

8. Политыкина М. А., Тюрин А. М. О постановке параметрического бурения на нижнепермские терригенные отложения юга Предуральяского прогиба // Новые идеи в науках о Земле. – М., 2003. – Т. 1. – С. 170.

9. Юг Предуральяского прогиба – новое направление поисковых работ на нефть и газ / М. А. Политыкина, А. М. Тюрин, С. М. Карнауков, В. М. Черваков, В. И. Гореликов // Стратегия развития и освоения сырьевой базы основных энергоносителей России. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 74–76.

10. Политыкина М. А., Тюрин А. М., Дроздов В. В. Нижнепермские флишоиды юга Предуральяского прогиба и природный сланцевый газ // Зоны концентрации углеводородов в нефтегазоносных бассейнах суши и акваторий. – Санкт-Петербург: ВНИГРИ, 2010. – С. 358–363.

11. Политыкина М. А., Тюрин А. М., Дроздов В. В. Углеводородное сырье нетрадиционных источников – перспектива развития ООО «Газпром добыча Оренбург» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 12. – С. 48–51.

12. Литология и коллекторские свойства отложений ассельского яруса нижней перми зоны передовых складок Южного Урала по результатам бурения параметрической скв. 117 Предуральской / Т. В. Силагина, В. В. Дроздов, А. М. Тюрин, М. А. Политыкина // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2012. – Вып. 72. – С. 12–19.

13. Тюрин А. М. Сейсмогеологическая модель Актакальской площади // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2012. – Вып. 72. – С. 6–12.

14. Шпильман И. А. Опыт разведки и направления открытия уникальных и крупных месторождений нефти и газа. – Оренбург: Оренбург. кн. изд-во, 1999. – 168 с.

15. Щекотова И. А. Особенности строения Призилаирской полосы передовых складок Южного Урала и перспективы ее нефтегазоносности // Геология нефти и газа. – 1987. – № 12. – С. 40–45.

16. Формирование среднедевонско-артинского нефтегазоносного этажа юго-востока Русской плиты (Прикаспийская мегавпадина и ее обрамление) / С. В. Яцкевич, В. Я. Воробьев, Ю. И. Никитин, Ю. С. Кононов, Е. В. Постнова // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2010. – Вып. 63. – С. 3–16.

УДК 551.248.1

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ В ПОМОЩЬ ГЕОФИЗИКЕ

© 2014 г. Ю. Д. Горьков

Изучение геологического строения недр с целью поисков месторождений нефти и газа осуществляется в основном геофизическими, преимущественно – сейсморазведочными методами. Получаемые при этом сведения часто недостаточны для воспроизведения строения геоструктур. Возникают затруднения в интерпретации таких материалов, нередко допускающих построения двух и более вариантов той или иной геоструктуры. Известны случаи пропуска геоструктур – разрывных нарушений, локальных поднятий и других дислокаций. Недостающая информация в подобных

случаях пополняется обычно результатами обработки дополнительных сейсмопрофилей.

Существуют и другие, менее дорогостоящие по сравнению с сейсморазведкой методы изучения геотектонического строения недр. К ним относятся методы структурного и палеоструктурного анализов:

- метод построения структурных карт и карт изопахит;
- метод схождения;
- метод приведения;
- метод искусственных срезов;
- метод анализа мощностей отложений;

- метод естественных срезов;
- метод искусственных срезов древних структур;
- морфометрический метод;
- морфометрическо-изопахический метод;
- метод вертикальной расчлененности.

Теоретическое обоснование и практическое применение методов структурного и палеоструктурного анализов рассмотрены в работах [2, 3, 7, 8, 24, 25, 31, 35, 36, 39] и других. Дальнейшее развитие и возможности применения их в условиях Саратовской области и пограничных областей Поволжья освещены в работах [4, 5, 11, 12, 13, 23, 28, 29, 37, 38].

*Метод построения структурных карт и изопахит* наиболее широко используется с целью изучения строения тектонических структур. Он подробно изложен в работе [30] и других, поэтому его рассмотрение опускается. Заметим лишь, что исследователи, разрабатывавшие и совершенствовавшие метод, предостерегают против бездумного, механического подхода к построению структурных карт без учета всей совокупности сведений о геологическом строении разреза.

*Метод схождения* разработан с целью наиболее точного изображения строения глубоких горизонтов, вскрытых малым числом скважин, с помощью опорного горизонта в верхней части разреза, сравнительно хорошо изученного бурением.

