

1. Свидзинский С.А. Внутренняя тектоника соляно-купольных структур и методы ее изучения. – Ростов-на-Дону: изд-во Ростов. ун-та, 1992. – 152 с.
2. Свидзинский С.А., Московский Г.А. Поволжский бишофитоносный бассейн. Строение, условия образования, геолого-промышленная оценка. – Саратов: изд-во "Научная книга", 2004. – 104 с.
3. Кизериты Эльтонского месторождения и перспективы их промышленного использования /С.А. Свидзинский, В.С. Деревягин, В.В. Вязовов, Ф.И. Ковальский, Н.М. Седлецкая //Литология и полезные ископаемые. – 1982. – № 1. – С.100-108.
4. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. – М., 1962. – 398 с.
5. Свидзинский С.А., Московский Г.А., Петрик А.И. Нижнепермская галогенная формация западной части Северного Прикаспия //Геология, полезные ископаемые, перспективы промышленного освоения. – Саратов: изд-во ООО "СП-Принт", 2011. – 280 с.

УДК 551.243 (470.44)

## СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

© 2013 г. Ю.Д. Горьков

Общеизвестно, что большинство месторождений нефти и газа связано с разрывными нарушениями (РН). Известно также, что выявление РН геофизическими методами, особенно малоамплитудных и погребенных, представляет собой трудноразрешимую задачу.

В статье рассматривается способ выявления РН с помощью геолого-геофизических критериев в сложных сейсмогеологических условиях в пределах площади с размерами около 1000 км<sup>2</sup>, находящейся в юго-восточной части Дальнего Саратовского Заволжья. Площадь примерно совмещается в плане с Перелюбско-Рубежинским лицензионным участком (рис.1).

Сведения о геологическом строении недр получены в результате геолого-геофизических работ, осуществлявшихся во второй половине прошлого и начале настоящего столетий. По результатам работ на площади пробурены глубокие скважины в

1975-1991 гг. со вскрытием отложений архея (скв.1 Малаховской, скв.1 Меловой), среднего девона (скв.7 Карповской), нижнего карбона (скв.2 Карповской), среднего карбона (скв.1 Карповской) и перми (скв.1 Озёрской).

Установлено, что на площади кристаллический фундамент слагают архейско-нижнепротерозойские гранито-гнейсы, а осадочный чехол – рифейские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские отложения. Кембрийские и ордовикские отложения отсутствуют, а верхнепалеозойские и мезозойские характеризуются локализованным распространением (рис.2). Литолого-стратиграфическая характеристика разреза достаточно полно изложена в работах Ю.А. Писаренко (ФГУП "НВНИИГГ", 2011).

Наиболее значимым результатом в тектоническом отношении является картирование крупных структур: Карповско-Малаховского вала; Перелюбско-Рубежинского



Рис.1. Тектоническая схема площади исследований и прилегающих территорий

прогиба, осложняющего юго-западную окраину Бузулукской впадины; Клинцовского выступа Пугачёвского свода; предбортовой моноклинали Прикаспийской впадины и ее борта. На площади эти структуры представлены отдельными фрагментами.

Из РН на этой территории установлено только региональное высокоамплитудное (до 500 м по фундаменту) нарушение, ограничивающее Карповско-Малаховский вал с северной стороны. Специалисты предполагали существование и других РН преимущественно в отложениях терригенного девона, но это не отображалось на графических и других материалах. Правда, на таких материалах имеются единичные бескорневые РН в надсолевой части разреза. Но они, по моему мнению, проведены без должного обоснования.

Необходимо заметить, что рассматриваемая площадь, за исключением Перелюбско-Рубежинского прогиба, является частью обрамления Прикаспийской впадины. Особенности строения и тектонического разви-

тия обрамления впадины, ее бортовой зоны были установлены исследованиями в прошлом столетии. Ведущая роль в этом принадлежала РН. Так, автором статьи на отрезке бортовой зоны протяженностью более 200 км (от Ровненской до Ершовской площадей глубокого бурения скважин) были изучены материалы профилей КМПВ, МОВ и МПОВ. В результате выявлены и протрассированы многочисленные РН по фундаменту, проникающие в осадочный чехол на различную "высоту" (НВНИИГГ, Ю.Д. Горьков, 1972-1973).

Простирание РН параллельное и субпараллельное бортовому уступу. Амплитуда по фундаменту варьирует в пределах 100-600 м во внешней и 300-1000 и более м во внутренней части бортовой зоны. Амплитуда РН по осадочному чехлу, в зависимости от "высоты" проникновения, находится в пределах от 100 до 400 м во внешней и от 200 до 600 м во внутренней части бортовой зоны. Протяженность РН различная: от нескольких километров до 50-ти. Структурные

