

УДК 551.1/4

А.Н. Корбутяк¹

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ГАЗОНОСНОГО АРАЛО-КЫЗЫЛКУМСКОГО ВАЛА

В пределах эпипалеозойских плит находятся валообразные структуры, с которыми связаны месторождения нефти и газа. Изучение таких структур с использованием сейсмических методов весьма актуально. Рассмотрена эволюция представлений о геологическом строении и тектонической позиции Арало-Кызылкумского вала и его трехмерная модель, построенная автором на основе интерпретации 2D-сейсмических материалов. Установлено, что тектоническое поднятие Арало-Кызылкумского вала представляет собой альпийскую положительную структуру, сформировавшуюся в новейшем поле напряжений над раннекиммерийской системой грабенов. Это привело к изменению взглядов на строение нефтегазоносных структур такого типа и на возможность использования структурно-геологических подходов к анализу их перспектив.

Ключевые слова: внутриплитные деформации, сдвиг фундамента, «цветковые» структуры, Арало-Кызылкумский вал, Еты-Пуровский вал.

Within young plates there are swell-like structures with which are connected an oil field and gas. Studying of such structures with use of seismic methods is very actual now. In this paper presents evolution of ideas of a geological structure and a tectonic position of the Aral-Kyzylkum shaft and considers the three-dimensional model constructed by the author on the basis of interpretation of 2D-seismic materials. It is established that the tectonic uplift of the Aral-Kyzylkum shaft is the Alpine positive structure created in the newest field of tension over early Cimmerian system of grabens. It led to change of views of a structure of oil-and-gas structures of this kind and on possibility of use of structural and geological approaches to the analysis of their prospects.

Key words: intraplate deformation, shearing strain, flower structure, Aral-Kyzylkum shaft, Ety-Purovskiy shaft.

Введение. Арало-Кызылкумский вал расположен в Приаральском регионе, относящемся к Северо-Туранской плите и крупной нефтегазоносной провинции. Несмотря на то что первые работы по его изучению были опубликованы свыше 80 лет назад [Архангельский, 1931], степень его геологической изученности крайне недостаточна, но в связи с возрастающим интересом к нефтегазоносности этого региона его изучение вступило в новую фазу. Геологическая интерпретация современных 2D-сейсмических материалов для юга Приаральского региона продемонстрировала новые данные. В связи с этим интересно проследить эволюцию представлений о геологическом строении Арало-Кызылкумского вала.

В начале XX в. А.Д. Архангельский занимался изучением Южно-Приаральского региона и составлением детальной геологической карты Туркестана, охватывавшей дельту Амударьи и Хиву, включая Султан-Увайс и Северо-Западные Кызылкумы. Его внимание привлекла узкая полоса поднятий меловых пород, ограниченная с запада и востока третичными отложениями. Эта полоса пересекает в меридиональном направлении Аральское море и продолжается на юг в пустыню Кызылкум [Архангельский, 1931]. В ее со-

ставе отмечены дислоцированные выходы меловых пород в районе п-ова Куланды на северном берегу Аральского моря, о-вов Николая (Возрождения) и Токмак-Ата (Муйнак), мыса Актумусук, холмов Кубатау, Борлытау, Крантау, Ходжейли и Бештубе в Южном Приаралье. Далее эта полоса прослеживается на восток и меняет простирание на юго-восточное, а затем на широтное и протягивается к Султан-Увайсу. Эти аральские и кызылкумские выходы меловых пород А.Д. Архангельский предложил назвать Арало-Кызылкумским меловым валом (рис. 1).

На хр. Султан-Увайс из-под меловых пород выходят древние кристаллические сланцы, мраморы и изверженные породы. Появление этих пород, по мнению А.Д. Архангельского, без сомнения, указывает на то, что в основе Арало-Кызылкумского вала залегают древние метаморфические и изверженные породы, являющиеся продолжением Урала [Архангельский, 1931].

А.И. Смолко [1936] отрицал существование Арало-Кызылкумского вала, считая, что А.Д. Архангельский построил его «на основании случайных выходов меловых пород, которые в других местах перекрываются горизонтально залегающими третичными и со-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, аспирант; e-mail: korbutyakan@mail.ru

