

А.Н. Светлакова, В.Г. Лунев¹, А.Г. Соколов²

СТРОЕНИЕ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА ПО ДАННЫМ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ «МЕДНОГОРСКИЙ»

В середине 80-х годов Оренбургской геофизической экспедицией отработан региональный профиль через Предуральский прогиб в субширотном направлении через города Оренбург и Медногорск (рис.). Профиль проложен от Оренбургского вала, который разбурен большим количеством скважин, на восток-юго-восток и пересекает западный борт прогиба, центральную его часть, восточный борт прогиба и далее — зону сочленения Предуральского прогиба и Сакмарского антиклинория. Ниже предлагается вариант интерпретации западной — Предуральской части этого профиля.

В основу современных представлений о геологическом строении региона положены данные геолого-съёмочных и геофизических работ. Анализ основных результатов этих исследований позволяет использовать следующую информацию:

— западная граница Предуральского прогиба фиксируется очень четкой гравитационной ступенью субмеридионального простирания, совпадающей с тектоно-седиментационной ступенью в артинских отложениях, которая была подтверждена прошлыми сейсмическими работами и скважинами.

— восточная граница Предуральского прогиба четко фиксируется разрывными нарушениями (надвигами), фронты которых отмечаются по западному краю выходов нижнепермских (кунгурских) отложений на дневную поверхность (скв. 71);

— в районе восточного окончания регионального профиля на дневную поверхность выходят породы от ордовика до современных осадков;

— Западно-Уральская складчатая область характеризуется линейной складчатостью субмеридионального простирания, осложненной многочисленными нарушениями типа взбросов и надвигов.

Медногорский региональный профиль МОГТ в опытном порядке отработан способом продольного профилирования с использованием центральной и фланговой схем наблюдений. При центральной схеме с кратностью 48 приборов длина годографа составляла 2400 м ($X_{\max} = 2400$), интервал возбуждения — 50 м; объем 68 км (пикеты от минус 12 до плюс 677,5 км). С интервалом возбуждения 25 м отработано 11,2 пог. км профиля от пикета 678 до 790, при этом расстановка равнялась 1200 м ($X_{\max} = 1200$ м). При фланговом наблюдении интервал возбуждения составил 25 м, кратность наблюдения 48, объем 59,8 пог. км (пикеты

772–1414,5). Длина записи составляла 8 с. В результате опытных работ была выбрана фланговая система обработки профиля. В процессе отработки из-за отсутствия информации длина записи была уменьшена до 6 с. Фактически кондиционный материал наблюдается не более чем до 3,5 с, иногда до 4 с (см. рис).

Материал обрабатывался на цифровых вычислительных машинах по современным графам. Стандартный граф включал прогнозирующую деконволюцию сейсмических трасс с переменными по латерали и глубине параметрами. На заключительном этапе с целью улучшения отношения сигнал/помеха временной разрез подвергался когерентной фильтрации, а для улучшения геометрии отражающих границ выполнено миграционное преобразование. Для западной части профиля, где правомерно использование материалов скважины 110 Предуральская, получены разрезы ПАК и ЭКО, а для всего профиля — разрезы мгновенных амплитуд и фаз. Набор полученной информации использовался для уточнения стратиграфии отражающих горизонтов в западной части профиля.

Скоростная граница верхней части разреза изучалась по методу преломленных волн (МПВ). Скорость в зоне малых скоростей (ЗМС) изменяется в пределах 400–1100 м/с, в подстилающих коренных породах — от 1600 до 2800 м/с. Для изучения глубоких частей разреза использовались данные сейсмокаротажа скважин на площадях, расположенных в пределах бортовых зон Предуральского прогиба и Прикаспийской мегасинеклизы. Предпочтение отдано данным определения скоростей по скважинам в бортовой зоне Предуральского прогиба. Глубина залегания основных отражающих горизонтов — 5000–6000 м — намного превышает длину годографа — 2400 м, что значительно снижает точность определения скоростей по МОГТ. Данные о скоростях в более глубоких частях разреза получены по сейсмокаротажу скважин 501 Филипповская и 85 Бердянская, расположенных значительно южнее регионального профиля.