# ГЕОЛОГИЯ

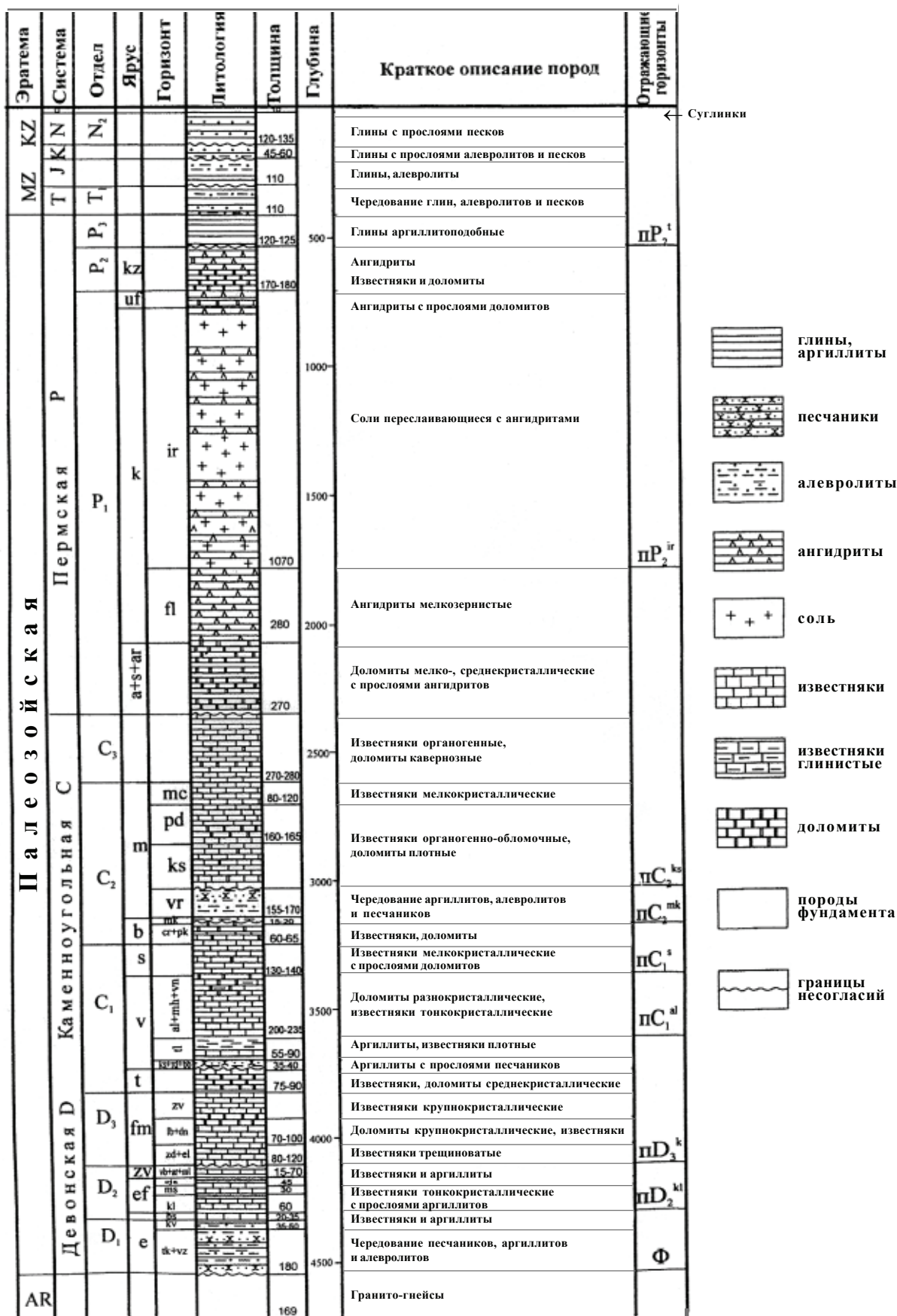


Рис.2. Сводный литолого-стратиграфический разрез

уступы сопряженных блоков, разграниченных РН, в большинстве случаев обращены в сторону впадины. Встречаются РН, трассирующиеся близко друг к другу (1-2 км), ограничивающие грабены в фундаменте и осадочном чехле. Нарушениями бортовая зона Прикаспийской впадины расчленяется на ряд крупных и осложняющих их мелких структурно-тектонических блоков – ступеней. Ширина крупных блоков находится в пределах 5-15 км, мелких – 1-5 км.

Более детальные исследования надсолевой части разреза были проведены на отрезке бортовой зоны, включающем глубокие скважины Ждановской, Краснокутской, Карпёнской и структурные – Лебедевской, Краснокутской и других площадей. В результате установлено, что в большей по протяженности восточной части названного отрезка зоны осадочный чехол разбит РН на узкие и протяженные блоки – горсты и грабены. Трассируются они субпараллельно бортовому уступу. Горсты и грабены чередуются между собой. По структурной карте кровли батского яруса ширина блоков 1,5-2,5 км, протяженность в закартированной части 30-40 км. Предполагается их продолжение на северо-восток, за рамки рассматриваемого отрезка бортовой зоны. Средние значения амплитуд перемещения сопряженных блоков относительно друг друга находятся в пределах 150-250 м.

По данным карты мощностей отложений от кровли батского до казанского ярусов, интерпретируемой как палеоструктурный план, современным горстам соответствуют палеограбены и, наоборот, современным грабенам – палеогорсты. Такие соотношения могли возникнуть только в результате возвратных инверсионных движений блоков. Многочисленные скважины обеспечили надежность построений, а инверсия узких и протяженных блоков исключает возникновение установленного строения и развития за счет соляной тектоники, т. е. воз-

вратных перетоков соли. Ширина дислоцированной части предбортовой зоны на узкие протяженные "инверсионные" блоки составляет 10 км и более (за рамками исследованного отрезка зоны). Предполагалось, что строение надсолевого разреза осадочного чехла унаследовано от подсолевого палеозоя. Подтверждение было получено результатами исследования Дергачёвско-Озинского сегмента бортовой зоны Прикаспийской впадины [3, 6]. Эта часть зоны находится в пределах сопряжения впадины с Милорадовским прогибом на западе и с юго-восточными погружениями Клинецовского выступа и Карповско-Малаховского вала на востоке. Исследования выполнялись с применением методов структурного и палеоструктурного анализов [4].

В результате установлено, что внешняя часть бортовой зоны впадины по нижней подсолевой перми находится в пределах, условно назовем, Северного, а внутренняя – Южного наиболее крупных структурно-тектонических блоков. Крупные блоки осложнены узкими блоками, простирающимися субмеридионально и субширотно.

Блоки разграничены РН, из которых наиболее значительным является глубинный разлом. В течение геологического времени сопряженные блоки испытывали разнонаправленные конседиментационные и фазовые движения, т. е. возвратные (инверсионные).

Конседиментационные движения происходили в процессе накопления осадков, фазовые – во время перерывов в их накоплении. Они сопровождалась размывами ранее накопленных толщ, вплоть до полного их уничтожения. Фазовые движения происходили в предтимаанское, предсаргаевское, предъевлановско-ливенское, предзандонско-елецкое, предпермское, предиреньское, предверхнепермское, предбайосское и предакчагыльское времена. Возвратные движения блоков приводили к возникновению



РН, разграничивающих наиболее крупные и осложняющие их мелкие блоки.

Ширина наиболее изученной внешней части бортовой зоны, дислоцированной в форме узких и протяженных блоков, измеряется 7-10 км. Протяженность блоков находится в пределах 50-70 км. Амплитуды тектонических движений блоков относительно друг друга находятся в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Наиболее крупных – Северного и Южного – блоков до 1000 и более метров.

Инверсионные движения неизбежно приводили к дислокации напластований в поперечном сечении каждого блока в форме синклиналей в одних частях разреза и антиклиналей в других. С учетом этого было предложено такие части блоков именовать: горст-синклиналями, горст-антиклиналями и грабен-антиклиналями, грабен-синклиналями.

Выявленные особенности дислокации узких протяженных блоков имеют решающее значение в прогнозировании ловушек углеводородов, предостерегают от ошибочного истолкования повторяющихся "раздувов" карбонатных частей разреза, как рифогенных построек.

По мере удаления от бортового уступа Прикаспийской впадины встреча "мелких" РН становится реже. Вместе с этим появляется вероятность выявления более крупных РН. Примером может служить известные Марьевско-Клинцовский и Карповско-Малаховско-Первосоветский региональные РН. Первое РН трассируется в широтном направлении на протяжении более 80 км через Марьевскую вершину и Клинцовский выступ Пугачёвского свода. Блоки, разграниченные этим разломом, испытывали возвратные инверсионные движения [2]. Предполагается, что Марьевско-Клинцовское РН посредством субмеридиональных нарушений соединяется с Карповско-Малаховско-Первосоветским.