Теоретические основы этого метода наиболее полно изложены Н. Н. Форшем, которым в качестве иллюстрации эффективности его применения была спрогнозирована по терригенному девону Балаковская вершина Жигулёвского-Пугачёвского свода, подтвержденная впоследствии глубоким бурением [35]. По этому методу каждая последующая структурная карта составляется с помощью предыдущей, то есть последовательно сверху вниз. Необходимо заметить, что метод является одним из основных при различных структурных реконструкциях. Можно сказать, что все, что сделано и делается по изучению текто-

нического строения Саратовской нефтегазодной области в региональном и локальном аспектах, осуществлялось и осуществляется с применением этого метода. Следует только отметить, что исследователям часто приходится отказываться от последовательного построения структурных карт, как это предполагается методом схождения, особенно при сравнительно выдержанных мощностях отложений, не обеспечивающих достаточное для построений количество изопахит (на картах мощностей). В этих случаях каждая последующая структурная карта может быть составлена на основе только исходной (опорной) карты, поэтому при построении используют карты мощностей все возрастающих интервалов разреза, содержащих достаточное количество изопахит [10]. Иногда в процессе исследований необходимо составить структурные карты по маркирующим горизонтам верхней части разреза, слабо изученной бурением. В таких случаях построения методом схождения можно осуществлять снизу вверх. За опорную поверхность при этом принимается сейсмическая граница по поверхности палеозоя. Правомочность таких построений предопределяется сравнительно выдержанными мощностями отложений мезозоя, подверженными лишь плавным региональным изменениям.

Установлено, что в Саратовском Правобережье в зонах сопряжения структурных блоков, характеризующихся инверсионными движениями, структурные планы напластований верхних частей разреза находятся в резком несогласии с планами нижних частей разреза осадочного чехла. Основная причина этого – формирование в зоне сопряжения блоков линейных дислокаций двух генетических типов: погребенных и инверсионных. Крутые крылья погребенных дислокаций оказываются обращенными относительно крыльев инверсионных в противоположные стороны и перекрытыми в плане последними. Как правило, при дефиците глубоких скважин в пре-

делах крутых крыльев метод схождения вызывает количественные и, что особенно серьезно, качественные погрешности, приводящие к занижению амплитуд крутых крыльев погребенных дислокаций или даже к их ложному обращению в другую сторону от истинной ориентировки, и в подобной ситуации неприемлем. Современное строение зоны сопряжения структурных блоков в таких случаях необходимо изображать с учетом результатов палеоструктурного анализа, как это показано в работах [9, 10, 12, 15, 18].

Для выяснения времени формирования и последующей оценки перспективности на нефть и газ локальных поднятий, выявленных сейсморазведкой, до заложения поисковых скважин К. А. Машковичем предложено составлять карты мощностей методом схождения с помощью «сейсмических» структурных карт [28]. В настоящее время при составлении таких карт данные сейсморазведки широко используются.

Выше отмечалось, что метод схождения широко применяется при локальном прогнозе в условиях удовлетворительной изученности бурением верхней и часто недостаточной изученности нижней части разреза. Однако проверка результатов этого прогноза в большинстве случаев из-за недостаточной комплексности обоснований затягивается иногда на многие годы. Тем не менее из практики поисково-разведочных работ можно узнать об успешном применении метода схождения: прогноз Атамановского [27], Южно-Атамановского, Северо-Колотовского, Родниковского и других локальных поднятий, оказавшихся продуктивными по пластам-коллекторам девона и карбона. Структурным бурением подтверждены Западно-Карамышское и Северо-Дмитриевское поднятия, спрогнозированные рассматриваемым методом по кровле тульского горизонта [10, 12].

*Метод приведения.* Другой достаточно эффективный метод для решения более «узких» задач разработан в НВНИИГГ А. М. Вель-

ковым (фонды НВНИИГГ, 1965 г.). Коротко скажем о его сущности. Выше упоминалось, что структурные планы отложений мезозоя и палеозоя могут находиться в несогласии, которое возникает не только вследствие возвратных, инверсионных движений тектонических блоков земной коры, но и в результате региональных наклонов. А. М. Вельков отмечал, что «если в пределах территории, где расположено локальное поднятие, горизонты мезозоя и карбона будут неодинаково наклонены к плоскости проекции этого поднятия (горизонтальная плоскость), то проекции данной структурной формы по этим горизонтам будут неодинаковы, то есть различными будут их структурные карты». Метод приведения позволяет приблизить на величину блокового или регионального наклона мезозойскую структурную форму локального поднятия к породам карбона и получить структурную форму поднятия по этим отложениям. Такой план может служить основой при заложении глубоких скважин. Но только этим метод приведения не ограничивается.

