

Доминирующая роль обновленных на новейшем этапе тектонических нарушений при формировании и размещении зон сосредоточения подземных вод и рассолов

А.Г.СОКОЛОВ, Е.Б.САВИЛОВА (Оренбургский государственный университет (ОГУ); 460018, г. Оренбург, проспект Победы, 13)

Рассмотрены подземные воды как один из флюидов, заполняющих пласты-коллекторы. Тектонические нарушения служат путями транспортировки флюидов, включая воду. Закономерности, установленные для нефти и газа в приразломных зонах, в размещении, сохранности, миграции, накоплении, следует перенести на подземные воды.

Ключевые слова: подземные воды, тектонические нарушения, размещение, сохранность, миграция, накопление.

Соколов Александр Григорьевич
Савилова Елена Борисовна



sokolov_sag@mail.ru
savilova-2006@yandex.ru

The dominant role of tectonic dislocations renovated at the latest stage in the formation and location of underground water and brine concentration zones

A.G.SOKOLOV, E.B.SAVILOVA (Orenburg State University)

Groundwater is considered as one of the fluids saturating the reservoirs. Tectonic faults serve as a ways to transport fluids including water. The laws established for oil and gas in offshore areas in placement, preservation, migration, and accumulation should be extrapolated to the groundwater.

Key words: groundwater, tectonic faults, placement, preservation, migration, accumulation.

Если рассматривать подземные воды как один из флюидов, заполняющих пласты-коллекторы, то определенные закономерности, установленные в направлениях размещения, сохранности, миграции, накопления углеводородов (УВ), следует перенести и на подземные воды (растворы, рассолы), постоянно сопутствующие месторождениям нефти, газа и конденсата. Вода является активным агентом, воздействующим на залежи углеводородов:

создает почти всегда горизонтальную границу, изолирующую залежь от незалежи (ВНК, ГВК);

подпирает газонефтяной флюид, заставляя мигрировать более легкие составляющие по восстанию слоев, занимать самое высокое положение в ловушках.

Вода легко перемещается в трещиноватых породах, поэтому тектонические нарушения, сопровождающиеся, как правило, разуплотнением в зоне нарушения, создают основные пути ее вертикальной миграции. Вместе с водой по трещинам горных пород мигрируют углеводороды.

Полагаем, что разновидности ловушек УВ в приразломных зонах также свойственны и резервуарам пластовой воды. Благодаря движениям блоков земной коры тектонические нарушения создают благоприятные ус-

ловия для образования трещинных коллекторов различного типа: в приразломных валах, структурно-дизъюнктивных, тектонически-экранированных, блоковых и других. Тектонические нарушения характеризуются повышенным тепловым потоком, зонами разуплотнения пород, которые способствуют формированию зон сосредоточения подземных вод. Все это позволяет считать, что наиболее протяженные и высокоамплитудные тектонические нарушения, обновленные на новейшем этапе своего развития, контролируют распространение зон сосредоточения подземных вод.

К методике выделения тектонических нарушений на основе сейсмических критериев. Основной инструмент для выявления тектонических нарушений в платформенных условиях Оренбуржья – сейсморазведка, потому что благодаря временным сейсмическим разрезам можно визуализировать внутреннее строение среды. Временной разрез является аналогом глубинного разреза. Разница заключается лишь в том, что одна из координатных осей вместо глубины обозначает время прихода отраженной волны на поверхность наблюдения – земную поверхность.

Характер волновой картины создает определенный образ тектонического нарушения [5]:

