессе бурения была обнаружена газонефтяная залежь в нижнекаменноугольных отложениях (бобриковский горизонт), скорее всего связанная с литолого-стратиграфической ловушкой. Амплитуда структурной ловушки, судя по структурной карте, превышает 10 м, размеры небольшие – 0,3х0,3 км, по замкнутому изогипсу –2630 м. В скважине было произведено опробование бобриковских отложений пластоиспытателем в скважинах, с выводом флюида на поверхность. Дебит газа составил 98,7-234 тыс.м3/сут и нефти – 22,1-60,5 м3/сут на 6-10 мм штуцере. Это нефтегазовое месторождение упоминается в литературе как успех в статье [11] и характеризуется по типу залежи, по типу флюида и по генезису объекта прогноз не подтвердился.

В 2002 году ЗАО «Запприкаспийский геофизик» выполнены полевые сейсмические наблюдения 3D на участке Иловлинско-Белогорском участке площадью 50 кв.км. в пределах Разинского и Южно-Белогорской структур (законченный контур на рис. 1). Углубленная обработка и интерпретация этих материалов выполнена в 2003 году в филиале ОАО «Сиданко» в городе Саратове (СНТЦ) с использованием обрабатывающих пакетов ECHOS/Fokus 2D/3D и Power 2D/3D («Paradigm Geophysical»). Детально изучена площадь работ сейсмической разведки МОГТ-3D с построением трехмерной глубинно-динамической

модели, по основным прослеженным отражающим горизонтам составлены карты М 1:10 000 и М 1:25 000, глубинные сейсмогеологические и динамические разрезы, построены погоризонтные срезы куба и карты полей сейсмических атрибутов.

По кровле евлановско-ливенских отложений выделена Южно-Разинская структура. Она расположена в юго-западной части площади сейсморазведочных работ 3D. Структура предположительно рифового генезиса внутрибассейнового типа.

Выделение Южно-Разинской рифогенной постройки основано на следующих критериях:

- фиксация в волновом поле на сейсмических разрезах четкой динамической аномалии на уровне средневерхнефранских отложений (эффект «серого» пятна);
- наличие структуры облекания (уплотнения) в вышележащих горизонтах;
- наличие на временных разрезах ложных антиклинальных перегибов (псевдоцоколей) по отражающим горизонтам в подрифовой толще, возникающих в случае терригенного состава вмещающих пород;
- наличие наклонных осей синфазности на участках склонов рифового тела и т.д.

Морфологическая высота постройки около 350 м. По кровле «елецкого резервуара» D3e1 над Южно-Разинским рифом выделяется структура облекания амплитудой 50 м. На структурной карте по кровле бобриковских отложений C1bb Южно-Разинскому объекту соответствует локальная изолированная структура, которая совпадает с зоной резкого увеличения толщин бобриковских песчаных отложений. Литологический фактор в сочетании со структурным фактором обусловил образование крупной комбинированной ловушки.

Анализ полученных материалов показывает, что скв. 1 - Разинская, которая была заложена по материалам сейсморазведки 2D, попала в межрифовое пространство. Разинское месторождение приурочено к песчаному телу небольших размеров, совпадающему со структурным носом, раскрывающимся в западном направлении.

Таким образом, в результате проведения сейсморазведки 3D получены следующие новые геологические результаты:

- уточнено строение Южно-Белогорской структуры, апикальная часть которой расположена северо-западнее площади работ;
- Ново-Белогорская структура по данным сейсморазведки 3D не подтвердилась;
- в пределах Южно-Разинской структуры выявлены рифогенная ловушка в верхнефранских отложениях девона и структурно-литологическая ловушка в визейских отложениях карбона;
- определено новое направление работ по поиску нефтеперспективных объектов структурно-литологического типа в терригенных отложениях карбона.

Полученная геолого-геофизическая информация позволила создать более полную геологическую модель строения и выдать паспорт на подготовленную к бурению Южно-Разинскую структуру.

Интерпретация сейсмических материалов по кубу сейсмических данных 3D обеспечила как литофациальное прогнозирование средневерхнефранского комплекса карбонатного девона, так и изучение геометрии надрифовых и подрифовых границ.

По результатам ГРП Иловлинско-Белогорского участка в 2003 году составлена рекомендация по дальнейшему изучению «рифового направления» в девоне и русловых ловушек в карбоне (рис.5) средствами сейсморазведки МОГТ-3Д, которая не была реализована в связи с окончанием срока поисковой лицензии.

