

Модель Озинской структуры по подсолевым горизонтам во внутренней части Прикаспийской впадины Саратовской области

■ Зуб Е.А., АО «НВНИИГГ», г. Саратов

Подсолевые отложения северо-западной части Прикаспийской впадины остаются слабоизученными глубоким бурением из-за высокой стоимости строительства скважин при больших глубинах залегания данных отложений. Тем не менее, поиск подсолевых нефте-газо-перспективных структур данной территории является одним из основных направлений, поскольку по подсолевым отложениям возможно обнаружение средних и крупных месторождений УВ, связанных с объектами рифогенного типа.

В пределах Саратовского сегмента Прикаспийской впадины на Озинской площади в 2006-2007 гг. были выполнены сейсмические работы методом ВП ОГТ (высоконаправленная поляризационная модификация ОГТ), которые позволили выделить подсолевую Озинскую структуру, предположительно рифоподобного типа, по девонско-башкирским отложениям и надверейской толще. Однако, из-за недостаточной плотности сети профилей (8 профилей ВП ОГТ и 6 профилей ОГТ 1986 г.), а так же недостаточной протяженности меридиональных профилей в северном направлении, требовалось уточнение конфигурации структуры, характера ее северного погружения. Сейсмоэлектроразведочные работы на данной территории были продолжены в 2009-2011 гг. Плотность сети профилей была увеличена (26 новых профилей), а так же увеличена протяженность меридиональных профилей в северном направлении, что позволило уточнить строение Озинской структуры, подтвердить наличие ее северного погружения, выделить региональное широтное разрывное нарушение на северном окончании структуры.

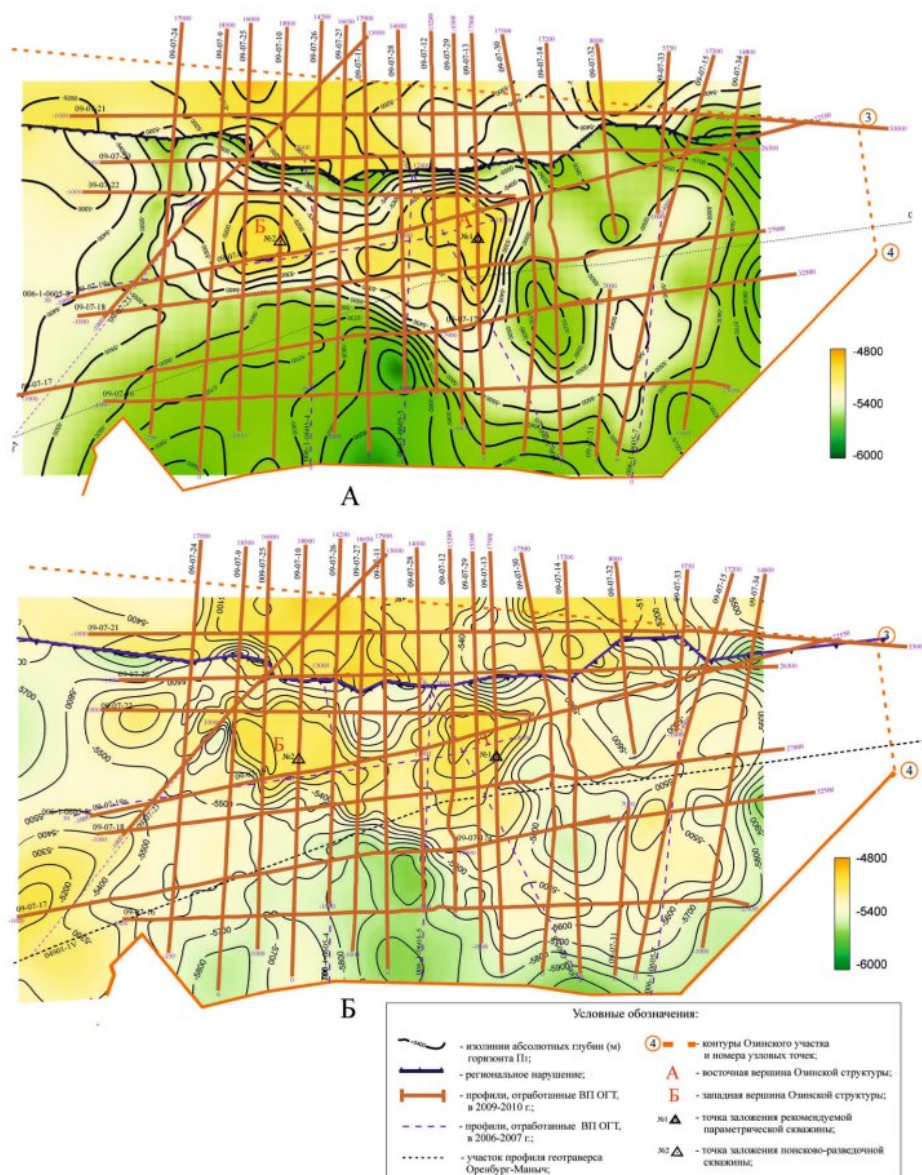
Граф обработки в сравнении с работами 2006-2007 гг. претерпел изменения незначительно. Предварительно была проведена специализированная обработка данных ВП ОГТ, которая заключалась в преобразовании двухкомпонентных сейсмограмм (реализация высоконаправленного приема). Граф обработки включал в себя все основные процедуры, включая: предсказывающая деконволюция, различные многоканальные фильтры, детальная коррекция статических и кинематических сдвигов, миграция Кирхгоффа. В результате обработки были получены качественные временные разрезы по всем профилям с надежной корреляцией всех целевых горизонтов. Примеры приведены в предыдущей статье [2].