Ввиду изменчивости сейсмогеологических условий, как по латерали, так и по глубине, полученный материал по МОГТ отличается большой сложностью. Настоящими работами с различной степенью достоверности прослежены отражающие горизонты: Кн — кровля гидрохимических отложений иреньского горизонта кунгурского яруса нижней перми, А — кровля артинского яруса нижней

¹ Оренбургская геофизическая экспедиция.

² ОАО ОренбургНИПИНефть.

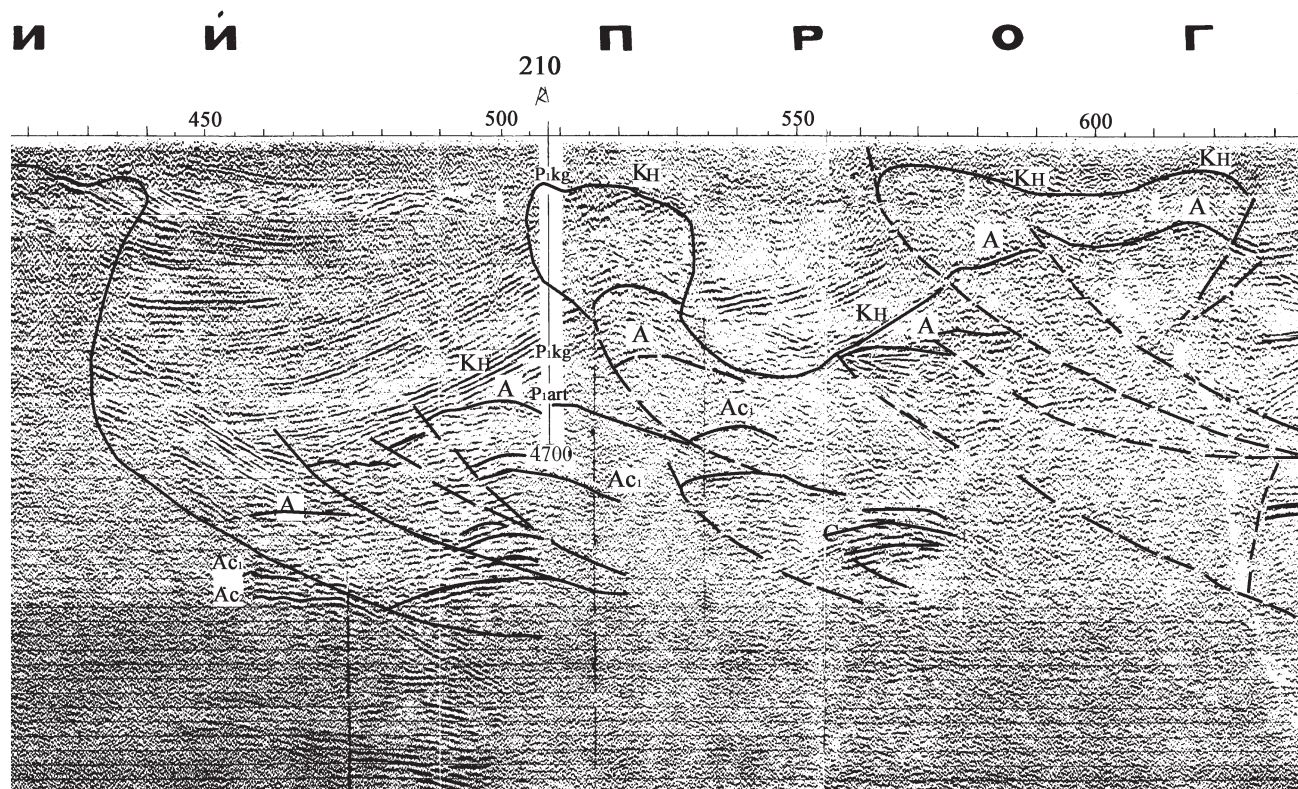
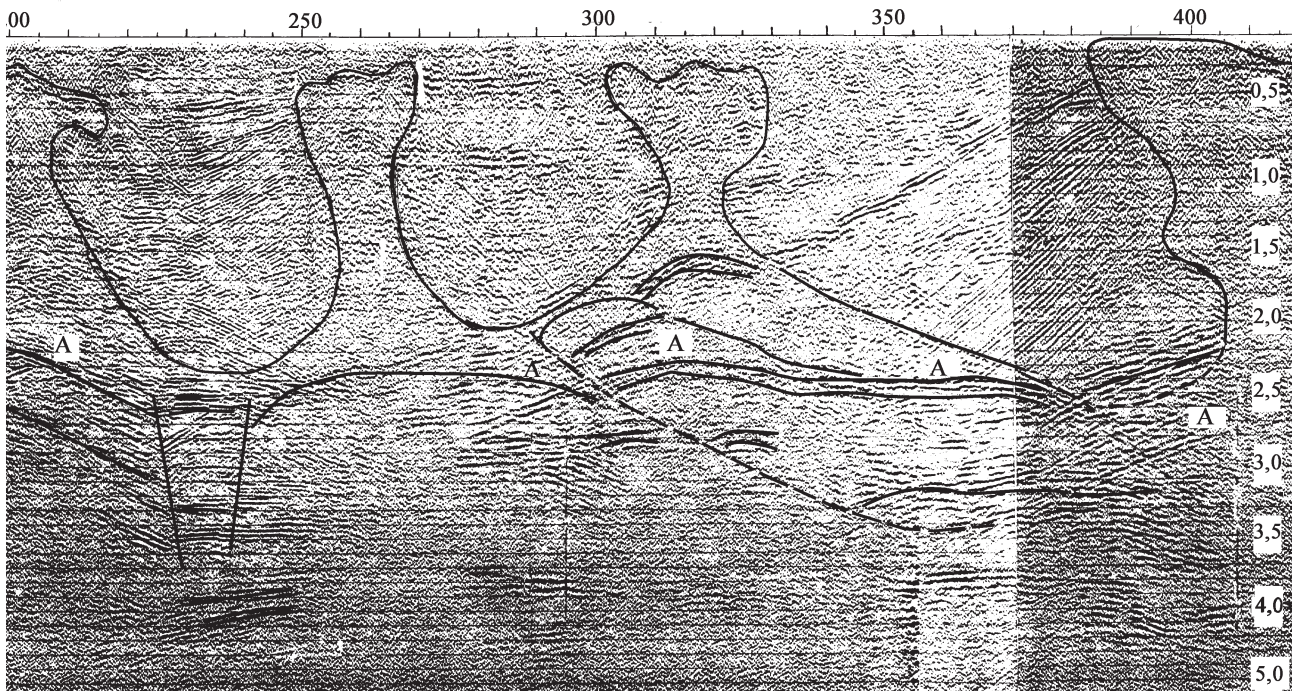
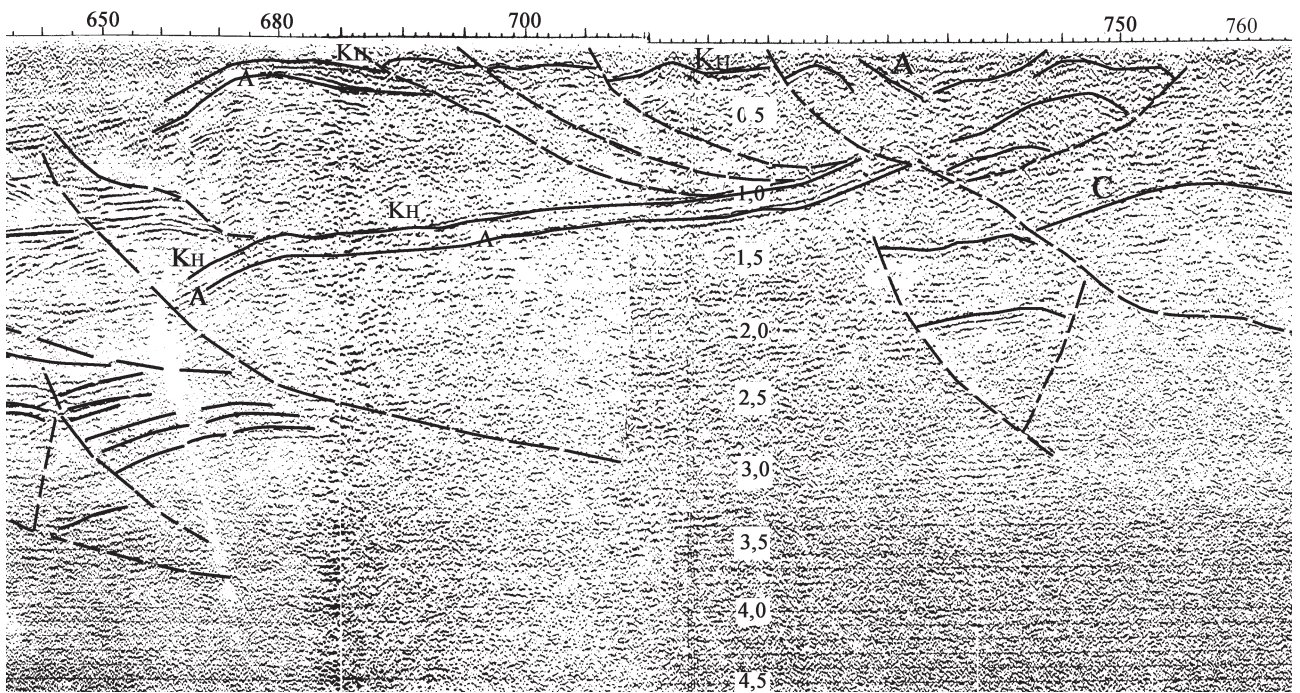