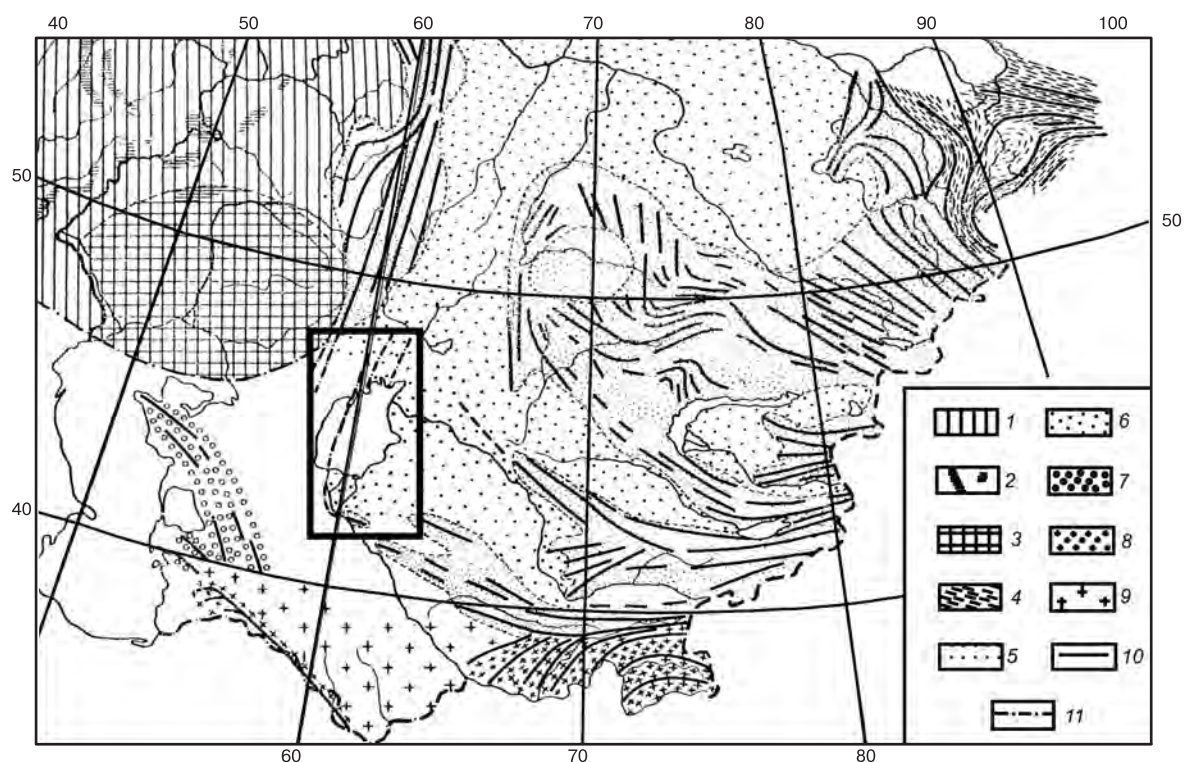


Рис. 1. Тектоническая схема Средней Азии, Казахстана и Салаиро-Саянской области, по [Архангельский, 1931]: 1 — Русская платформа, 2 — валы и купола в пределах этой платформы, 3 — область распространения соляных куполов, 4 — каледонские складчатые сооружения, 5 — герцинские складчатые сооружения в области выхода складчатого фундамента на поверхность, 6 — то же в области глубокого залегания фундамента, 7 — мезозойские складчатые сооружения, 8 — третичные, 9 — предгорные впадины третичных складчатых горных сооружений, 10 — простирания, 11 — простирания складок и валов мезозойских и третичных пород в районе выступов герцинского фундамента. В рамке — Арало-Кызылкумский вал

временными отложениями». Несмотря на это, А.Д. Архангельский снова пишет, что, «составляя все факты, легко можно прийти к заключению, что Урал через посредство подземного фундамента Арало-Кызылкумского вала... связывается в одно целое с южными дугами Тянь-Шаня» [Архангельский, 1941].

В 1940—1950-е гг. А.Л. Яншин пришел к выводу, что в Приаралье и на Устюрте плитный чехол носит черты, унаследованные от структур фундамента [Яншин, 1953], и на протяжении мезозойского и кайнозойского геологического развития отражает структурное строение погребенного складчатого фундамента. Установив повсеместную дислоцированность мезозойских и кайнозойских толщ в Приаралье и на Устюрте, А.Л. Яншин скептически отнесся к представлениям А.Д. Архангельского об Арало-Кызылкумском вале, в которых он видел попытку увязать известные в то время разрозненные дислокации меловых и третичных пород, механически соединить несколько не связанных между собой унаследованных антиклинальных структур и представить их как единую крупную дислокацию среди обширной площади распространения горизонтально залегающих молодых осадочных образований.

А.Л. Яншин полагал, что Арало-Кызылкумский вал как единая структура не существует ни в палеозойском складчатом основании, ни в мезозойско-кайнозойском чехле (рис. 2). Дальнейшее развитие представлений о геологии Приаралья было во многом

обусловлено этим выводом [Шульц, 1972]. Так, на тектонических картах СССР, изданных под редакцией Н.С. Шатского, структурные связи между Уралом и Тянь-Шанем не показаны, и Уральская и Тянь-Шаньская складчатые системы оказались разобщенными.

Начиная с 1950-х гг. в Южном Приаралье и Кызылкумах в результате площадных геофизических работ Д.В. Злобина и В.И. Павловского было установлено наличие Арало-Кызылкумского разлома северо-западного простирания с резким погружением палеозойского фундамента к западу от него, а также идущего вдоль разлома валообразного поднятия палеозойского фундамента — Амударьинского вала, соответствующего Арало-Кызылкумскому валу А.Д. Архангельского.