Своевременная реализация рекомендаций по проведению сейсморазведки МОГТ-3Д с 2001 года [11, 12] позволила бы сократить сроки открытия и разведки Лугового месторождения [15], снизить затраты ГРП за счёт предотвращения бурения «сухих» скважин на Южно-Каменской, Разинской, Ново-Иловлинской, Татьянинской площадях и повысить геологическую эффективность СФИ за счёт использования правильного инструмента изучения малоразмерных стратиграфических, литологических и рифовых объектов [14]. Безусловное выполнение отраслевых стандартов СФИ служит гарантией обеспечения требуемого качества работ «рифового направления».

История «рифового направления» имеет счастливый конец в виде откры-

тия Лугового месторождения [15], но в рамках расширения – преобразования Иловлинско-Белогорского в Каменский лицензионный участок недр. Контур Каменского ЛУ практически совпадает с контуром расширения границ Иловлинско-Белогорского участка по рекомендации 2003 года и показан на рисунке 5. Поисковые работы проводились ЗАОр НП «Запприкаспийгеофизика» с учётом опыта и накопленной геолого-геофизической информации, включая 3Д-съёмку на Иловлинско-Белогорском ЛУ, как на опорном полигоне. Это и послужило базой открытия, так как позволило обойти негатив «локутной геологии» о котором мы писали в части 1 данной статьи. Но это уже другая история, частично освещённая открывателями Лугового месторождения в Санкт-Петербурге на международной конференции с символическим названием: «К новым открытиям через интеграцию геонаук» [16].

В заключении авторы благодарят геологическую службу ОАО «Саратовнефтегаз» за разрешение на публикацию материалов геологического изучения Иловлинско-Белогорского участка в виде рисунков.

Список литературы:

1. Ампилов Ю.П. От сейсмической интерпретации к моделированию и оценке месторождений. Центральное издательство геофизической литературы "СПЕКТР", 2008.
2. РД 153-39.0-047-00 -Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. М., МПР РФ, 2000.
3. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений - в 2 ч. - М., ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003.
4. Методические рекомендации по подсчёту геологических запасов нефти и газа объёмным методом. под ред. В.И. Петерсилье и др., Москва-Тверь, 2003.
5. Техническая инструкция по наземной сейсморазведке при проведении работ на нефть и газ. ЕАГО, М., 1999.
6. Методические рекомендации по применению пространственной сейсморазведки 3D на разных этапах геологоразведочных работ на нефть и газ. М., 2000.
7. Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления материалов сейсморазведки 3D на Государственную экспертизу запасов нефти и горючих газов, М., 2002.
8. Методические рекомендации по извлечению данных сейсморазведки (3D) для подсчёта запасов нефти и газа. М., 2006.
9. Методические рекомендации по извлечению данных сейсморазведки для подсчёта запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостями трещинно-кавернового типа (авторы: В.Б. Левянт, И.Ю. Хромова, Е.А. Косов, И.Н. Керусов, Д.Е. Кашеев, В.В. Копеев и Н.Я. Мармалевский), М., 2010.
10. Арутюнов С. Л., Кирсанов М.В. и др. «АНЧАР» – эффективная геофизическая технология поисков и разведки нефти и газа (результаты применения на Оренбургской и Саратовской областях).// конференция памяти В.В. Шаева, Саратов, 1998.
11. Кобылкин И.А., Голиченко А.М., Андреев Г.Н. и др. Повышение геологической эффективности сейсморазведочных работ в Нижнем Поволжье // Тезисы докладов регионального совещания «Основные направления геологоразведочных работ в Поволжско-Прикаспийском регионе на 2002 год и последующие годы», Саратов, 2002.
12. Феоктистов А.В. Основные направления повышения эффективности геологоразведочных работ в современных условиях. // Тезисы докладов регионального совещания «Основные направления геолого-разведочных работ в Поволжско-Прикаспийском регионе на 2002 год и последующие годы», Саратов, 2002.
13. Глоговский В., Лангман С., Фиников В. Погружение волнового поля - альтернатива миграции до суммирования. // нефтегаз. № 1- 1998.
14. Никитин Ю.И. К обоснованию разведочных работ в старейших нефтегазодобывающих районах Нижнего Поволжья.// Недра Поволжья и Прикаспия, вып.47, август 2006.
15. Лавренченко Ю., Балыков О. Открытие Лугового месторождения-самое крупное в Саратовской области. // «Курс Русского проекта», апрель 2009.
16. Андреев Г.Н., Прудаева В.В., Наумов С.В., Словогородский И.П. Эффективность процедуры палеообработки на примере открытия Лугового месторождения на Нижней Волге.// Тезисы докладов международной научной конференции «К новым открытиям через интеграцию геонаук», Санкт-Петербург, 2010.