Аналогичная дислоцированность разреза осадочного чехла предполагалась и в пределах площади, являющейся объектом рассмотрения настоящей статьи. Прогноз РН на площади осуществлен с помощью геологических, геоморфологических, преимущественно гидрографических, геофизических критериев (известных и широко применяемых), а также некоторых новых, обоснованных и апробированных автором статьи [5, 7].

Большинство перечисленных критериев условно можно подразделить на две подгруппы: тектоническую и эрозионно-тектоническую. Первая подгруппа связана преимущественно с дислокациями осадочного чехла и фундамента, а вторая – с современным рельефом земной поверхности.

Тектоническая подгруппа включает следующие критерии:

- резкие перепады в глубинах залегания одноименных стратиграфических подразделений на коротких расстояниях;
- контакты разновозрастных стратиграфических подразделений (на палеогеологических картах искусственных срезов палеоструктур);
- скачкообразные изменения мощностей одновозрастных отложений на коротких расстояниях;
- резкие изменения простираций изолиний (изогипс, изопахит и других линий) на различных картах;
- установление инверсионных движений структурных блоков (разрывные нарушения выделялись как достоверные в зонах сопряжения блоков, в частях разреза, претерпевших возвратные движения, так как отложения, претерпевшие однажды складчатость, могут подвергаться только разрывным дислокациям);
- аномальные выпадения, если они не связаны с перерывами в накоплении осадков, и повторения отдельных частей разреза в скважинах, устанавливаемые путем

детальной послонной корреляции разрезов скважин.

Эрозионно-тектоническая подгруппа объединяет критерии:

– существование речных долин, русел речек, временных водотоков и других эрозионных врезов (достоверность прогноза подтверждается многочисленными фактами приуроченности гидросети к разрывным нарушениям);

– установление факта унаследованности речных долин, заключающегося в полном или частичном совпадении планов современных и древних погребенных долин, русел рек и речек;

– спрямленные участки рек, мелких речек и временных водотоков;

– асимметричность речных долин, заключающаяся в развитии пологого и крутого бортов, если это не объясняется силами Кориолиса;

– резкие изменения трассировки долин рек и их русел, а также мелких речек и временных водотоков;

– нахождение на одной прямой рек, мелких речек и временных водотоков с направлениями течения навстречу друг другу или в противоположные стороны;

– существование уступов в современном рельефе земной поверхности;

– развитие зон максимальных значений вертикальной расчлененности (устанавливаемых с помощью карт вертикальной расчлененности рельефа);

– полосовые сгущения изолиний на различных картах (геоморфологических, геологических, структурных, мощностных, гравиметрических и других).

В процессе исследований площади был выявлен и охарактеризован дополнительный геофизический комплексный критерий – сейсмическая аномальная зона, рассмотренная ниже [8].

Основными фактическими материалами, по которым прогнозировались РН с по-

мощью геолого-геофизических критериев, являются:

– структурные и мощностные карты, составленные в результате сейсморазведочных работ трестом "Саратовнефтегеофизика" и СГЭ "НВНИИГ";

– сейсмические временные разрезы по отработанным сейсмопрофилям названных организаций;

– морфометрические карты полибазисной поверхности и вертикальной расчлененности современного рельефа земной поверхности;

– карты, составленные морфометрическо-изопахическим методом по отдельным участкам площади, и другие.

Структурные карты, построены по основным сейсмическим отражающим горизонтам (СОГ):

Ф – поверхность кристаллического фундамента;

пD<sub>2</sub><sup>kl</sup> – подошва клинцовских отложений девона;

пD<sub>3</sub><sup>k</sup> – подошва карбонатного девона;

пC<sub>1</sub><sup>al</sup> – подошва алексинских отложений нижнего карбона;

пC<sub>1</sub><sup>s</sup> – подошва серпуховских отложений нижнего карбона;

пC<sub>2</sub><sup>m<sup>k</sup></sup> – подошва мелекесских отложений среднего карбона;

пC<sub>2</sub><sup>ks</sup> – подошва каширских отложений среднего карбона;

пP<sub>1</sub><sup>ir</sup> – подошва иренских отложений нижней перми;

пP<sub>2</sub><sup>t</sup> – подошва татарских отложений верхней Перми.

Использовались карты мощностей, составленные для интервалов разреза, ограниченных перечисленными СОГ (Ф – пD<sub>3</sub><sup>k</sup>; пD<sub>3</sub><sup>k</sup> – пC<sub>1</sub><sup>al</sup>; пC<sub>1</sub><sup>al</sup> – пC<sub>2</sub><sup>ks</sup>; пC<sub>2</sub><sup>ks</sup> – пP<sub>2</sub><sup>t</sup>).

Первоначально возможности развития РН определялись с помощью тектонической подгруппы критериев на каждой структурной карте и карте мощностей. Затем с карт намеченные РН переносились на рабочую

схему разрывно-блоковых дислокаций в виде "исходных" линий. На каждой линии отмечалось, с какой карты (структурной или мощностной) она перенесена. В результате на рабочей схеме на фоне малочисленных хаотично ориентированных линий вырисовались узкие – 1-2, и протяженные – 4-8 км зоны концентрации исходных линий, в которых прогнозировалось существование РН.

По опубликованным данным, плоскости РН наклонены к горизонту в пределах от 40 до 80°. Это означает, что с учетом мощности осадочного чехла проекции плоскостей РН на план вписываются в зоны концентрации исходных линий (шириной 1-2 км).

Линии в зонах концентрации располагались примерно параллельно друг другу и на близких расстояниях, часть линий совмещались. В такой ситуации прогноз РН осуществлялся путем проведения в зонах концентрации осредняющих линий, интерпретируемых как прогнозируемые РН.

Осредняющие линии проводились с учетом распределения исходных в зонах их концентрации. В случаях равномерного распределения осредняющие линии проводились посередине зон. Если исходные линии смещались к какому-либо краю, осредняющие линии изображались смещенными в том же направлении.

После нанесения на рабочую схему осредняющих линий оказалось, что часть из них находится на продолжениях друг друга, со сравнительно небольшими промежутками между ними – 1-3 км. Нередко в промежутках находились исходные линии, выполняющие роль "связующих". В таких случаях осредняющие линии соединялись в одну более протяженную.