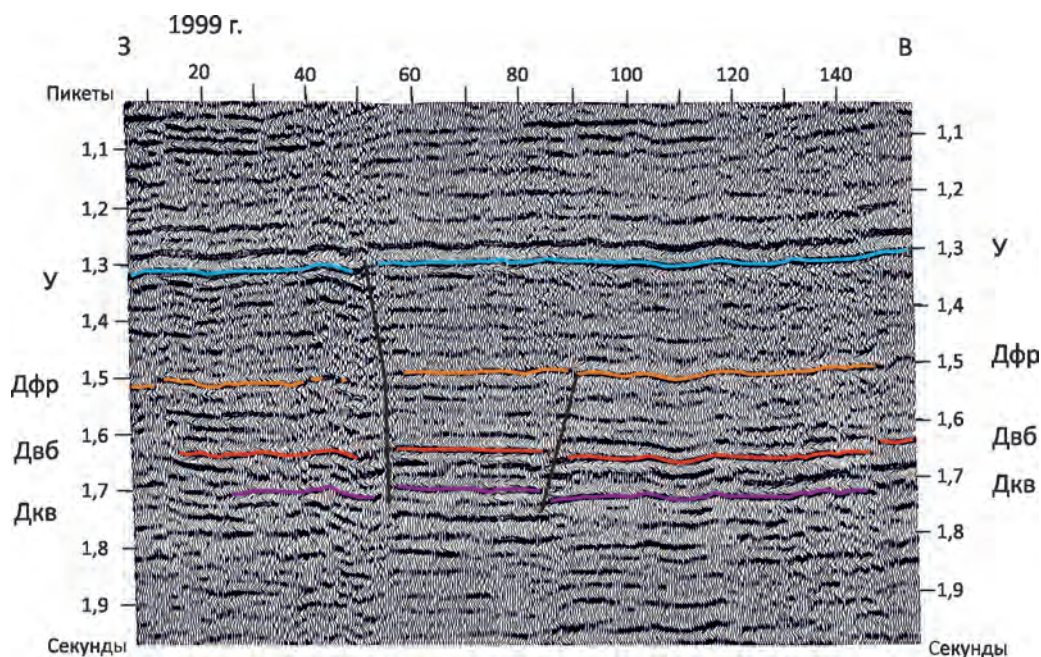


Рис. 1. Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, Писаревская площадь с.п. 18/99, ОАО Татнефтегеофизика, Л.К.Петрова:

примеры погребенных тектонических нарушений: ПК 50 проявляется в девонском и карбонатном комплексах отложений (по-видимому, в карбоне подновлялось), ПК 80 проявляется только в терригенно-карбонатном девоне; нарушения опознаются по смещению отражающих горизонтов; индексы отражающих горизонтов вдоль временной шкалы разреза указывают на их стратиграфическую приуроченность: У – кровля бобринского горизонта, Дфр – кровля франского яруса, Двб – кровля воробьевского горизонта, Дкв – кровля койвенского горизонта

ступенеобразное смещение отражающих горизонтов (рис. 1);

крутые флексуриобразные перегибы отражающих горизонтов (рис. 2);

субвертикальные зоны резкого затухания сейсмической записи (рис. 3).

Проблема выделения по временным разрезам заключается в том, что только высокоамплитудные разломы (десяtkи–сотни метров) при оптимальном, ортогональном направлении профиля относительно нарушения имеют вид, как на представленных рисунках 1–3.

При выделении малоамплитудных разломов (первые десятки метров и менее 10 м) однозначность резко снижается. Поэтому разработан ряд методических приемов [5]:

1. Построение топонимических схем (рис. 4).
2. Построение палеовременных разрезов (рис. 5).
3. Построение карт изохрон интервального времени.

Наиболее полно преимущества сейсмической информации используются в технологиях 3Д – пространственной сейсморазведки. На рис. 6 представлен пример обработки горизонтального среза куба информации 3Д, на котором явно проявляются тектонические нарушения.

Построение карт тектонических нарушений в качестве основы для прогноза зон сосредоточения подземных вод.

Карта тектонических нарушений, составленная к монографии [5], может быть использована для характеристики подземных резервуаров пластовых вод, контролируемых тектоническими нарушениями (рис. 7). Наиболее существенными с точки зрения водопроявления, по мнению авторов данной публикации, являются тектонические нарушения 1 и 2 рангов.

Разломы 1 ранга контролируют самые древние резервуары (протерозойские). Они являются, как правило, сквозными, так как активизировались и подновлялись в течение всего геологического времени. Разломы 2 ранга проявлялись в определенные фазы тектоногенеза [3]. Последующим осадконакоплением смещение блоков нивелировалось. Вверх по разрезу смещение блоков выполаживалось и сходило на нет. Такие разломы контролируют резервуары воды только в том стратиграфическом диапазоне, в котором происходил тектоногенез (погребенные воды). На представленной карте (см. рис. 7) показаны тектонические нарушения, проявившиеся в наиболее активную фазу тектоногенеза – девонскую. Поэтому разломы 2 ранга являются погребенными и контролируют распределение водных резервуаров девонского времени.