Рис. Временной сейсмический разрез по профилю Оренбург – Медногорск. Фрагмент через Предуральский прогиб ([Райлян, Забарная, 1986ф], переинтерпретация А.Н. Светлаковой).

Р А Л Ь С К



И Б Западно-Уральская зона складчатости



Сплошные линии — отражающие горизонты Кн, А, Ас1, Ас2, С, У, Д и S. Штриховые линии — разломы и надвиги. Пояснения в тексте.

перми, Ас1 и Ас2 — кровля и подошва ассельского горизонта нижней перми, Б — кровля башкирских отложений верхнего карбона, У(С) — кровля угленосной свиты нижнего карбона, Д и Д1 — отражающие горизонты в отложениях девона, S — кровля ордовикских отложений (см. рис.).

Литологически разрез артинско-девонских отложений представлен в основном карбонатными породами на западном борту прогиба, на восточном борту нижнепермские отложения представлены флишем. Ордовик представлен терригенными породами — песчаниками, аргиллитами, алевролитами.

Стратиграфическая привязка подсолевых отложений и кровли соли выполнена по скв. 105, 110 Предуральской площади; 178, 181 Теректинской площади, 210 Донголюкской площади. В каждой мульде прослежены отражения от уфимских, татарских и казанских терригенных и карбонатных отложений верхней перми. Их принято называть сероцветами и красноцветами. Последние, поднимаясь вслед за соляным куполом, образуют круто наклоненные, вплоть до вертикальных, слои, либо примыкают к склону купола с большим угловым несогласием (рис. 1 пк. 240—250; 370—390). Эти отражения часто несогласны с нижележащими отражениями от кровли соли и с вышележащими отражениями от горизонтов палеогена и неогена. Стратиграфическая привязка их всегда условна, поскольку они разорваны поднимающимся соляным штоком и их невозможно прокоррелировать из одной мульды в другую. Однако их геометрия очень помогает при выделении конфигурации соляных штоков, далеко не всегда однозначном. Конфигурация соляного штока необходима для более правильного подбора скоростей до подсолевых отражений от продуктивных слоев.

Ранее исследователи Предуральского прогиба выделяли в его строении два этажа: верхний — надсолевые и солевые отложения верхней перми и кунгурская соль нижней перми, и нижний этаж, который сложен карбонатами и терригенными отложениями от нижней перми до девона и ордовика [Тимашева, 1975]. В верхнем структурном этаже породы образуют сложные структурные формы в результате течения соли. Нижний этаж структурно более спокойный; подсолевые отложения моноклинально, местами ступенеобразно погружаются в сторону центральной части прогиба (см. рис).