В результате рассмотренной технологии с помощью тектонической подгруппы критериев было выделено значительное количество исходных линий (569 шт.). В их чис-

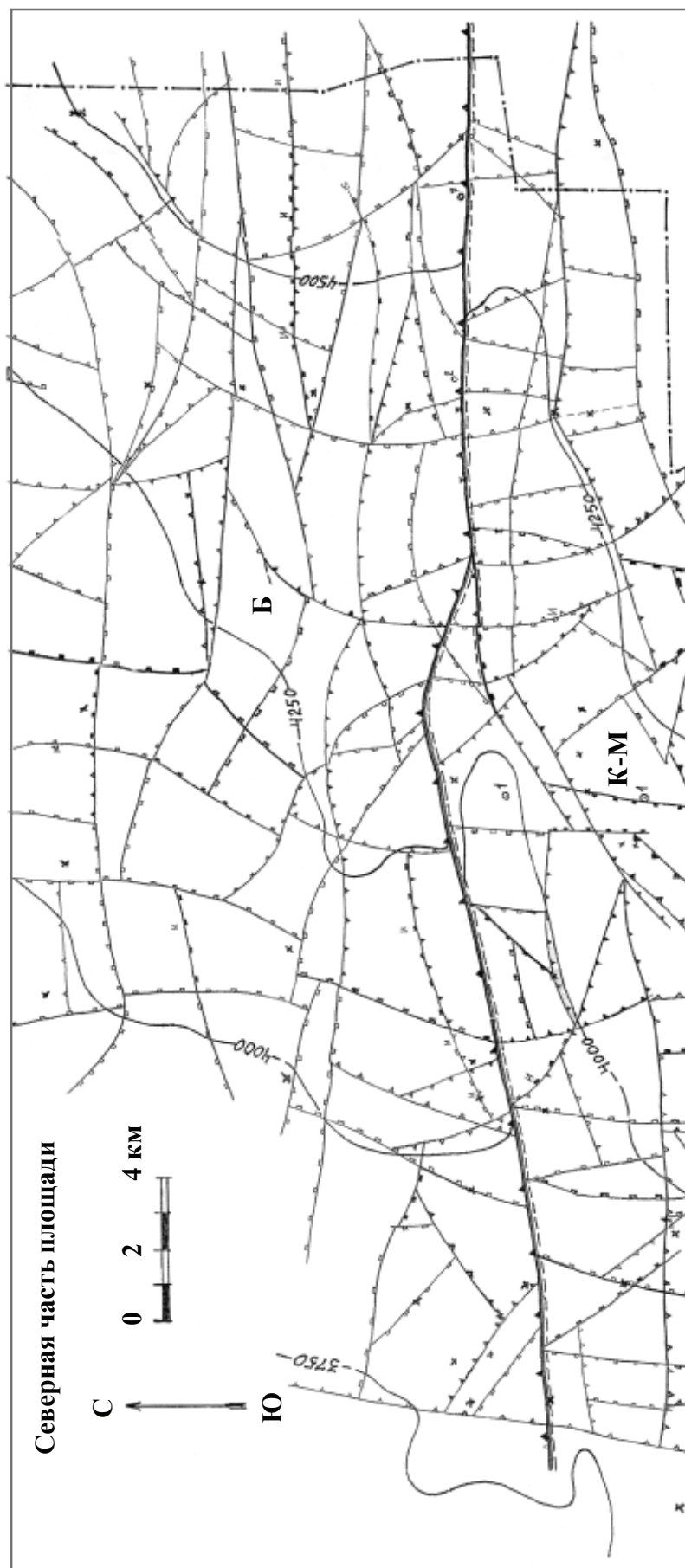
ле по структурным картам СОГ выделено 360, а по картам толщин отложений – 209 линий. Из всех выделенных исходных линий в зонах концентрации оказалась 421 линия (74 %). Это означает, что в отдельно взятой зоне может находиться 3-5 исходных линий. Исходные линии (421 шт.) сгруппировались в 100 зонах концентрации. Следовательно, столько же проведено в зонах и осредняющих линий, интерпретируемых как РН. Эти нарушения (в количестве 100 шт.) были нанесены на окончательную схему выявленных РН (рис.3). Из оставшихся линий за пределами зон концентрации были выбраны наиболее надежные в отношении отображения РН и (в количестве 30 шт.) дополнительно нанесены на схему.

Всего на схему нанесено 130 линий – 100 осредняющих и 30 исходных, интерпретируемых как РН.

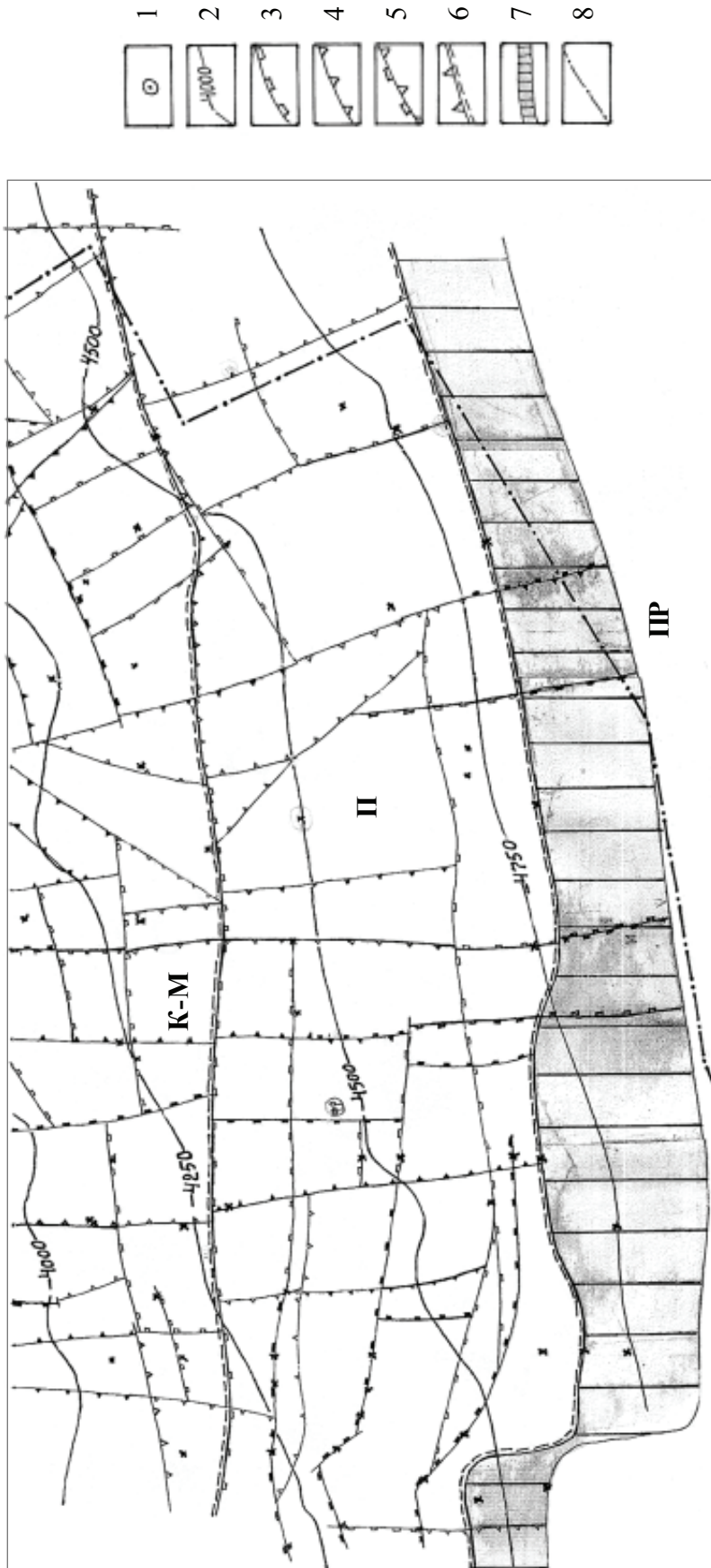
Рассмотрим результаты выявления РН с помощью последующей эрозионно-тектонической подгруппы критериев. Основными фактическими материалами для этого явились, как сказано выше, структурная карта полибазисной поверхности и карта вертикальной расчлененности современного рельефа земной поверхности.