В 1960-х гг. в Южном Приаралье по данным обширных геолого-съёмочных, буровых и сейсмических работ выявлено, что под маломощными голоценовыми наносами Амударьи от хр. Султан-Увайс до п-ова Муйнак протягивается широкая полоса выходов меловых пород [Шульц, 1972], постепенно меняющая простирание от широтного на юго-востоке до строго меридионального на севере, т.е. полностью соответствующая тому структурному плану, который воссоздал А.Д. Архангельский по выходам мела из-под наносов Амударьи. Профильное бурение и сейсмические работы показали, что поднятие меловых пород в целом соответствует валообразному поднятию палеозойского фундамента.

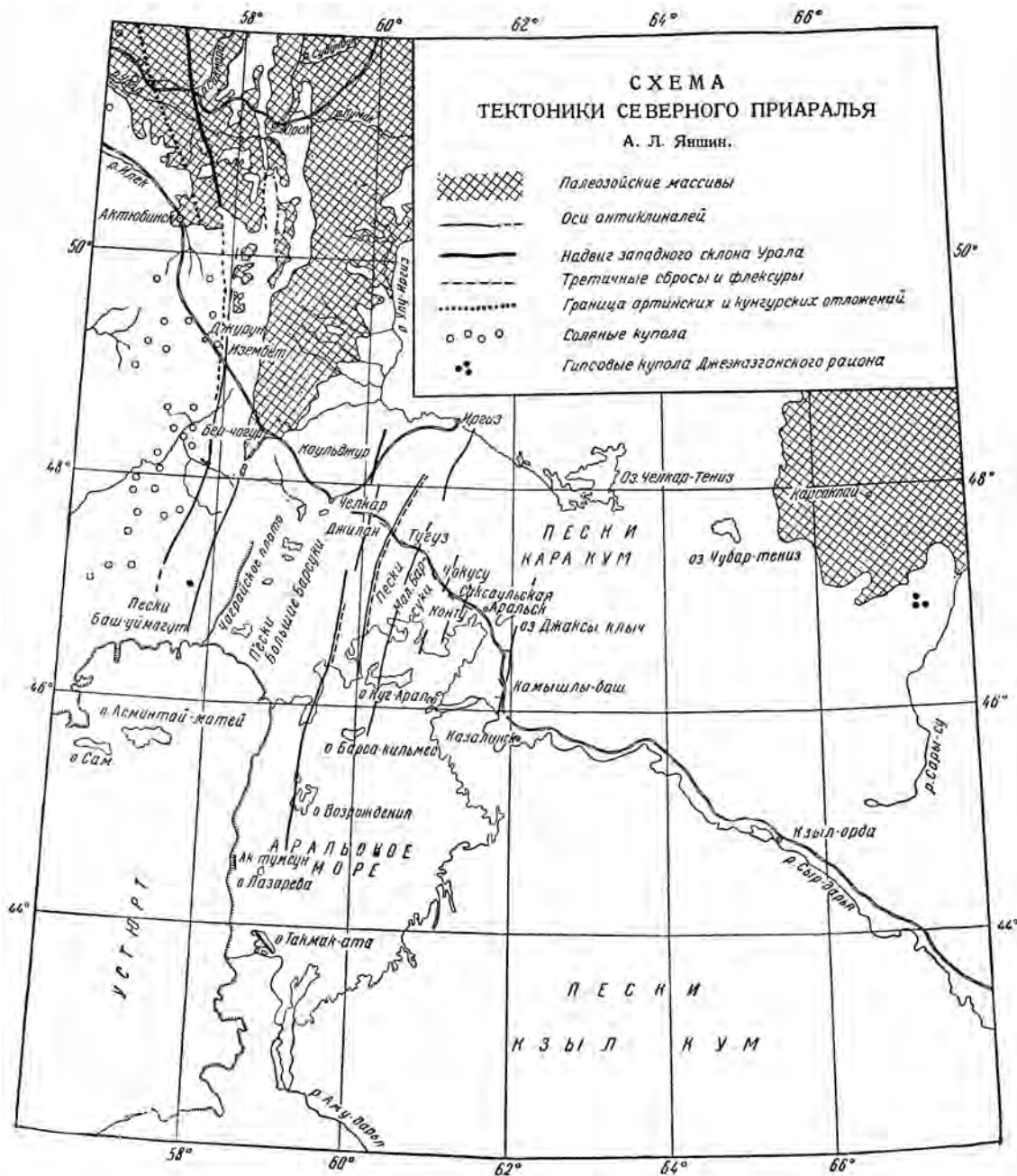


Рис. 2. Тектоническая схема Северного Приаралья [Архангельский, 1931]

В 1970-х гг. Н.Я. Кунин [1978], проведя различные геофизические исследования, установил, что Арало-Кызылкумский вал имеет вид двояковыпуклой линзы (рис. 3) — поднятие по горизонтам в кайнозое и позднем мезозое и прогиб по триасовым и более древним отложениям. Кроме того, Н.Я. Кунин отмечал, что структура вала хотя и является следствием особого тектонического развития этой части Туранской плиты, но не единственная в своем роде, так, Горно-Мангышлакское поднятие сформировано над пермотриасовым прогибом, Южно-Эмбинское — на месте прогиба в раннем—среднем палеозое. В нефтяной геологии структуры такого вида часто называют инверсионными.