Строение верхнего структурного этажа определяется соляной тектоникой, охватывающей кунгурские и надкунгурские отложения. Отражающий горизонт Кн прослеживается на временах от 0,2 до 2,5 с от западной до восточной границ Предуральского прогиба. Горизонт Кн контролирует поведение кровли соли в пределах соляных антиклиналей и разделяющих их мульд. На востоке прогиба отложения кунгурского яруса выходят на дневную

поверхность (пикет 720). В плане купола и мульды совпадают в общих чертах с этими элементами тектоники, выделенными ранее по электроразведке, гравиразведке и геологической съемкой. Однако по форме и глубине есть различия: методы электроразведки и гравиразведки дают осредненное значение по форме свода (штока) и завышенное значение по глубине. Кровля глубоко залегающих сводов (глубже 500 м) и кровля соли в пределах широких мульд дает хорошую сейсмическую запись отражения Кн. На высоко расположенных сводах и в пределах склонов соляных куполов сейсмическая запись теряет свою динамическую выразительность. В пределах узких мульд запись от склонов носит интерференционный характер, она затухает отражениями-помехами типа дифрагированных от козырьков соляных гребней и кратными волнами от выполняющих мульды терригенных отложений. На таких крутых склонах отражение от кровли кунгура определяется по резкому несогласию с вышележащими отражениями от горизонтов в красноцветной толще. В случае грибообразного строения соляного купола (а это встречается довольно часто), отражение от склона вообще не фиксируется, а форма купола распознается по косвенным признакам (например, по прекращению записи от выполняющих мульду красноцветов, но с учетом экранирования козырьком от купола).

С запада на восток по отражающему горизонту Кн выделены: Талдысайская, Крючковская, Богдановская, Восточно-Богдановская, Кызылвалакская, Южно-Днепровская, Маховая, Тузлукульско-Актюбинская, Алабайтальская соляные антиклинали. Они разделены мульдами: Ключевской, Восточно-Богдановской, Комунарской, Восточно-Кызылвалакской, Западно-Маховой, Южно-Днепровской, Курмалинской. Мульды заполнены верхнепермскими и мезозойскими терригенными отложениями, в которых наблюдается множество отражающих горизонтов.

Примечательно, что Талдысайская и Ключевская антиклинали по соли, а также Богдановский и Восточно-Богдановский своды так близко подходят своими козырьками друг к другу, что при первичной интерпретации были выделены как единые антиклинали. Этому способствовали и скважины, которые разбурили козырьки склонов. Таким образом «высокий кунгур» был обусловлен соляным козырьком в обоих случаях. Этот факт лишней раз доказывает необходимость учета кунгурских козырьков, широко распространенных во всех солеродных бассейнах, но почему-то не учитываемых производственниками при разведке в таких условиях. За Восточно-Богдановским сводом выделяется связка штоков по соли: Западно-Кызылвалакского и Кызылвалакского, разделенных Комунарским прогибом. Кызылвалакская и Южно-Днепровская антиклинали выделяются

как высокоприподнятые асимметричные штоки. На восток от них, в центре прогиба выделяется крупная, с широким сводом, грибообразная Маховая соляная антиклиналь.

В пределах Западно-Маховой мульды красноцветы резко воздымаются на восток, образуя со склоном соляной грибообразной структуры (Маховой) резкое несогласие, утыкаясь в этот склон. По прекращению прослеживания отражений от красноцветов можно с уверенностью обрисовать форму западного склона Маховой соляной антиклинали. Точно также обрисовывается восточный склон и все другие штоки (см. рис., пк. 380–400).

Следующий Тузлукульско-Актюбинский соляной гребень имеет сильно вытянутый на запад козырек, и если бы не скважина № 210, козырек был бы пропущен. Указанная скважина дважды вскрывает кровлю кунгурской соли: один раз в своде штока, другой — на склоне гребня, тем самым подчеркивая наличие козырька. Артинские отложения вскрыты этой же скважиной на 25 миллисекунд позже, что по глубине составляет 500 м. На восток от Тузлукульско-Актюбинского гребня располагается Курмалинская мульда, которая, по всей видимости, нарушена разломами, затрагивающими только надсолевые отложения. Отражения от выполняющих мульду красноцветных толщ достаточно круто воздымаются на восток и после разлома в районе пикета 565 примыкают к склону следующего соляного гребня — Алабайтальского. Тузлукульско-Актюбинская антиклиналь, а также следующая за ней через мульду Алабайтальская соляная антиклиналь обусловлены, в отличие от расположенных западнее соляных структур, совместным действием соляной тектоники и поднятиями подсолевого ложа. Последние обусловлены тектоникой передовых складок Урала.