Рассмотрение результатов целесообразно осуществить отдельно – для северной и южной частей площади, разграниченных условной широтой, проходящей в 1,5 км южнее скв.1 Меловой.

В северной части площади по карте полибазисной поверхности выделяется 8 исходных линий, находящихся (одна линия) в западной и (семь) в восточной частях северного участка. Все линии характеризуются близким расположением к северному – северо-западному простиранию, они полностью или почти полностью пересекают участок. В плане одна часть линий своими большими по протяженности спрямленными отрезками попадает в зоны кон-







**Рис.3. Схема выявленных разрывных нарушений. Крупные структурно-тектонические блоки: Б – Бузулукский, К-М – Карповско-Малаховский, П – Предбортовой, ПР – Прикаспийский. 1 – скважины; 2 – изогипсы подошвы отложений карбонатного девона; разрывные нарушения, типы: 3 – погрбенные; 4 – унаследованные; 5 – инверсионные; 6 – разрывные нарушения, ограничивающие крупные блоки; 7 – ботовой уступ; 8 – граница области. Зубцы в пределах разрывных нарушений направлены в сторону гипсометрически опущенных блоков; закрашенные зубцы обозначают более надежно спрогнозированные разрывные нарушения**

центрации исходных линий, а другая проходит субпараллельно зонам на расстоянии 250-1000 м от них.

Аналогичная картина наблюдается в пределах южной части площади. Здесь по структурной карте полибазисной поверхности также выделяется восемь исходных линий. Простираение этих линий меридиональное – в западной и субмеридиональное – в восточной частях площади. В целом в пределах южной части площади, по сравнению с северной частью, выделяется большее количество исходных линий, попадающих в пределы зон их концентрации. Ряд исходных полибазисных линий совмещается в плане с линиями, выделенными с помощью первой подгруппы критериев. Многие исходные линии пересекают южную часть площади, выходя за ее пределы.

По карте вертикальной расчлененности рельефа, как в пределах северной, так и южной части площади, выделено примерно равное количество исходных линий. Эти линии попадают в плане в зоны концентрации исходных линий, выделенных по картам, рассмотренным выше.

В целом линии, выделенные с помощью эрозионно-тектонической подгруппы критериев, существенно повысили достоверность ранее выделенных линий, что говорит и о достоверности выявленных РН (рис.3).

Таким образом отмечено, с какой карты (структурной или карты мощности) линия перенесена в ту или иную зону концентрации. По совокупности "отметок" на исходных линиях определялась выраженность в разрезе осредняющих линий, отождествляемых с прогнозируемыми РН. Получилось, что каждое РН характеризуется своей выраженностью, или развитием, в разрезе осадочного чехла. Одни РН развиты только в отложениях терригенного девона, другие – в больших, различных по стратиграфическому объему интервалах разреза.

Установленные особенности выраженности РН позволяют отнести их к двум типам – погребенному и унаследованному.

Погребенные РН развиты: одни только в фундаменте, другие – в фундаменте и терригенном девоне.

Унаследованные РН развиты выше по разрезу, вплоть до дневной поверхности. Каждое РН этого типа сверху ограничено перекрывающими отложениями, до которых нарушение развито. Все зависит от количества и времени проявления структуроформирующих фаз, участвовавших в формировании каждого конкретного РН. В связи с этим прогнозируется ряд подтипов РН, развитых до подошвы отложений:

- ассельского (сакмарского ?) ярусов нижней перми;
- иреньского горизонта нижней перми;
- байосского яруса средней юры;
- акчагыльского яруса неогеновой системы;
- четвертичной системы.

Завершается перечень подтипом:

- "сквозные" РН, развитые во всем разрезе осадочного чехла до современного рельефа земной поверхности, представляющей собой крупный стратиграфический перерыв в накоплении морских осадков. Все другие перечисленные подошвы отложений также представляют собой поверхности стратиграфических перерывов.

Одним из основных показателей поисковой значимости РН является величина их амплитуды. Но прежде чем говорить об этом, поясним, что большинство исходных линий, отождествляемых с возможным развитием РН, было проведено примерно посередине крутых крыльев многочисленных складчатых структур – валов, структурных носов, локальных поднятий и других образований, отображенных на структурных картах СОГ. Амплитуды крутых крыльев структур оказались небольшими и находят-

ся в пределах 25-50 м для большинства и 50-100 для остальных. По заключению ряда специалистов-геофизиков, указанные амплитуды занижены на 30-35 %. С учетом этого наиболее реальными представляются амплитуды в 34-68 и 68-135 м соответственно. Занижение величин амплитуд, по мнению специалистов, могло происходить от недостаточного учета информации от верхних частей разреза и излишнего выравнивания первой жесткой границы  $pP_2^t$  (под предлогом удаления влияния эрозионных форм погребенного рельефа).

По результатам некоторых исследований, крутые крылья складчатых структур часто осложнены РН, амплитуды которых примерно равны 1/3 части амплитуд крыльев (Ю.Д. Горьков и др. Отчет: "Тектонические обоснование поисков..." Фонды НВНИИГГ, 1983). С учетом этого амплитуды спрогнозированных настоящими исследованиями РН могут составлять 11,3-22,7 м для большинства нарушений и 22,7-45 для остальных.

Принимая во внимание сведения по аналоговой территории, рассмотренной выше, амплитуды РН могут быть значительно больше, особенно по фундаменту и терригенному девону.