Таким образом, видно, как менялись представления о строении Арало-Кызылкумского вала в связи

с появлением новых методов геологического изучения. Само существование этого вала некоторые ученые ставили под сомнение, однако геолого-съёмочные, геофизические и буровые исследования доказали его наличие, причем существование вала установлено как в осадочном мезозойско-кайнозойском чехле, так и в палеозойском фундаменте, хотя и существуют разные представления о способе формирования и строении его нижней части. Одни исследователи (А.Д. Архангельский по морфологическим данным, Д.В. Злобин и В.И. Павловский по материалам бурения) выделяют вал как унаследованную структуру, т.е. считают, что под верхними горизонтами существует герцинский кряж. Другие, например Н.Я. Кунин, считают, что под Арало-Кызылкумским валом суще-

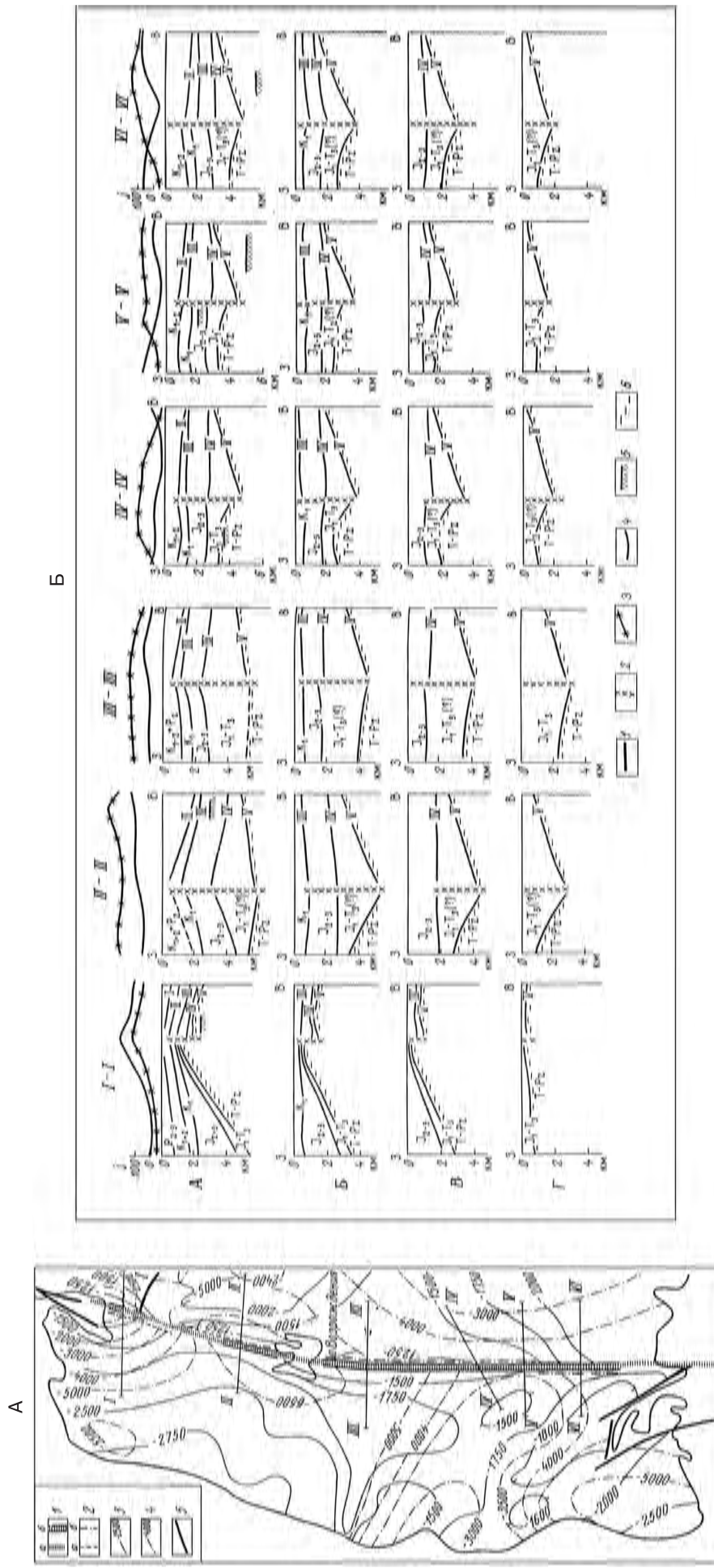


Рис. 3. Схема строения западной части Аральского моря (А), по [Кунин, 1978]: 1 — Арало-Кызылкумский разлом, трассируемый; а — разрывом корреляции по IV горизонту (по III горизонту разрывов корреляции нет), б — разрывами корреляции и смещением по III и IV горизонтам; 2 — поднятое крыло вала; 3 — изогипсы кровли верхней юры; 4 — изогипсы подошвы чухакульской серии; 5 — разрывные нарушения; 1-1—VI-VI — профили МОГТ и сейсмические разрезы МОГТ по ним с палеотектоническими реконструкциями (Б); 1 — опорные отражающие горизонты; 2 — Арало-Кызылкумский глубинный разлом; 3 — график ΔT ; 4 — график Δg ; 5 — кромка магнитоактивных масс; б — поверхность триасово-палеозойских отложений; А — современные сейсмогеологические разрезы и графики ΔT и Δg , Б-Г — палеотектонические профили к началу позднего мела (Б), к началу мела (В) и к началу платформенного юрского осадконакопления (Г)

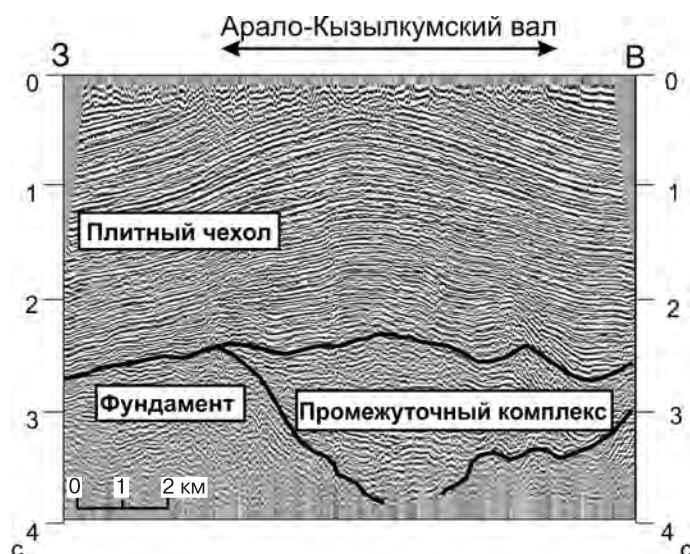


Рис. 4. Характерный сейсмический профиль через Арало-Кызылкумский вал. Черными линиями показаны границы между структурно-вещественными комплексами — фундаментом, промежуточным комплексом и плитным чехлом

стает прогиб по отложениям триаса и более древним, т.е. вал имеет вид двояковыпуклой линзы.