Второй (нижний) структурный этаж характеризуется более плавными формами рельефа. Характер записи подсолевых отражающих горизонтов указывает на террасовидное ступенеобразное строение осадочного чехла западного склона Предуральского прогиба с погружением горизонтов на восток. На западном конце профиля (пикеты от минус 12 до 170) выделяется первая террасовидная ступень, в пределах которой отражающие горизонты S, Д, У, Б и А испытывают неравномерное погружение на восток. Мощность между У и А (между угленосной свитой и артинскими отложениями) в основном сохраняется.

На восток от пикета 170 до пикета 220 на разрезе выделяется флексюра, которая по артинским отложениям и, возможно, более глубоким, начинается с взброса. Амплитуда погружения по отражающему горизонту У в пределах флексуры составляет 2000 м на расстоянии всего 4 км по профилю. Восточнее флексуры отражающие горизонты выравниваются, образуя следующую

террасовидную ступень, где отражения залегают субгоризонтально до пикета 290–310. На пикетах 220–250, возможно, существует микрограбен (или как называют в Башкортостане — грабенообразный прогиб). Но этот факт требует уточнения другими профилями с более разрешенной сейсмической записью. В районе пикета 280 и далее, в пределах Восточно-Кызылвалакской мульды, фиксируется надвиг, возможно, двойной, к западу от которого первый подсолевой горизонт (А) образует поднадвиговую структуру — антиклиналь на времени порядка 2,5 с. Сильное отражение выше артинских отложений (пк. 290–330) образовано, по-видимому, от филипповских ангидритов, имеющих большую плотность и скорость (6,5 км/с на фоне 5,0 км/с для артинских и других карбонатов). Сам факт несогласного залегания этих горизонтов позволяет отнести верхний горизонт к кунгурским (филипповским) ангидритам, а нижний — к относительно низкоскоростным артинским карбонатам.

Следующая террасовидная ступень — к востоку от указанного нарушения-надвига (пикеты 280–380), характеризуется также почти субгоризонтальным залеганием слоев с очень небольшим уклоном на восток. Первый подсолевой горизонт образует в пределах террасы надвиговую структуру со сводом, приходящимся на Южно-Днепровский соляной гребень, при этом западное крыло надвинуто на восток по пологому нарушению.

Далее на восток, в пределах Махового соляного свода, отражения от глубоких горизонтов практически отсутствуют, поскольку широкий свод соляного купола является хорошим отражателем сейсмической энергии — экраном. К тому же незеркальная поверхность свода приводит к рассеянию этой энергии. В результате сейсмическая энергия не достигает подсолевого горизонта и мы не фиксируем отраженной волны. Это очень затрудняет стратификацию сейсмических отражений с геологическими границами. Поэтому далее стратиграфическая привязка осуществлена по скв. 210 и протянута на запад, навстречу уже установленным границам.

Первый подсолевой горизонт по сложному построенному надвику погружается от скв. 210 в сторону Махового соляного поднятия от времени 2,0 с до 2,8 с, что по глубине составляет порядка от 2500 до 4500 м. При этом в структуре надвига участвуют не только артинские отложения, представленные флишем, но и ассельские карбонаты, вскрытые скважиной 71 на Активной площади (севернее профиля в бортовой зоне). Первое на запад от скв. 210 нарушение имеет восточное падение 45–50°. Амплитуда погружения по нему небольшая — порядка 200–300 м. Второе нарушение — пологое, с углом наклона 30° на восток и с амплитудой погружения порядка 1000 м. Возможно, существует и третье нарушение — тоже по пологому надвику.

Однако большое количество волн-помех от склона Маховой соляной антиклинали сильно затрудняет и корреляцию и стратификацию отражений. После Тузлукульско-Актюбинского свода отмечается погружение отражающих горизонтов к Курмалинскому прогибу.

Более глубокие горизонты (ордовикские и верхнепротерозойские) в пределах Южно-Днепровской мульды погружаются на восток несогласно с вышележащим каменноугольно-артинским комплексом отложений. Породы ассельско-каменноугольного комплекса образуют самостоятельную складку, осложненную несколькими надвигами и смещенную на запад от Тузлукульско-Актюбинской антиклинали по соли (пикеты 460–510). На этом участке глубокие горизонты моноклинально погружаются на восток.