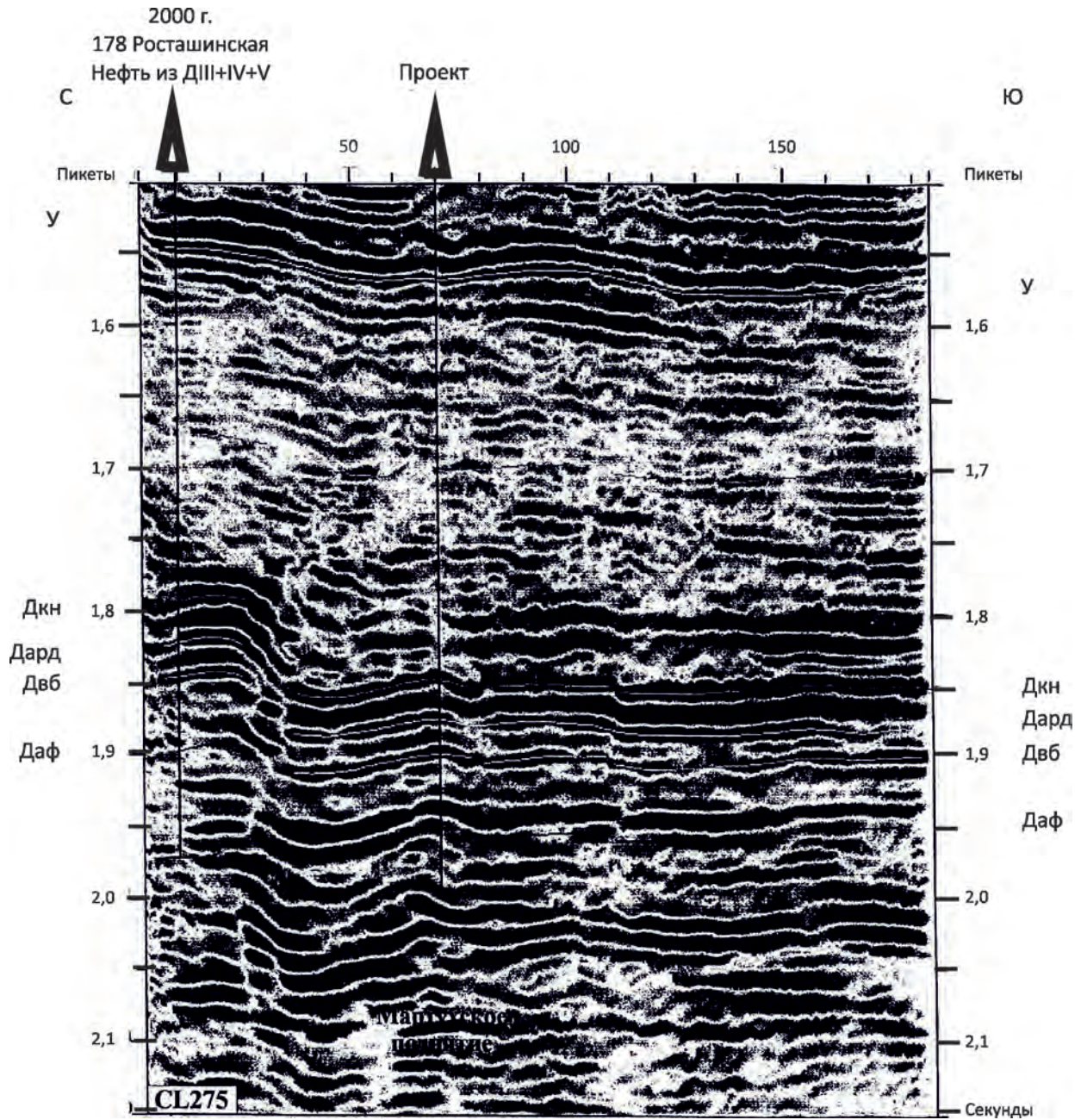


Рис. 2. Южное погружение Бузулукской впадины, Камелик-Чаганская система разломов; вертикальный срез сейсмического куба данных (crossline 275) Новособелевской с.п. 9/2000-5 ОАО Татнефтегеофизика, В.И.Устимов:

пример погребенного тектонического нарушения типа сброс, выраженного крутой флексурой плюс смещением отражающих горизонтов в карбонатно-терригенном девоне; индексы отражающих горизонтов вдоль временной шкалы разреза указывают на их стратиграфическую приуроченность: У – кровля бобриковского горизонта, Дкн – кровля кыновского горизонта, Дард – кровля ардатовского горизонта, Двб – кровля воробьевского горизонта, Даф – кровля афонинского горизонта

Критерии поиска зон сосредоточения подземных вод могут базироваться на классификации ловушек нефти и газа И.А.Денцкевича (1997). Среди всего разнообразия интересна группа ловушек, в

основе формирования которых лежат разрывные нарушения:

1) антиклинальные со сквозными структурными зонами типа Большекинельского вала;