Современные данные сейсморазведки о геологическом строении Арало-Кызылкумского вала. На основании детального структурно-геологического анализа 2D-сейсмических материалов (74 увязанных профиля) в программном пакете The Kingdom для южного сегмента Арало-Кызылкумского вала создана трехмерная модель глубинного геологического строения, согласующаяся с этапностью развития региона. В основу тектонической интерпретации структуры положены современные представления о тектонофизических закономерностях развития сдвиговых деформаций в осадочном чехле. Создание модели включало следующие этапы анализа геологической ситуации: 1) выделение структурно-вещественных комплексов и основных отражающих горизонтов; 2) трассирование разрывных структур.

Анализ сейсмической записи включает в себя разделение на структурно-вещественные комплексы. На

фактическом материале на основании характера записи сигнала выделены три структурно-вещественных комплекса — фундамент, промежуточный комплекс и плитный чехол (рис. 4). Эти комплексы отвечают последовательно сменяющимся тектоническим режимам — становлению герцинского сложнодеформированного фундамента, позднекиммерийскому (триасово-раннеюрскому) рифтогенезу и альпийским (позднекайнозойским) деформациям. Такое многоярусное строение — характерная черта Скифско-Туранской платформы, где, например, выделяют: а) кристаллический метаморфический фундамент (консолидированная кора); б) деформированные отложения фундамента (сложенный комплекс фундамента); в) орогенные и переходные отложения (доплитный чехол/промежуточный/переходный комплекс); г) «платформенный чехол» (рис. 5) [Леонов и др., 2010].

Затем в массиве сейсмических данных были выделены и откоррелированы основные отражающие горизонты — кровля нижнемеловых (K_1nc) и верхнеюрских (J_3) отложений, а также горизонт, относящийся к верхней перми—триасу ($P_3?—T$) (рис. 6). Последний горизонт нестратиграфический, он имеет чисто структурный смысл — отделяет плитный чехол и промежуточный комплекс от складчатого фундамента. Кроме того, с этим горизонтом связаны наиболее древние киммерийские деформации, а с нижнемеловым и верхнеюрским горизонтами — сравнительно молодые альпийские. Таким образом, структурные особенности выбранных горизонтов характеризуют этапы развития рассматриваемой территории.