В статье [2] рассмотрена методика определения интервальных скоростей на базе программного комплекса SUMSKOR (разработка НВНИИГГ), которая обеспечивает достаточно точное определение интервальных и средних скоростей в надсолевой части разреза, включая соленосную толщу, с погрешностью $\approx 3\%$ до подошвы соли.

Это обеспечивает достаточно достоверные структурные построения (карты) по подсолевым горизонтам на основе глубинных построений.

С помощью этой методики были получены интервальные скорости по всем основным литолого-стратиграфическим комплексам. Коррелируемые горизонты получили ориентировочную стратиграфическую привязку на основании данных близлежащих скважин и характера самих волновых полей временных разрезов:

1 горизонт - nJ - подошва юрских отложений;



▲ Рис. 1. Структурные карты по сейсмическому горизонту P_1 (по подошве соли): А) построенная по глубинным разрезам; Б) построенная в результате перемножения карты t_0 ($t_0/2$) и карты средней скорости до горизонта P_1 .

2 горизонт - l_p - поверхность соленосной толщи;

3 горизонт - P_1 - подошва соленосной толщи;

4 горизонт - P_2' - кровля терригенных отложений среднего карбона (кровля верейско-мелекесских отложений);

5 горизонт - P_2 - кровля карбонатных отложений среднего карбона (кровля башкирских отложений)

6 горизонт - P_3 - кровля терригенного девона.

В дальнейшем полученные результаты интервальных скоростей были использованы для построения глубинных разрезов.

Для наиболее достоверных структурных построений очень важно точное знание средней скорости до первого подсолевого горизонта P_1 , от которой во многом зависит проявление или отсутствие структуры по горизонту P_1 на глубинных разрезах.