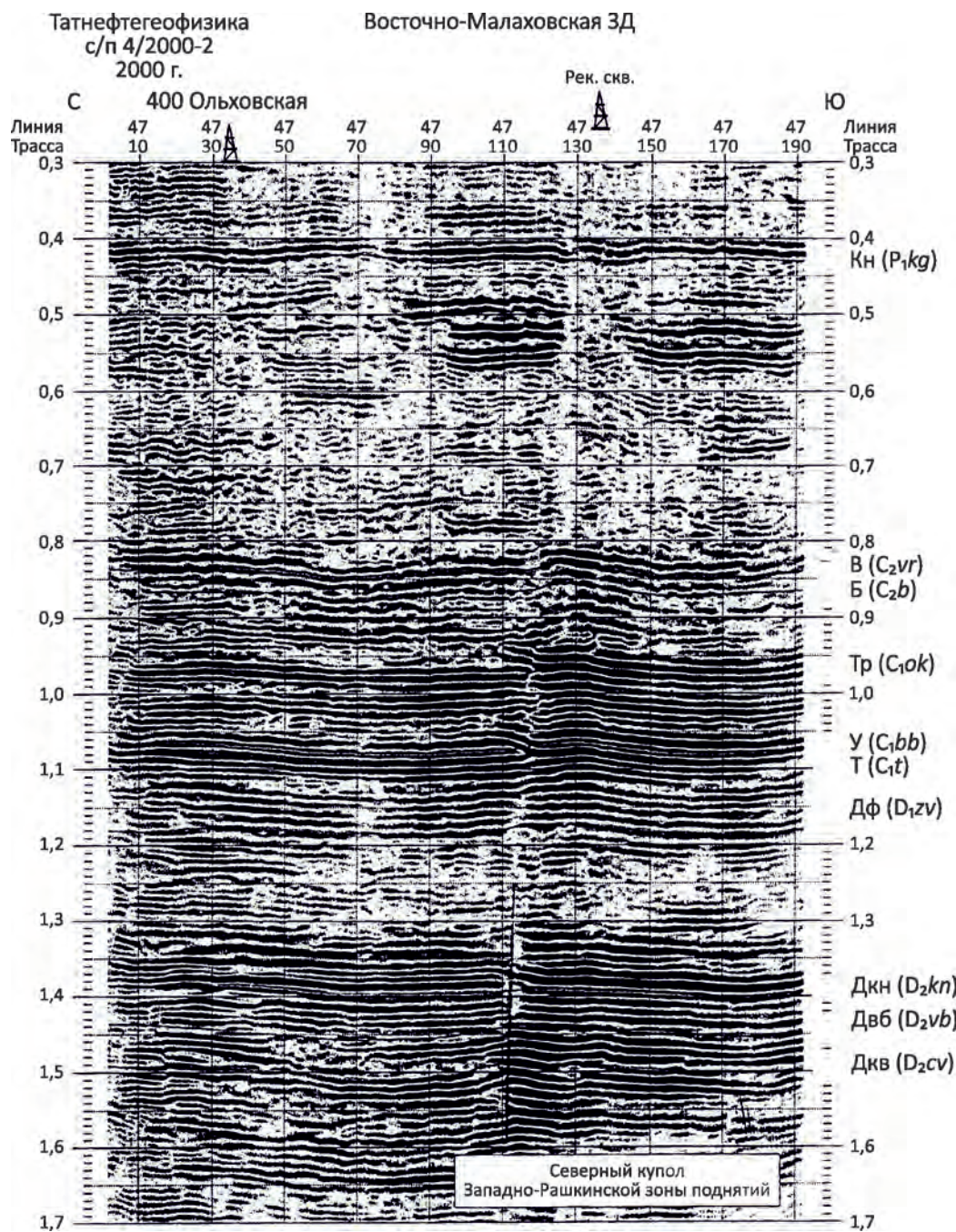


Рис. 3. Восточно-Оренбургское сводовое поднятие Вертикальный срез куба сейсмических данных по линии 47 Восточно-Малаховской с.п. 4/2000-2 ОАО Татнефтегеофизика, Л.К.Петрова:

пример сквозной тектонической зоны, затрагивающей всю осадочную толщу; проявляется в виде смещения по отражающим горизонтам девона и карбона и виде узкой зоны затухания сейсмической записи в отложениях перми; индексы отражающих горизонтов вдоль временной шкалы разреза указывают на их стратиграфическую приуроченность: Кн (P₁kg) – кровля кунгурского яруса, В (C₂vr) – кровля верейского горизонта, Б (C₂b) – кровля башкирского яруса, Тр (C₁ok) – кровля тарусского горизонта, У (C₁bb) – кровля бобриковского горизонта, Т (C₁t) – кровля турнейского яруса, Дф (D₁zv) – кровля заволжского горизонта, Дф₁ (D₁fm) – кровля фаменского яруса, Дкн (D₂kn) – кровля кыновского горизонта, Двб (D₂vb) – кровля воробьевского горизонта, Дкв (D₂cv) – кровля койвенского горизонта