В результате анализа сейсмических временных разрезов свыше 1000 пог. км в пределах площади настоящих исследований установлено, что в разрезе осадочного чехла и фундаменте развиты многочисленные субвертикальные сейсмические аномальные зоны [8]. Характеризуются они следующими показателями:

- ослабление интенсивности записи СОГ, что приводит к проявлению зон в виде осветленных полос;
- разделение зон на отдельные части с различной четкостью записи СОГ;
- выражение зон в форме прогибов, миниграбенов по отдельным частям или на всю их высоту;

- нахождение в зонах в целом или в отдельных частях хаотично расположенных различной длины отрезков, пакетов СОГ с наклонами в одну или разные стороны (в пределах от горизонтального до вертикального положения);

- наличие от нескольких до многих условных (воображаемых) субвертикальных и вертикальных линий, по которым происходят разрывы и смещения СОГ в форме сбросов и взбросов;

- ограничение в ряде случаев зон в целом или их частей с обеих сторон условными линиями, от которых начинается более четкая прослеживаемость СОГ;

- смещение СОГ в зонах в форме сбросов и взбросов;

- нахождение в верхних частях ряда зон прорывов соляными массами отложений верхней перми, мезозоя и кайнозоя;

- нахождение асимметричных грабенообразных прогибов над прорывами в верхних частях зон;

- разрывы основного СОГ –  $pP_2^t$  в пределах зон со смещением, обусловленным наличием сбросов или взбросов;

- увеличение амплитуд смещения СОГ по условным линиям с глубиной в случаях разграничения разреза зонами складок, затухающих вверх по разрезу.

В ряде случаев в основаниях зон находятся фрагменты структурных уступов по фундаменту и терригенному девону.

Приведенные показатели сейсмических аномальных зон позволяют прогнозировать развитие в них РН. Сами же зоны можно расценивать как комплексный геофизический критерий выявления РН (дополнительно к приведенным выше критериям).

Всего на площади было выявлено 102 субвертикальные сейсмические аномальные зоны. После нанесения их на схему и замера расстояния от этих зон до ближайших к ним спрогнозированных РН оказалось, что

51 зона находится на линиях РН, это составляет 50 % от всех выявленных зон; 24 зоны отстоят от РН на 250 м (23,5 %); 18 зон находятся на расстоянии от РН на 500 м (17,5 %); 3 зоны находятся на удалении от РН равном 750 м (3 %); 5 зон отстоят от РН на 1000 м (4,9 %) и 1 зона удалена от РН на 1500 м (1 %). Из этого следует, что большинство сейсмических аномальных зон (50 + 23 %) находятся на спрогнозированных РН, подтверждая их существование. Остальные зоны (26,5 %) попадают в пределы зон концентрации исходных линий на рабочей схеме, т. е. в пределы проекций РН на горизонтальную плоскость. Это также является подтверждением существования оставшейся части РН.

Спрогнозированные РН расчленяют осадочный чехол в пределах площади на различные по размеру и форме структурно-тектонические блоки. В течение геологического времени блоки испытывали относительно друг друга тектонические движения. Каждые два контактирующих блока, разграниченных РН, испытывали восходящие и нисходящие тектонические движения. В результате в пределах каждого РН, разграничивающего контактирующие блоки, формировались структурные уступы, обращенные в сторону погружающегося блока.

В современном структурно-тектоническом плане в большинстве случаев в пределах РН уступы обращены в одну сторону (рис.3). Наряду с этим выявлено 15 случаев обращения уступов в разные стороны, что объясняется возвратными движениями блоков. Установлено, что во всех этих случаях в пределах каждого РН существует два уступа: древний (погребенный), развитый по нижней части разреза – по фундаменту и (или) терригенному девону, и молодой, унаследованного развития в верхней части разреза осадочного чехла. Такие РН можно выделить в третий тип – инверсионный,

смешанного – древнего и унаследованного – происхождения. Предполагается, что инверсионный тип РН имеет более широкое развитие, что будет подтверждено дальнейшими исследованиями.

Тектонические движения блоков, как отмечалось выше, происходят по наклонным плоскостям РН. Это приводит к возникновению субгоризонтальных сдвиговых подвижек блоков (сдвигов). Заложение сдвигов происходит чаще всего по уже существующим РН. При сдвигах напластования разреза осадочного чехла испытывают разрывы без предшествующих этому пластических (складчатых) деформаций. Возникающие РН – сдвиги, не сопровождаются формированием в их пределах структурных уступов. В случаях заложения сдвигов по существующим – погребенным, унаследованным и инверсионным – РН, они могут быть надстроены безуступными РН субгоризонтальных сдвигов вверх по разрезу (вплоть до современного рельефа земной поверхности). С учетом сказанного, представляется достаточно обоснованным существование РН, относимых к не менее распространенному четвертому типу – нарушений субгоризонтальных сдвигов.

На территории настоящих исследований выделяются особо крупные, крупные, мелкие блоки и их сколы.

К наиболее крупным блокам условно отнесены юго-западная окраина Бузулукской впадины в объеме Перелюбско-Рубежинского прогиба и часть северной окраины Прикаспийской впадины. Назовем их Бузулукским и Прикаспийским наиболее крупными блоками соответственно.

Среднюю, большую часть площади занимают также условно выделяемые два крупных блока – Карповско-Малаховский, включающий западную часть известного одноименного вала, и Предбортовой, являющийся фрагментом предбортовой моноклинали.

Мелкими являются многочисленные блоки, составляющие вышеназванные либо крупные и крупные.

Северную часть крупного Карповско-Малаховского блока осложняют Западный и Восточный склоны.

Наиболее крупные и крупные блоки с протяженных южных и северных сторон разграничиваются:

- Бузулукский и Карповско-Малаховский – региональным РН;
- Карповско-Малаховский и Предбортовой – протяженной линией РН;
- Предбортовой и Прикаспийский – бортовым уступом.

Мелкие блоки ограничиваются РН и линиями РН. Сколы, Западный и Восточный, ограничиваются линиями РН.

Разграничения РН наиболее крупных и крупных блоков характеризуются субширотными простираниями и имеют сложное строение. Так, региональное РН не представляет собой единый дизъюнктив, а состоит из двух – западного и восточного – крыльев, соединяющихся северо-восточнее скв. 1 Малаховской. Нарушение достаточно хорошо изучено сейсморазведкой, имеет унаследованное развитие. Структурные уступы его по всем горизонтам разреза обращены на север. Амплитуда нарушения изменяется по простиранию, возрастает с глубиной, достигает на отдельных отрезках нескольких сот метров, в частности по фундаменту – до 500 м.

Протяженная линия РН, разграничивающая Карповско-Малаховский и Предбортовой блоки, состоит из нескольких РН, относящихся к погребенному и унаследованному типам. Уступы нарушений обращены в южную сторону.