Затем по откоррелированным горизонтам J_3 и $P_3?—T$ построены структурные поверхности, сочетание которых рассматривается как трехмерная модель Арало-Кызылкумского вала (рис. 7). На этом рисунке видно, что на горизонте $P_3?—T$ выявлена грабенообразная структура, находящаяся непосредственно под валом, выделенным на верхнеюрской поверхности (J_3). Это идет вразрез с представлениями А.Д. Архангельского о палеозойских выступах фундамента в основании вала.

Затем было выполнено трассирование разрывных нарушений (рис. 8) с формированием трехмерного

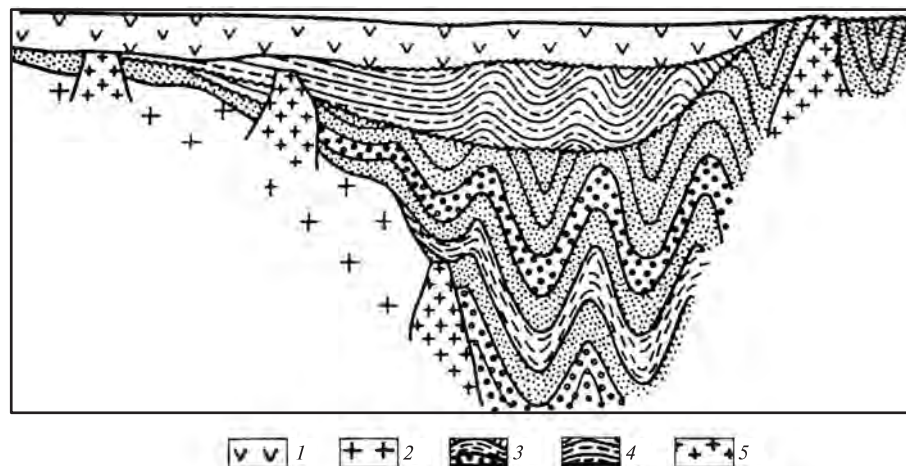


Рис. 5. Схема комплексов коры Скифско-Туранской платформы, по А.И. Летавину из [Леонов и др., 2010]: 1 — платформенный чехол, 2 — кристаллический метаморфический фундамент, 3 — деформированные отложения фундамента, 4 — орогенные и переходные отложения, 5 — орогенные интрузии

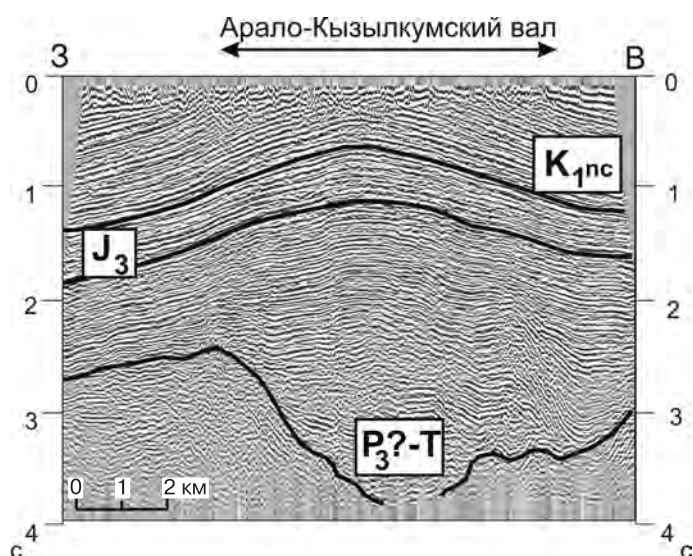


Рис. 6. Типичный сейсмический профиль через Арало-Кызылкумский вал. Черными линиями показаны основные отражающие горизонты K_{1nc} , J_3 и $P_3?-T$