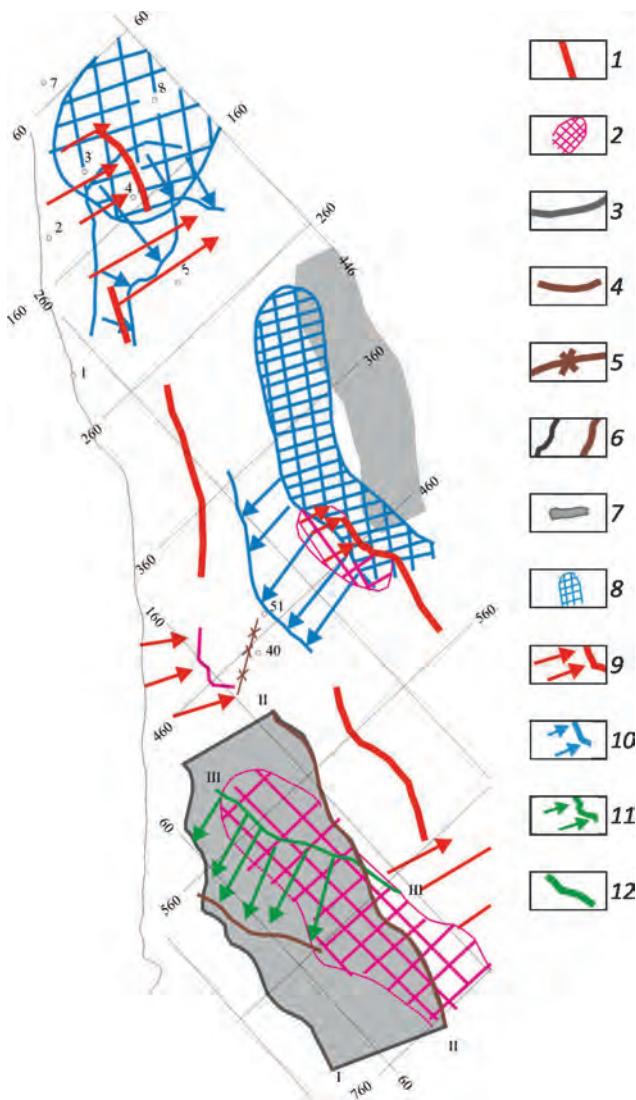


Рис. 4. Топонимическая схема для Северо-Елтышевского участка; результат анализа сейсмического материала сейсмопартии ЗД 16/05-2:

1 – тектонические нарушения в девонских отложениях; 2 – гребневая антиклинальная зона по поверхности размыва; граница: 3 – начала размыва афонинских отложений (ОГ Даф), 4 – начала размыва карбонатно-терригенных отложений девона, 5 – предполагаемая; 6 – разновозрастная граница размыва (между линиями I-I и II-II); зоны: 7 – отсутствия девонских отложений, 8 – приподнятого залегания ОГ У (Т); флексуры по ОГ: 9 – в девоне, 10 – карбоне, 11 – нижней перми; 12 – начало резкого погружения нижнепермских отложений в сторону ПВ

2) погребенные структурно-дизъюнктивные ловушки типа сбросов; проявляются при наличии северных погружений (примером может быть Камелик-Чаганская система разломов);

3) погребенные структурно-дизъюнктивные ловушки типа взбросов образуются при благоприятной ориентировке нарушения (например, Гаршинский и Акъярский разломы);

4) приграбеновый тип связан с девонским грабенообразным прогибом (ДГП), выполняя функцию эффективного экрана; для водоносности зон сосредоточения играет роль ориентировка девонского грабенообразного прогиба (ловушки, контролируемые Алябеево-Хомутовским ДГП);

5) тектонически-экранированный тип ловушек, создаваемый комбинациями тектонических нарушений различной ориентации; тектонические зоны экранируют подземные воды (Родниковское месторождение нефти);

6) блоковый тип, образующийся при развитой системе обновленных тектонических нарушений, включая подтип микрограбенов с рифей-вендскими отложениями (Ольховский грабен);

7) надразломный тип с подтипом ловушек, связанных постгенетически с тектоническими нарушениями, например, органогенные постройки отложений, перекрывающих тектонические нарушения; их повышенная водоносность проявляется благодаря неотектоническим поднятиям (ловушки Рыбкинского, Золотовского месторождений);

8) сложные ловушки с признаками нескольких типов.