Бортовой уступ, разграничивающий Предбортовой и Прикаспийский блоки, изучен недостаточно. Но и на данной стадии изученности можно определить основные особенности строения уступа. Они позво-

ляют рассматривать уступ если ни как отрезок, фрагмент, то как ответвление от протяженного бортового уступа, ограничивающего Прикаспийскую впадину с северной – северо-западной сторон. По данным временных разрезов зона, включающая рассматриваемый уступ, характеризуется крутым падением кровли соляных отложений во впадину и, одновременно с этим, резким сокращением мощности этих отложений вплоть до полного их исчезновения. Сокращение мощности соляных отложений компенсируется "раздувом" – увеличением мощности во впадину надсолевых отложений от их кровли до подошвы татарских отложений (кр.  $P_1^{II}$  –  $P_2^I$ ). Достоверность определения названного интервала как "компенсирующего" подтверждается данными сейсмопрофиля 0588023, на котором мощность отложений от  $P_1^{II}$  до  $P_2^I$  в прилегающей к борту части зоны равна мощности этих же отложений во включающей борт остальной части зоны.

Вместе с тем зона, включающая рассмотренный бортовой уступ, изобилует погребенными и унаследованными РН с обращением структурных уступов в их пределах как в сторону Прикаспийского, так и Предбортового блоков.

РН и их линии, ограничивающие многочисленные мелкие блоки и сколы, целесообразно рассмотреть в пределах каждого крупного блока персонально.

Карповско-Малаховский блок по характеристике РН можно разделить на западную и восточную части. В западной части преобладают РН меридионального, а в восточной – субмеридионального простираний. Протяженность большинства нарушений находится в пределах 4-6 км. Наряду с названными имеются широтные и субширотные РН, а также их линии. Протяженность большинства таких нарушений составляет 4-7 км, а протяженность линий РН, выявленных в восточной части блока, на-



ходится в пределах 10-15 км. На сколах северного края блока РН имеют в основном субмеридиональное простирание. Уступы по нарушениям во многих случаях обращены на восток. В целом по блоку большинство РН относится к погребенному и унаследованному, а остальные – к инверсионному типу. По РН с субмеридиональным простиранием большинство уступов обращено в восточную и северо-восточную, а субширотным – в южную и юго-восточную стороны.

Бузулукский блок, по сравнению с рассмотренным, раздроблен более многочисленными РН. С учетом характеристики РН блок также можно разделить на две – западную и восточную – близкие по площади части.

В пределах западной части преобладающее простирание РН субмеридиональное (с-в). Протяженности нарушений 4-6 км. Большинство субмеридиональных РН относится к типу погребенных, развитых по фундаменту и терригенному девону. Структурные уступы по нарушениям обращены в юго-восточную сторону. В западной части блока наряду с РН выявлены и их линии с субширотными простираниями, состоящие из отдельных, различных по типу – погребенных, унаследованных, инверсионных – нарушений. Протяженность линий РН находится в пределах 8-16 км.

В пределах восточной части блока преобладают линии РН субширотного простирания, также объединяющие нарушения различного типа. В плане линии РН незначительно и плавно изогнуты, многие изгибы обращены в южную сторону. Некоторые линии РН продолжают в западную часть блока.

Структурные уступы в пределах РН, составляющих каждую конкретную их линию, часто обращены в какую-то одну (южную или северную) сторону. Наряду с

преобладающими субширотными имеются РН и с северо-восточными простираниями, относящиеся к погребенному и унаследованному типам.

Предбортовой блок также четко разделяется на западную и восточную части.

В пределах западной части выявлено большее количество РН. Большинство их входит в состав широтных и меридиональных линий РН. Протяженность широтных линий РН в пределах участка составляет 7-12 км, а меридиональных – 8-9. Линии РН трассируются за пределы западной части блока. РН, составляющие их широтные линии, в большинстве случаев относятся к погребенному типу. Уступы в пределах нарушений обращены на север. Исключение составляет протяженная (20 км) широтная линия РН в южной части участка, состоящая из нарушений с уступами в их пределах, обращенными на юг.

РН, входящие в состав меридиональных линий, в большинстве случаев относятся к унаследованному типу. В пределах каждой линии РН одни уступы обращены на восток, другие – на запад. Большинство меридиональных линий РН пересекает блок. В пределах западной части блока имеются и короткие одиночные нарушения, относящиеся к погребенному и инверсионному типам. Протяженность их находится в пределах от 2 до 5 км.

В пределах восточной части блока также выявлены РН (9 шт.) и линии РН (3 шт.). Две линии трассируются за пределы участка. Протяженность РН находится в пределах 4-8 км, а протяженность линий РН в пределах блока составляет 7, 8 и 20 км соответственно.

Большинство РН (2 шт.) характеризуется субмеридиональным простиранием. Но одна протяженная линия РН (20 км) имеет субширотное простирание, остальные – северо-восточное, протяженность их 8, 6 и 4 км соответственно.

Большинство РН субмеридионального простирания относится к унаследованному типу; структурные уступы в их пределах обращены: у четырех РН – на северо-восток, а у одного на юго-запад. Одно РН субмеридионального простирания относится к погребенному типу; уступы в его пределах обращены на юго-запад.

РН с северо-восточными простираниями относятся к типу погребенных; уступы в их пределах обращены на юго-восток. РН, входящие в состав их линий (3 шт.), относятся: два к погребенному, семь – к унаследованному и одно – к инверсионному типам.

Мелкие блоки осложняют рассмотренные наиболее крупные, крупные блоки и их сколы. Выявлены они "автоматически" – путем нанесения на схему спрогнозированных РН. Конфигурация мелких блоков зависит от простираний ограничивающих их РН, а размеры – от расстояния между этими нарушениями. Наиболее распространенная форма блоков представлена четырехугольниками, квадратами, ромбами, трапециями и др. Средние размеры блоков находятся в пределах 5-8 км<sup>2</sup>. Блоки часто группируются в симметричные и асимметричные горсты и грабены, ограниченные линиями РН. Наиболее наглядно это видно в юго-западных и северо-восточных частях площади, где прогнозируется на настоящее время наибольшее количество линий РН.

Одним из важных показателей, определяющих возможности формирования различных ловушек нефти и газа и их продуктивность, является глубина заложения РН. Она зависит от протяженности РН – с увеличением протяженности возможно и увеличение глубины заложения РН.

По Ю.Я. Ващилову, надгранитные разломы могут формироваться на глубинах 10-15 км; надбазальтовые – на глубинах 25-30. По протяженности такие разломы могут быть невелики – 20-40 км [1].

О.С. Подкаминер отмечает, что поверхность горных пород кристаллических щитов испещрена дизъюнктивными нарушениями, ограничивающими блоки. Площадь одного блока может составлять не более 3-5 км<sup>2</sup>. Такие блоки слагают приповерхностную часть земной коры, имеют грубоизометрическую форму с соотношением ширины к глубине вряд ли меньше, чем 1:2 – 1:3 [9].

Применительно к спрогнозированным РН приведенные сведения позволяют определить минимизированное отношение протяженности РН к их глубине заложения как 1:2.