В принципе структурные построения по

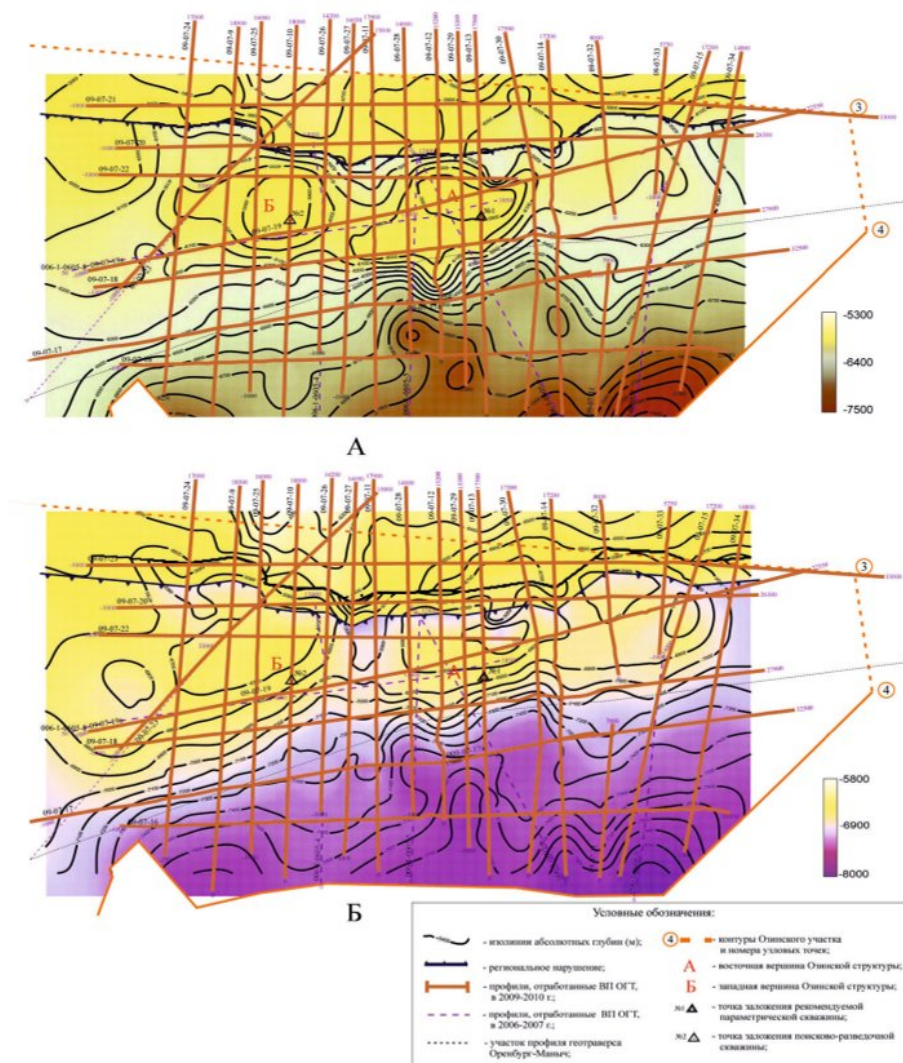
горизонту Π_1 могут быть выполнены следующими способами:

- трансформация временных разрезов в глубинно-динамические разрезы и построение структурной карты на основании этих глубинно-динамических разрезов;

- построение карты t_0 по временным разрезам и карте средних скоростей до горизонта Π_1 , затем программным путем осуществить переход на структурную карту, минуя построения глубинных разрезов;

- построение карт по глубинным разрезам.

Как показано в статье [2], в условиях развитой солянокупольной тектоники глубинно-динамические разрезы, как правило, представляются сложными интерферируемыми волновыми полями с артефактами дифрагированных осей синфазности, по которым не представляется возможным выполнить качественную и достоверную корреляцию подсолевых горизонтов. Поэтому их применение для структурных построений в данных



▲ Рис. 2. Структурные карты: А) построенная по поверхности сейсмического горизонта Π_2 (поверхность девонско-башкирского карбонатного комплекса отложений); Б) построенная по поверхности сейсмического горизонта Π_3 (поверхность терригенных девонских отложений).

условиях затруднительно.

Другие два способа структурных построений в полной мере удовлетворяют данным сейсмогеологическим условиям и с их помощью можно получить достаточно достоверные структурные карты. В данной статье приведены результаты построений до горизонта по P_1 этими двумя способами (Рис. 1).

При сравнении построенных карт отмечается высокая степень их соответствия друг другу. Так на обеих картах отмечаются: обособленные структуры, а так же вершины (А и Б) с амплитудой порядка 300 м; четкое северное погружение структуры, ограниченное разрывным нарушением. Ориентировочная площадь структуры на Рис. 1А составляет $\approx 70 \text{ км}^2$, а на Рис. 1Б $\approx 65 \text{ км}^2$. Сопоставление этих карт в определенной степени повышает достоверность существования выделенной структуры по P_1 .

Тем не менее, в качестве основного способа построения структурных карт на Озинской площади выбран вариант с использованием глубинных разрезов, который позволяет более надежно выполнить построения карт по горизонтам P_2' – P_3 .