Обоснование перспективных направлений поисков зон сосредоточения подземных вод. Таким образом, анализ временных разрезов, комплексная интерпретация материалов сейсморазведки и результаты разведочного и поисково-разведочного бурения на исследуемой территории позволили выявить роль обновленных на новейшем этапе тектонических нарушений в размещении зон сосредоточения подземных вод и рассолов в отложениях нижнего гидродинамического этажа осадочного чехла. Подтвержден унаследованный характер дизъюнктивных дислокаций, имевших место в девонское время и на последующих этапах геологической истории, включая новейший этап. Методами сейсморазведки установлены закономерности распределения тектонических разломов на исследуемой территории и их роль в размещении зон сосредоточения подземных вод в осадочном чехле.

Полагаем, что представленная карта тектонических нарушений, совмещенная со структурной картой по додевону (см. рис. 7), может рассматриваться в качестве прогнозной для поисков зон сосредоточения подземных вод.

Показано исключительное разнообразие платформенной разрывной тектоники. Глубинные разломы выделены как нарушения 1 ранга, а погребенные, наиболее протяженные высоко- и малоамплитудные нарушения отнесены ко 2 рангу.

Систематизация критериев поиска приразломных структур позволяет повысить эффективность прогноза

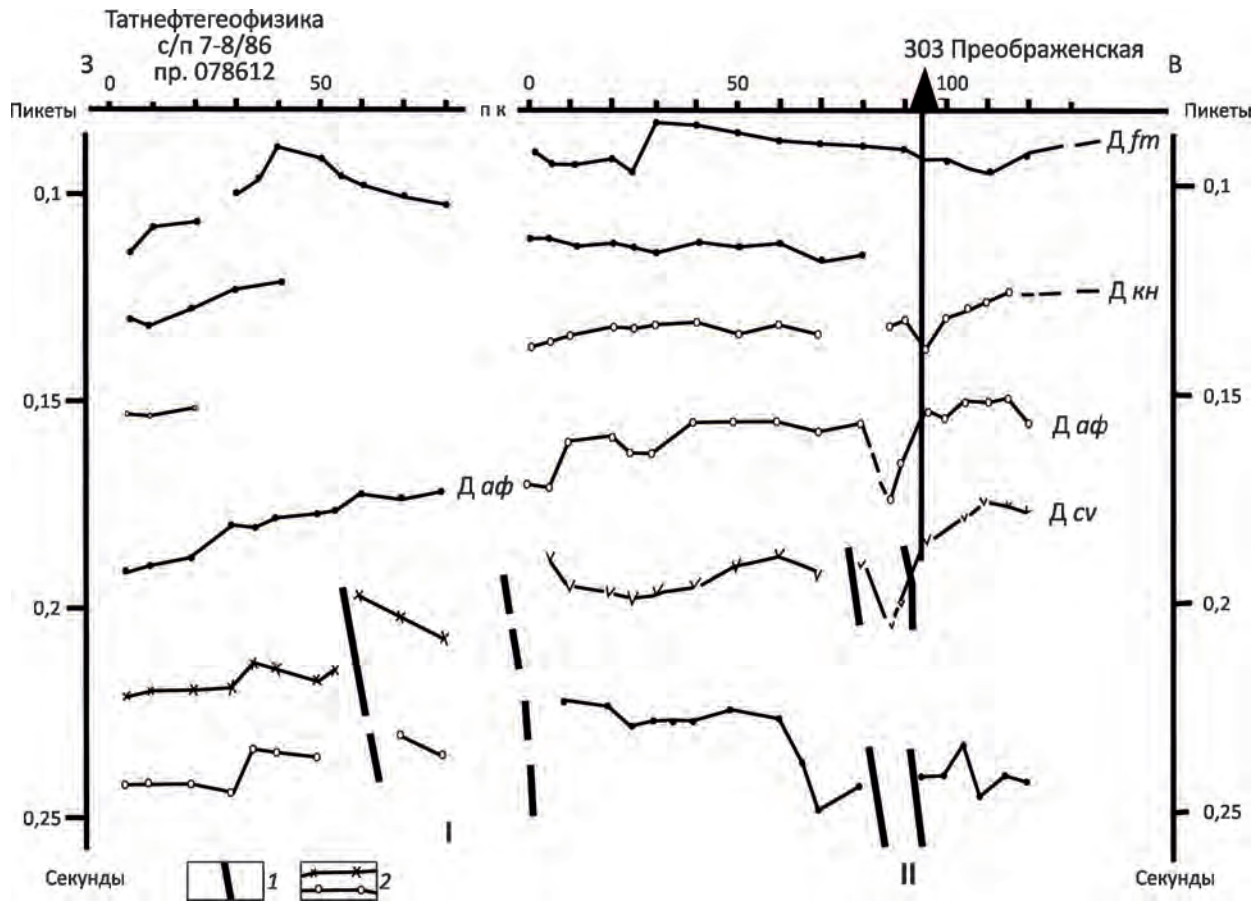


Рис. 5. Палеовременной разрез, построенный от базисного отражающего горизонта У – кровли бобриковского горизонта (Преображенская сейсмическая площадь, Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, вблизи границы с Башкирией):