Рис. 7. Трехмерная структурная модель сегмента Арало-Кызылкумского вала

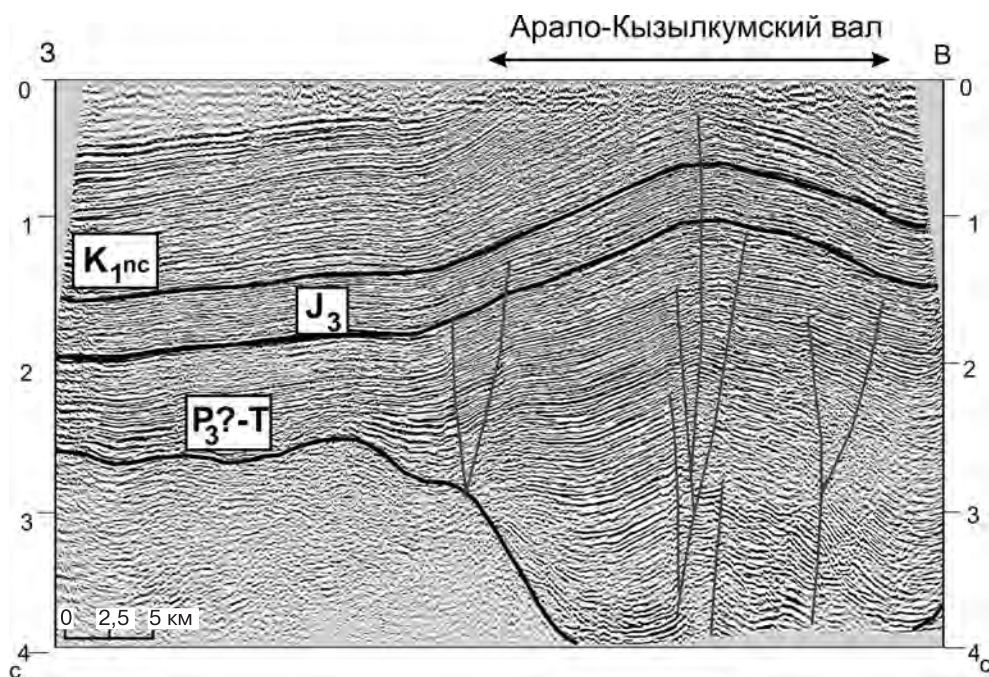


Рис. 8. Профиль через Арало-Кызылкумский вал. Представлены цветковые структуры

разломного каркаса блока земной коры. Установлено, что разломы в пределах сводовой части Арало-Кызылкумского вала группируются в положительные так называемые цветковые структуры, характерные для проявления сдвиговых деформаций в нижележащем складчатом фундаменте. На сейсмических профилях видно, что борта раннекиммерийского грабена и поднятия в его центральной части являются концентраторами напряжений, из которых «растут» цветковые структуры. Особенности тектонической нарушенности осадочного чехла в целом характерны для деформаций сдвига. Региональный Арало-Кызылкумский сдвиг отвечает поздней стадии развития главно-

го сместителя, рассекающего весь разрез осадочного чехла. Различна также высота проникновения разрывов в осадочный чехол.

Таким образом, сейсмические данные позволяют выделить элементы сдвигового парагенеза. Выявленные разрывы осадочного чехла объединены в сдвиговые веера. В пределах сводовой части вала в чехле наблюдается высокая степень нарушенности разреза. Созданная трехмерная модель южного сегмента Арало-Кызылкумского вала образована структурными поверхностями, которые характеризуют строение разновозрастных структурно-вещественных комплексов. На нижней структурной поверхности выделена

система грабенов, имеющая кулисное расположение, что свидетельствует о трансенсивной обстановке в киммерийское время. Это предположение подтверждается тем, что структуры Южного и Среднего Урала в это же время находились в аналогичной обстановке. В то же время уральское направление сыграло немаловажную роль в формировании изучаемого региона [Пучков, 2000]. Но морфология разрывных вееров указывает на то, что тектоническое поднятие Арало-Кызылкумского вала представляет собой альпийскую положительную структуру, сформированную непосредственно над раннекиммерийской системой грабенов.

Аналоги Арало-Кызылкумского вала. Существуют многочисленные аналоги Арало-Кызылкумского вала. К ним, например, относится Еты-Пуровский вал в северной части Западно-Сибирской плиты. Он образует локальное осложнение на Еты-Пуровском мегавале и совместно с Вынгапуровским, Варьеганским, Уренгойским и другими линейными мегавалами составляет цепочку кулисных приразломных мегаструктур, осложняющих надрегиональную Колтогорско-Толькинскую шовную зону [Гогоненков и др., 2007]. Выделенный на севере центральной части Западной Сибири Колтогорско-Уренгойский рифт западным ступенчатым бортом граничит с Еты-Пуровским малым валом. Такая структурная позиция определила высокую мобильность последнего на завершающих этапах герцинского и альпийского тектогенеза, особенности блоковой структуры и проницаемость земной коры для вертикальной миграции углеводородов и формирования многопластового Еты-Пуровского месторождения.

3D-сейсморазведкой в этом регионе выявлены линейные в плане системы кулисообразно расположенных сбросов, которые образуют две диагональные системы (северо-западного и северо-восточного простирания), маркирующие сдвиги в фундаменте [Короновский и др., 2009]. Особенность этих кулисных систем заключается в том, что по каждому разрыву в этой системе происходит смещение слоев одновре-

менно в вертикальном и горизонтальном направлениях, поэтому их можно назвать сбросо-сдвигами. Подобная картина с небольшими отличиями закономерно повторяется на всех сейсмических горизонтах, начиная от нижнеюрских отложений и заканчивая самыми верхами осадочного чехла, вплоть до дневной поверхности.

В целом структура отвечает ранней дизъюнктивной стадии формирования разрывной зоны. Лишь в северной, самой крупной системе сбросо-сдвигов в верхних горизонтах осадочного чехла появляются редкие разрывы, субпараллельные оси зоны, что отвечает самому началу поздней дизъюнктивной стадии. Таким образом, амплитуда сдвиговых смещений по разломам в фундаменте была небольшой, а эшелонированные разрывы представляют собой опережающие сколы Риделя. Сдвиговым зонам присуща так называемая цветковая структура, как и наблюдаемая на Еты-Пуровском вале (рис. 9).