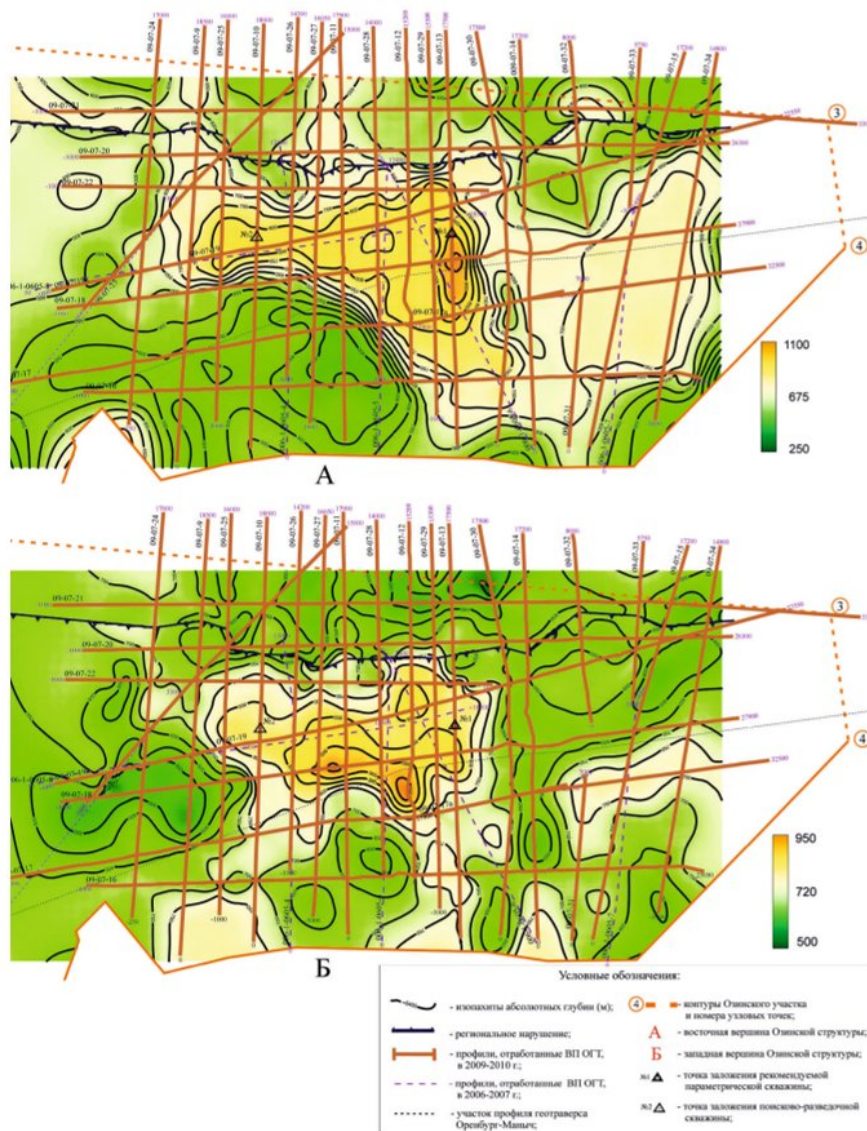
Рассмотрение структурной карты по P_1 (Рис. 1А) показывает следующее.

На карте четко обособлены вершины Озинской структуры: восточная А и западная Б. Не вызывает сомнения существование ее северного погружения, которое ограничивается с севера региональным нарушением и приподнятым блоком по подсолевым горизонтам. Структура вытянута в широтном направлении, т.е. соответствует ориентации бортового уступа Прикаспийской впадины. По замкнутой изолинии – 5400 м, контролирующей основное ядро структуры, площадь составляет около 70 км^2 с амплитудой 300 м. Выделенные вершины А и Б

представляют интерес с позиций обнаружения ловушек УВ в нижнепермских отложениях.

Структурные карты по горизонтам P_2' и P_2 совпадают и соответствуют структурному плану строения горизонта P_2 (кровли башкирских карбонатных отложений) в наиболее приподнятой его части. Поскольку в основу модели терригенных отложений верейско-мелекесской толщи положено существенное сокращение мощности в северном и восточном направлениях, вплоть до ее выклинивания на приподнятой части структуры по P_2 , поверхность этих отложений (горизонт P_2') выделяется с юга примерно до широтного профиля 09-07-18, севернее горизонт P_2' отсутствует и на карте по горизонту P_2' отображается поверхность P_2 – кровля башкирских карбонатных отложений (Рис. 2А). При этом допускается возможность существования незначительной мощности (менее 50 м) терригенных отложений в северной части структуры над горизонтом P_2 .