Средние протяженности спрогнозированных РН находятся в пределах погребенных – 3-5 км, унаследованных и инверсионных – 5-6 км. В соответствии с принятым отношением протяженности к глубине (1:2), глубины заложения этих РН могут достигать, как минимум, 6-10 и 10-12 км соответственно. Это означает, что заложение названных РН находится в верхних частях фундамента. Заключение сделано с учетом глубин залегания фундамента на площади, находящейся в пределах 4,3-5,6 км, и мощности фундамента, достигающей на Восточно-Европейской платформе 35-52 км.

Средние протяженности спрогнозированных линий РН составляют 10-20 км, многие из них выходят за контур площади. Не исключено, что в основаниях некоторых линий первоначально находились целостные нарушения. В таких случаях глубины заложения линий РН могут достигать 20-40 км, т.е. полностью или почти полностью разрывать кристаллический фундамент.

В завершение отметим основные результаты исследований.

Выявление РН в процессе поисково-разведочных работ является актуальной задачей. Однако решение этой задачи геофизическими методами, особенно в отношении выявления погребенных и малоамплитуд-

ных нарушений, часто не осуществимо. В связи с этим, а также с учетом интересов производственных организаций в статье рассмотрен способ выявления РН с помощью геолого-геофизических критериев в пределах площади Дальнего Саратовского Заволжья, характеризующейся сложным тектоническим строением.

Критерии объединены в группу, подразделенную на две подгруппы: тектоническую и эрозионно-тектоническую. В процессе исследований обоснован новый комплексный геофизический критерий, включенный во вторую – эрозионно-тектоническую – подгруппу критериев.

На основе использования различных карт и разрезов, применения геолого-геофизических критериев выявлено большое количество РН, различающихся протяженностью, выраженностью (развитием) в разрезе осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента, обращением структурных уступов относительно частей света, амплитудами и глубинами заложения.

По отражению в разрезе РН относятся к наиболее изученным типам – погребенному, унаследованному и инверсионному.

Дано обоснование широкого развития четвертого типа – РН субгоризонтальных сдвигов. Сдвиговые деформации происходят в большинстве случаев по ранее сформировавшимся преимущественно унаследо-

ванным РН, с надстройкой их безуступными дизъюнктивами вверх по разрезу.

Каждый тип РН можно подразделить на подтипы. В статье наиболее изученный "унаследованный" тип подразделен на шесть подтипов (в зависимости от стратиграфического интервала выраженности).

Установлено, что укоренившиеся представления о РН как о целостных образованиях часто не соответствуют действительности; существуют линии РН, составленные контактирующими друг с другом нарушениями, различающимися по типу, обращению уступов, глубине заложения.

В статье обоснован факт заложения большинства выявленных РН в верхних частях фундамента. Что касается линий РН, то предполагается, что на глубине им могли соответствовать первоначально целостные дизъюнктивы. Глубины заложения, "корни", таких линий РН могли находиться в астеносфере.

Схема РН позволяет существенно скорректировать направления геологоразведочных работ по площади и разрезу осадочного чехла, спрогнозировать местонахождение ловушек углеводородов различных типов.

Рассмотренный способ выявления РН технологичен, эффективен в отношении получения результатов, не требует больших затрат времени и средств и может быть применен на других площадях поисково-разведочных работ в пределах платформы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ващилов Ю.Я. Закономерности в распределении глубин заложения разломов // Советская геология. – 1967. – № 3.

2. Горьков Ю.Д., Морозов В.А. К вопросу тектонического строения западного склона Клинецовского структурного выступа // Вопросы геологии Южного Урала и Нижнего Поволжья. – Саратов: изд-во Сарат. ун-та, 1983.

3. Горьков Ю.Д. Инверсионно-седиментационная концепция развития бортовой зоны Прикаспийской впадины и ее роль в методологии прогноза нефтегазоперспективных структур // Недра Поволжья и Прикаспия. – 1999. – Вып.19. – С.42-47.

4. Горьков Ю.Д. О методах структурного и палеоструктурного анализов и ограничениях в их применении // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2000. – Вып.21. – С.55-61.

5. Горьков Ю.Д. Прогноз нефтегазоперспективных поднятий в межструктурных зонах //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2001. – Вып.25. – С.29-33.
6. Горьков Ю.Д., Леонова Т.Н., Леонов Г.В. Особенности тектонического развития и строения бортовой зоны Прикаспийской впадины на примере Дергачёвско-Озинского сегмента //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2002. – Вып.30. – С.61-66.
7. Горьков Ю.Д. Выявление разрывных нарушений с помощью геоморфологических критериев //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2005. – Вып.44. – С.36-43.
8. Горьков Ю.Д. Диапиризм в условиях пластового залегания соляных отложений //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2012. – Вып.71. – С.20-28.
9. Подкаминер О.С. Приповерхностные блоки земной коры и их форма //Доклады АН СССР. – 1973. – Т.212. – № 4.

УДК 553.98.061.4(571.1)

### **ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ МИНЕРАГЕНЕЗ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РИФТОГЕННЫХ БАССЕЙНОВ И ОБОСНОВАНИЕ ПРОГНОЗА ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

© 2013 г. А.Д. Коробов, Л.А. Коробова, А.Т. Колотухин, В.М. Мухин, Л.В. Елисеева  
Саратовский госуниверситет

*Установлена четкая корреляция между тектонической напряженностью и гидротермальным минерагенезом в породах рифтогенного осадочного бассейна. В частности, показано, что область развития аутигенных лейкоксена и анатаза соответствует зонам с минимальной тектонической напряженностью. Эти зоны характеризуются тем, что гидротермальный процесс в них контролировался трещинами растяжения, переживавшими малоамплитудные колебания, исключаящие стресс. Колебание таких трещин сопровождалось многократной разгерметизацией пластовой гидротермальной системы, что говорит о плохих экранирующих свойствах перекрывающих толщ и малой вероятности возникновения промышленных залежей углеводородов.*

*Полученные на территории Западной Сибири оригинальные материалы могут быть полезны для геологов, работающих в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.*

#### *Введение*

Вся современная теория нефтегазообразования и все установленные закономерности накопления и размещения в земной коре нефти и газа были сформулированы исключительно под углом зрения депрессионного (или бассейнового) мировоззрения. С этих позиций для образования углеводородов (УВ) были необходимы, в первую очередь: 1) длительный (сотни миллионов лет) и устойчивый режим тектонического проги-

бания; 2) погружение исходных материнских отложений на достаточную глубину, чтобы они оказались в условиях высоких температур (главная зона нефтегазообразования); 3) значительные геостатические давления, которые отжимали бы протонефть из нефтематеринских пород в пласты-коллекторы. При таком подходе температурные границы и отвечающие им глубинные интервалы, как правило, определяют вертикальную зональность нефтегазообразова-