На профилях видны разрывы, протягивающиеся от фундамента до поверхности, расположенные только около поверхности или только вблизи фундамента. Во многих случаях происходит затухание разрывов на уровне маловязкой ачимовской толщи. Разрывы затухают, а затем опять проявляются выше. Таким образом, анализ сейсмической записи, истории геологического развития и строения севера Западной Сибири позволяет предположить, что положительные платформенные формы заложены над сдвиговой зоной фундамента [Гогоненков и др., 2007].

Заключение. Из изложенного следует, что Арало-Кызылкумский вал представляет собой «инверсионную» структуру — над грабеном в раннекиммерийское время заложены положительные платформенные формы. Такие структуры могут сформироваться в результате крупных региональных сдвигов в фундаменте в обстановке сжатия. Этот вывод подтверждают цветковые структуры, значительная амплитуда перемещения по разрывам и разная глубина проникновения разрывов в осадочный чехол.

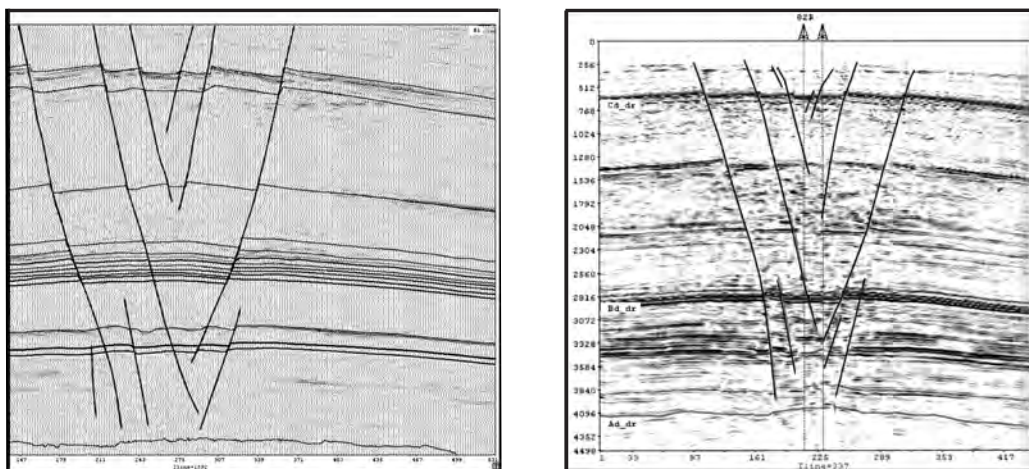


Рис. 9. Вертикальные разрезы через зону сдвига Еты-Пуровского вала, масштаб по горизонтали сжат. Отчетливо представлена цветковая структура, по [Гогоненков и др., 2007]

Подобное сложное сдвиговое строение фиксируется на многих месторождениях углеводородов, связанных с внутриплитными поднятиями, — на Еты-Пуровском вале (Западная Сибирь), в Западной Курне (Ирак), на Южно-Эмбинском поднятии (Туранская плита) и др. Известно, что флюидная гидродинамика определяется кинематикой разломов в сдвиговом парагенезе. В связи с этим изучение разломной тектоники подобных внутриплитных структур весьма актуаль-

но. Новые данные о сегменте Арало-Кызылкумского вала — структуре, связанной с региональной сдвиговой деформацией, — может повлечь изменение взглядов на строение подобных нефтегазоносных структур. Ранее этот вал рассматривался как антиклинальная складка, но сейчас установлено его сложное блоковое строение, предположительно со значительным латеральным перемещением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Архангельский А.Д. Геологические исследования в низовьях Аму-Дарьи // Тр. ГГРУ ВСНХ СССР. 1931. Вып. 12.

Архангельский А.Д. Геологическое строение и геологическая история СССР. Т. 1, 2. 4-е изд. М.: ОНТИ, 1941.

Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2007. № 3. С. 3—11.

Короновский Н.В., Гогоненков Г.Н., Гончаров М.А. и др. Роль сдвига вдоль горизонтальной плоскости при формировании структур «пропеллерного» типа // Геотектоника. 2009. № 5. С. 50—64.

Кунин Н.Я. Строение Арало-Кызылкумского вала по геофизическим данным // Сов. геология. 1978. № 3. С. 130—136.

Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Антипов М.П. и др. Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования. М.: ГЕОС, 2010.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: ГИЛЕМ, 2000.

Смолко А.И. Тектоника и нефтегазоносность Юго-Западного Приаралья // Тр. НИИКК АССР. 1936. Вып. 7.

Шульц С.С. (мл.). Геологическое строение зоны сочленения Урала и Тянь-Шаня. М.: Недра, 1972.

Яншин А.Л. Геология Северного Приаралья. М.: Госгеол-издат, 1953.

Поступила в редакцию
11.03.2014