Рассмотрение карты по горизонту P_2 (Рис. 2А) показывает следующее. По отношению к карте по горизонту P_1 Озинская структура на карте по P_2 сохранила свое положение с видоизменением своей конфигурации. Структура стала более пологая. Разрывное нарушение, проходящее вдоль северного погружения структуры, и его северный приподнятый блок так же надежно прослеживаются. Вершины А и Б имеют то же самое положение, что и на карте по P_1 . Эти вершины объединяет незамкнутая изолиния – 6200 м, обособляя собой карбонатную площадку широтного простирания. Последняя замкнутая изолиния, объединяющая обе вершины, является изолиния – 6100 м. По этой изолинии площадь структуры оценивается в 60 км^2 , амплитуда структуры по P_2 составляет 200 м.



▲ Рис. 3. Карты мощности: А) построенная по интервалу P_1-P_2' (надверейского комплекса отложений); Б) построенная по интервалу P_2-P_3 (девонско-башкирского комплекса отложений).

Структурная карта по горизонту P_3 , которая соответствует поверхности терригенного девона (Рис. 2Б), отличается от вышеописанных карт ее размытостью. Здесь отмечается общая приподнятая зона широтного простирания. Вершины А и Б соответствуют по положению одноименным вершинам на структурных картах по горизонтам P_1 и P_2 , но они несколько обособлены друг от друга на карте P_3 .

Незамкнутая изолиния -6900 м оконтуривает всю приподнятую зону горизонта, в пределах которой выделяется несколько замкнутых изолиний (структурных ослож-

нений), включая и вершины А и Б. Наименьшая глубина залегания по вершинам А и Б составляет -6700 м, амплитуда этих вершин составляет 100 м.

Дополнительную информацию в целом о строении рассматриваемого объекта несут карты изопакит по интервалам горизонтов P_1-P_2' и P_2-P_3 , проиллюстрированные на Рис. 3.

Карта мощности по надверейской толще, которая представлена преимущественно нижнепермскими отложениями (Рис. 3А), характеризуется локальным разрастанием ее мощности в пределах

выделения Озинской структуры по горизонту P_1 .

Максимальная мощность толщин, фиксируемая на карте, составляет 900 м, но эта изопахита локальна и охватывает небольшую площадь распространения в пределах вершины А по профилю 09-07-13. Большую площадь охватывает изопахита 800 м, в которую попадают вершины А и Б по горизонту P_1 .

Локальное разрастание мощности надверейской толщи (P_1 - P_2') в пределах Озинской структуры является одним из значимых признаком определения рифо-подобной постройки в пределах этой структуры по рассматриваемой толще.

По карте мощности P_2 - P_3 девонско-башкирских отложений (Рис. 3Б) также отмечается локальное разрастание мощности, соответствующее местоположению Озинской структуры по горизонту P_2 . Изопахита, которая охватывает площадь, включающую обе вершины А и Б, составляет 800 м.

Анализ карт по горизонтам и карт мощностей позволил выделить следующие особенности.

По горизонтам P_1 , P_2 выделены структуры, а так же локально-приподнятая поверхность по горизонту P_3 , которая по местоположению совпадает с Озинской структурой по горизонтам P_1 , P_2 . Амплитуда структуры снизу вверх возрастает от 100 м по горизонту P_3 до 200 м по P_2 и 300 м по P_1 . В пределах структур толщины девонско-башкирского и надверейского комплексов локально возрастают от 500 м на периферии до 800 м. Выделенные особенности указывают на рифогенный характер образования структур по обоим карбонатным комплексам. В нижне-франское время по горизонту P_3 эта приподнятая зона предположительно являлась "цоколем" для рифообразования в девонско-башкирское время. Структура, выделенная по горизонту P_2 , в свою оче-

редь, служила "цоколем" для рифообразования в нижепермское время.

Предполагается, что в региональном палеоплане Озинский участок по подсолевым осадочным комплексам расположен в приподнятом блоке осадочного чехла. Это отмечается сокращением мощности среднекаменноугольного терригенного комплекса пород с 1500 м до 600-200м. Данное утверждение отмечено в работах, проведенных по Саратовскому сектору Прикаспийской впадины, и, в частности, подтверждено результатами интерпретации регионального профиля Оренбург-Маньч, проходящему во внутренней части Прикаспийской впадины вдоль бортового уступа.