1 – тектонические нарушения; 2 – оси синфазности соответствующих отражающих горизонтов; индексы отражающих горизонтов на палеовременном разрезе указывают на их стратиграфическую приуроченность: Dfm – кровля фаменского яруса, Dкн – кровля кыновского горизонта, Даф – кровля афонинского горизонта, Дсв – кровля койвенского горизонта

и поисков зон сосредоточения подземных вод. К этим критериям относятся: ориентация тектонических нарушений; изохронная интервальность времени Дтерр-У; наличие у структур северных крыльев; способность закальматированных трещинных зон экранировать флюиды; тип сейсмofации, вмещающей прогнозируемую зону и др. Интерес представляют следующие типы структур: пликативные, сквозные структурные зоны, погребенные, дизъюнктивные (сбросы и взбросы), конседиментационные, сингенетичные с тектоническими нарушениями, приграбеновые, контролируемые девонским грабенообразным прогибом, тектонически-экранированные, блокового типа, надразломные, постгенетические органогенные постройки и сложного тектонического типа, благодаря дизъюнктивной тектонике.

Предложенная методика выявления и трассирования тектонических нарушений и зон сосредоточения

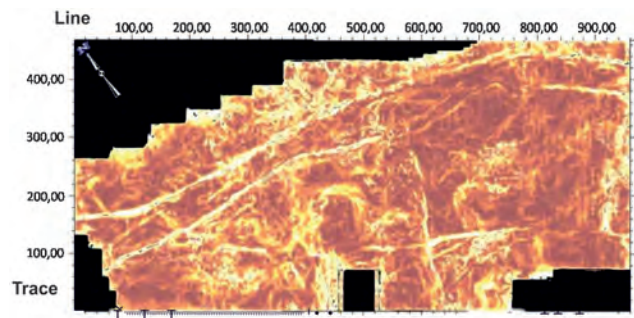


Рис. 6. Проведение обработки и интерпретация сейсморазведочных материалов МОГТ ЗД на Гаршинском месторождении:

полупрозрачный срез куба атрибута Dip в интервале времен 1640–1660 мс

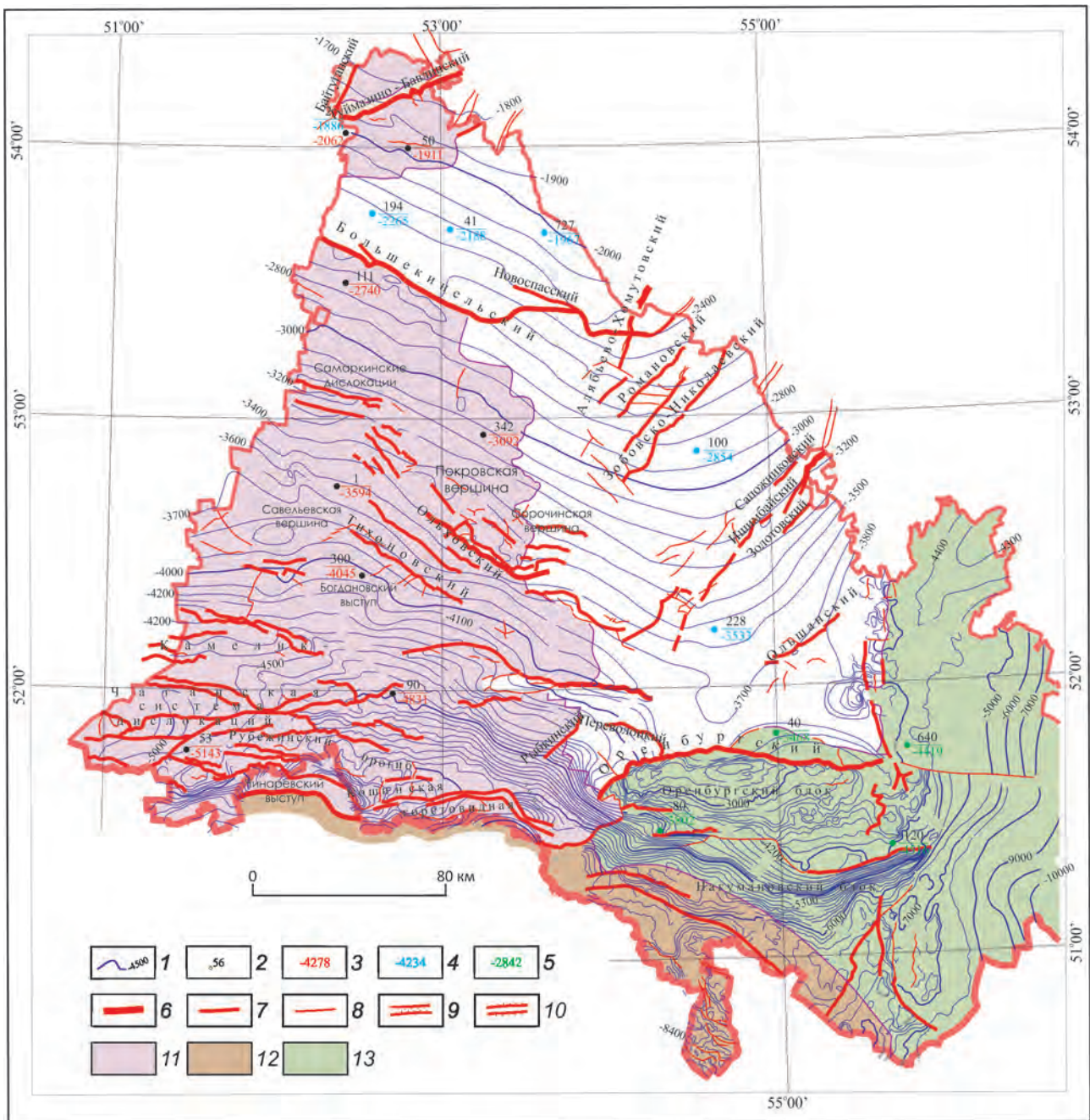


Рис. 7. Сводная структурная карта по кровле додевонской поверхности в границах западной части Оренбургской области:

1 – изогипсы кровли додевонской поверхности; скважины, вскрывшие додевонскую поверхность, с отметками кровли; 2 – кристаллического фундамента, 3 – рифей-вендских отложений, 4 – ордовикских отложений; тектонические нарушения: 5 – 1-го ранга (глубинные разломы), 6 – 2-го ранга – региональные, 7 – 3-го ранга; 8 – грабены и грабенообразные прогибы; 9 – горсты и горстовидные поднятия; отложения, вскрытые под девонем

подземных вод может найти применение во многих районах со сложными сейсмогеологическими условиями, подобными Бузулукской впадине.

Отличие карты тектонических нарушений от геоморфологической и космодешифрирования. Аксиомой считается приуроченность русел рек к

тектоническим нарушениям, которые являются зонами повышенной трещиноватости. Однако прямое сопоставление русел с тектоническими нарушениями, по мнению авторов данной публикации, требует определенной поправки, которая связана с постоянно действующей силой Кориолиса, обязанной вращению Земли. Из-за вращения, по закону Бэра [2, 4], в северном полушарии подмывается правый берег рек независимо от их ориентировки. Эти постоянно действующие в одном направлении силы смещают русла рек в сторону их правобережья.

Оценить величину смещения допустимо лишь для четвертичного периода, как она зафиксирована на геологической карте. Можно с большей долей вероятности соотносить сквозные тектонические нарушения с руслами известных рек (Большекинельский разлом с р. Большой Кинель, Оренбургский глубинный разлом с р. Урал). Оценить величину смещения для конкретного тектонического нарушения, установить положение палеоруслу в определенных интервалах геологического разреза – это задача последующих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области* / Под ред. А.С.Пантелеева, Н.Ф.Козлова. – Оренбург: Оренбургское книжное изд-во, 1997.
2. *Закон Бэра* // Википедия. [2014]. <http://ru.wikipedia.org/?oldid=64081917>.
3. *Макарова Н.В., Макаров В.И., Суханова Т.В.* О соотношении эрозийных и тектонических процессов в платформенных и горных условиях // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2008. № 5. С. 4–11.
4. *Сила Кориолиса* // Википедия. [2014]. <http://ru.wikipedia.org/?oldid=64589597>.
5. *Соколов А.Г.* Выделение и трассирование тектонических нарушений по данным сейсморазведки и прогнозирование приразломных ловушек в платформенном Оренбуржье. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2010.
6. *Строение кристаллического фундамента в краевой юго-восточной зоне восточно-европейской платформы* / А.Г.Соколов, И.А.Денцкевич, А.Г.Черепанов, Д.А.Левренец // Геология нефти и газа. 2011. № 4. С. 39–46.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Плата с авторов за публикацию (в том числе с аспирантов) не взимается. Гонорар не выплачивается. Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на ее опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию:
тел. +7 (495)315-28-47, E-mail: ogeo@tsnigri.ru