Сейсмические отражающие горизонты показывают, что породы в целом по профилю погружаются с запада на восток, достигая максимальной глубины в пределах Южно-Днепровской мульды — минус 5200 м по подсоловому горизонту).

Сейсмическая запись свидетельствует, что в пределах этой мульды отсутствует не только соль (выжата в соседние штоки), но даже филипповские ангидриты. Как отмечалось, мульда осложнена Тузлукульско-Актюбинском надвигом, который нарушает ассельско-сакмаро-артинские отложения, глубже которых отражения не зафиксированы. Здесь начинается восточный борт прогиба.

На восток от Тузлукульско-Актюбинской антиклинали в разрезе появляются флишевые терригенные образования, за счет которых увеличивается интервал времени между отражениями A_{c2} и C_2 . Отражение А (артинский горизонт) после небольшого погружения воздымается ступенчато по сложно построенному надвигу в сторону Алабайтальской соляной складки. В литологическом составе восточного борта отмечено появление в кунгурском ярусе терригенных отложений флишевой формации. Все выводы по литологии сделаны в соответствии с данными скважины 71.

В пределах Алабайтальской антиклинали артинский горизонт прослеживается на времени 0,5–0,6 с. По простиранию эта ступень сопоставляется с Активным блоком (ступенью), однако смещена относительно последнего на юго-восток. Хотя расстояние между ними порядка 20 км, по строению они очень похожи: повторяется даже форма соляного купола, а не только подсоловых горизонтов (более консервативных, по сравнению с солью).

В траверзе Медногорского профиля форма соли и подсоловых горизонтов повторяется, но соляной купол находится на уровне минус 200–

350 м, а подсоловой горизонт прослежен на уровне минус 900–1000 м, то есть наблюдается региональное погружение отложений на юг и юго-восток.

Средняя ступень (пикеты 620–665) по горизонтам A_{c1} и A_{c2} опущена относительно западного и восточного блоков. Ступень построена очень сложно: нарушена надвигами с западной и восточной вергентностью. Нарушения задевают все слои: от красноцветов верхней перми до ордовикско-верхнепротерозойских образований. Запись прослежена почти до 3,5 с. Восточный блок надвинут на средний по сложно построенному надвигу, охватившему, по-видимому, только верхние слои: кунгурские и артинские. На западном конце надвиговой пластины линия нарушения выделяется по прекращению корреляции отражений с заметным смещением отражающих горизонтов (пикеты от 665 далее на восток). Затем эта линия смещения плавно переходит в отражающий горизонт, который на расстоянии почти в 60 км постепенно воздымается на восток до пикета 745, где должен отмечаться выход кунгурских отложений. На самом деле выход зафиксирован значительно западнее. Получается, что верхнепермские и нижнепермские отложения надвинуты на запад по наклонной линии скольжения, которая образована теми же кунгурскими или артинскими отложениями. Зона смещения напоминает по форме «корыто». Такое же своеобразное «корыто» наблюдается в зоне перехода от Зилаирского синклиория к Предуральскому прогибу на севере в Башкирском Предуралье [Светлакова, Горожанина, 2003]. Далее на восток каменноугольные слои начинают формироваться в крупные складки (антиклинали и синклинали), частично надвинутые друг на друга. Первая антиклиналь наблюдается на пикетах 740–770. К сожалению, читаемая запись отмечается не более, чем до 2-х с небольшим секунд. В связи с этим невозможна интерпретация глубоких горизонтов и картина пока не прояснена.

Тем не менее нам удалось в дополнение к первичной интерпретации авторов уточнить положение соляных структур и строение зоны сочленения передовых складок с восточным бортом Предуральского прогиба.

Литература:

Светлакова А.Н., Горожанина Е.Н. Строение зоны сочленения Зилаирского синклиория и Предуральского прогиба // Геологический сборник № 3 / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 2003. С. 9–14.

Тимашева А.Н. К тектонике Урало-Илекского междуречья Оренбургского Приуралья по данным сейсмограммы // Труды / ЮУО ВНИГНИ. Саратов, 1975. Вып. III (148). С. 54–60.