При анализе волновых полей в пределах близлежащих скважин №1 Черная Падина (расстояние до Озинского участка ≈ 200 км), №2 Ю. Алтатинская (расстояние до Озинского участка ≈ 50 км) отмечаются следующие тенденции с перемещением с запада на восток. Происходит постепенное сокращение терригенной верейско-мелекесской толщи. Так в разрезе по скв. №1 Черная Падина временная мощность составляет около 500 мс. При перемещении в восточном направлении в пределах скв. №2 Ю. Алтатинская мощность составляет ориентировочно 200 мс. При подходе к Озинскому участку мощность составляет 100-50 мс, а в пределах самой структуры возможно и полное выклинивание терригенной толщи. И наоборот, карбонатные отложения ниже-пермского и девоно-башкирского возраста постепенно увеличиваются по временной мощности в последовательности 50-100 мс в районе скв. №1 Черная Падина, 200-250 мс в районе скв. №2 Ю. Алтатинская и в пределах Озинской зоны. Это подтверждается и данными скважин. Если по скв. №1 Черная Падина мощность нижепермских отложений составляет 170 м, то

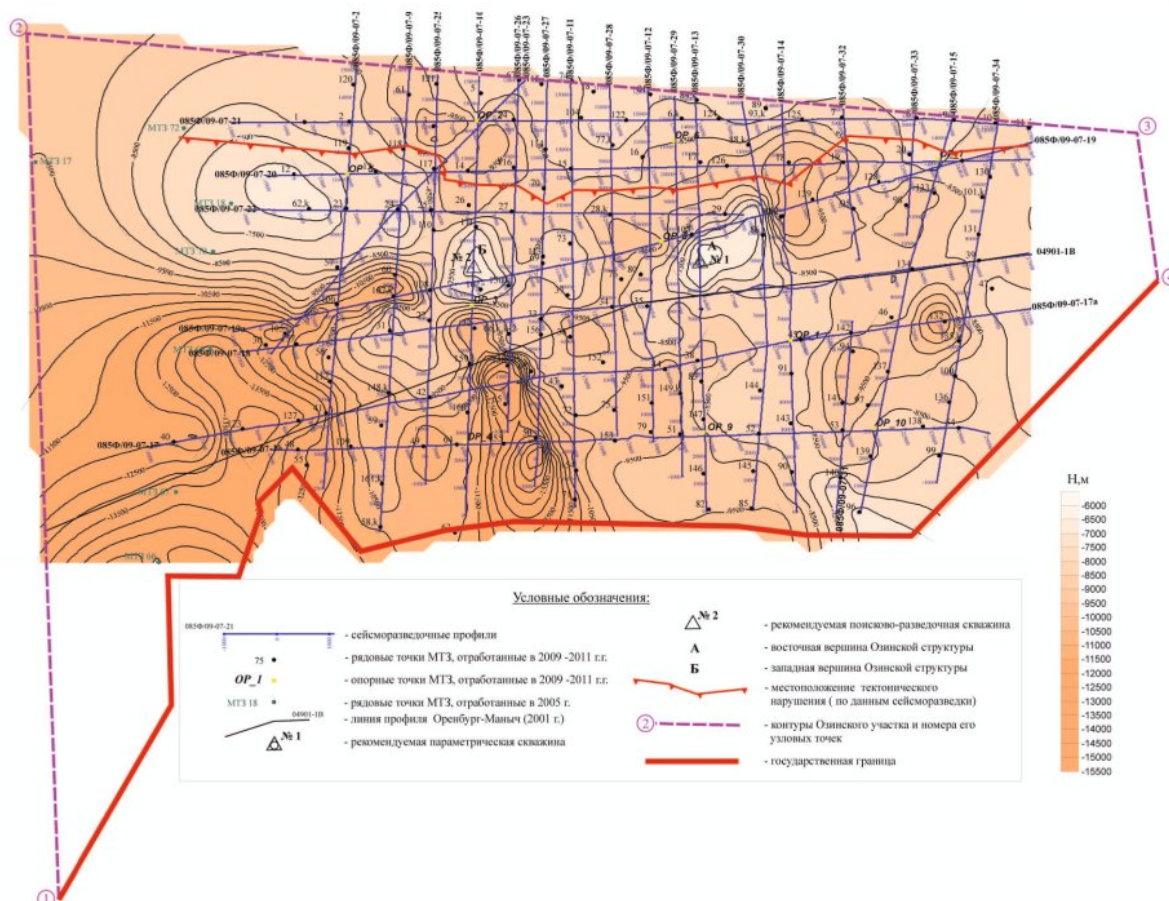
восточнее на 150 км по скв. №2 Ю. Алтинская вскрыта толща нижнепермских отложений мощностью 570 м.

Полное (частичное) выклинивание среднекаменноугольного терригенного комплекса отложений может свидетельствовать, о существовании перед терригенной седиментацией положительного палеорельефа. В пользу этого также свидетельствует увеличение мощности карбонатного комплекса, в частности, в пределах самой структуры.

Линия тектонического нарушения на картах мощности не находит своего отражения в перепаде толщин на границе блоков. Это может свидетельствовать о том, что тектонический сброс мог сформироваться (или подвижки по нему могли возобновиться) после раннепермского этапа карбонатного осадконакопления.

На карте по поверхности кристаллического фундамента (Рис. 4), составленной по данным электроразведки МТЗ, местоположению западной (Б) и восточной (А) вершин структуры соответствуют выступы фундамента (-7000м). С севера выступы ограничены прогибом с погружением поверхности фундамента на 150-250 м, что отражает возможное проявление тектонических подвижек. Можно предполагать, что тектоническое нарушение, скорее всего, сформировалось одноактно после раннепермского этапа карбонатного осадконакопления.

Что касается выступов фундамента, то следует полагать, что на цокольном основании приподнятого блока фундамента на протяжении среднефранского-раннебашкирского времени создавались благоприятные условия для формирова-



▲ Рис. 4. Карта поверхности кристаллического фундамента по данным электроразведки МТЗ (по данным Соколовой И.П.)

ния карбонатной постройки с локальными структурными осложнениями по кровле нижнебашкирских отложений P_2 .

Восточнее Озинского объекта, приблизительно в 230–250 км, находится крупнейшее нефтегазоконденсатное месторождение Карачаганак, приуроченное к внутренней прибортовой зоне Прикаспийской впадины.

Это месторождение очень хорошо изучено как в плане бурения, так и геофизическими методами (сейсморазведка МОГТ 2D и 3D, электроразведочные работы ЗСБ, гравиразведка). Само месторождение приурочено к крупному рифовому массиву.

Сравнивая основные отличительные черты месторождения Карачаганак и Озинской структуры можно отметить сходство двух объектов:

- наличие развитой соляно-купольной тектоники;
- продуктивная толща месторождения Карачаганак приурочена к палеозойским отложениям ниже-пермского, средне-нижне каменного угольного возрастов;
- близкий литологический состав пород, слагающих толщу (для Озинского участка результаты по близлежащей скв. №2 Ю. Алтатинская);
- близость расположения в географическом плане.

Подводя итоги выполненного анализа можно выделить следующий ряд особенностей, характерных для Озинской зоны: сокращение мощности терригенных верейско-мелекесских отложений в направлении с запада на восток (№1 Черная падина $\approx$ 1500 м - Озинская зона $\approx$ 200 м); увеличение амплитуды структур снизу в верх (P_3 - 100 м, P_2 - 200 м, P_1 - 300 м); четкая локализация увеличенных мощностей карбонатных отложений по

интервалам P_2 - P_3 и P_1 - P_2' ; соответствие вершинам А и Б приподнятых блоков по фундаменту (данные МТЗ). Это свидетельствует о приподнятой части рельефа дна в палеовремя в пределах Озинской структуры, поэтому при формировании карбонатных комплексов, наиболее вероятно, преобладал седиментационный характер осадконакопления в условиях мелководья и образование рифоподобных объектов. Все это позволяет рассматривать прогнозируемый объект как перспективный на наличие углеводородов.

Литература:

1. Зуб Е.А., Куколенко О.В. Роль скоростного анализа при глубинных и структурных построениях в условиях развитой соляно-купольной тектоники на примере прикаспийской впадины. Тезисы международной научно-практической конференции «Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития» (г. Красноярск) 2014 г.
2. Куколенко О.В., Воробьев В.Я., Писаренко Ю.А., Соколова И.П., Зуб Е.А. Оценка возможности выделения нефтегазоперспективной структуры по подсолевым горизонтам во внутренней части Прикаспийской впадины в Озинской зоне Саратовской области. Геология нефти и газа. 2011 г.