Известны соотношения, при которых локальные поднятия в мезозое и девоне замкнуты, а в карбоне раскрыты и выражены в виде структурных носов или террас [28]. В этих случаях приведение последних к горизонтальной плоскости позволит увидеть структурную форму поднятия по девону. Следовательно, метод приведения необходим при структурных исследованиях и должен применяться более широко.

*Метод искусственных срезов.* В отличие от рассмотренных, качественно новым является метод искусственных срезов (добавим – современных структур). Заключается он в составлении так называемых карт искусственных горизонтальных срезов тектонических структур на различной абсолютной глубине, известных и под названием «пластовые карты», которые применяются давно, но до настоящего времени широко не использовались [29]. Искусственные срезы можно сос-

тавлять как для больших территорий, так и для локальных участков. Они помогают в комплексе с другими методами наметить местоположение новых и детализировать строение известных (особенно слабовыраженных и погребенных) тектонических структур. Заметим, что в условиях значительного регионального наклона напластований осадочного чехла искусственные срезы в целях изучения каких-то узких по мощности подразделений разреза часто становятся непригодными. Они резко на коротких расстояниях выходят из объектов исследования в более молодые отложения. В подобных случаях целесообразно применять наклоненные срезы параллельно региональному наклону. На этих срезах появляется дополнительное количество геологические границ, необходимое для построения карт. Такие усовершенствования искусственных срезов нами были эффективно применены для изучения строения Алтатинско-Никольской дислоцированной зоны, находящейся в северной части Прикаспийской впадины и характеризующейся резким погружением подсолевого палеозоя во впадину (Ю. Д. Горьков, фонды НВНИИГГ, СГЭ, 1989–1991 гг.). Следует заметить, что для составления карт срезов часто недостает данных буровых скважин, но это можно восполнить данными сейсморазведки.

*Метод анализа мощностей* наиболее широко используется для палеоструктурного анализа тектонических структур, теоретическое обоснование его приведено в работах [24, 25, 35, 36]. Возможности применения и оценка эффективности использования метода в Саратовском Поволжье изложены в работах [16, 17, 23, 28, 29], (С. П. Козленко, фонды НВНИИГГ, 1971–1979 гг.), (Б. С. Холодков, фонды НВНИИГГ, 1966–1973 гг.), (А. М. Вельков, фонды НВНИИГГ, 1974–1979 гг.), (Ю. Д. Горьков, фонды НВНИИГГ, 1977–1990 гг.).

Основное содержание метода, как известно, заключается в том, что в условиях мелковод-

ных эпиконтинентальных бассейнов «между быстротой накопления осадков и интенсивностью погружения земной коры устанавливается весьма полное соответствие, и в течение продолжительных отрезков времени один процесс почти в точности компенсируется другим» [2, 24, с. 388]. Это означает, что в конце времени накопления тех или иных отложений поверхности их представляют собой приблизительно горизонтальные плоскости. Следовательно, карты мощности отложений можно рассматривать как палеоструктурные карты. Для палеотектонических исследований мощности, как правило, выбираются из такого расчета, чтобы имеющиеся в разрезе поверхности несогласий, связанные с перерывами в накоплении осадков, находились внутри анализируемого стратиграфического интервала. Это делается во избежание ошибочного трактования изменения мощностей.

На первых этапах исследований при недостатке глубоких скважин карты мощностей отложений обычно составлялись методами интерполяции и экстраполяции, то есть давалась усредненная картина. По мере развития представлений о геоструктуре Саратовского Поволжья был установлен «блоковый» характер распределения мощностей отложений, контролируемый особенностями движений различных по размеру тектонических блоков. Карты мощностей отложений стали составляться с учетом этого обстоятельства: в пределах центральных частей блоков изопахиты проводились со сравнительно выдержанной разрядкой вплоть до их краевых частей, а резкие изменения в разрядке и простирации изолиний были отнесены на узкие зоны сопряжений блоков, что предопределяется подвижками последних по разграничивающим их разрывам [10, 37]. На основе метода анализа мощностей и выясненных закономерностей в местонахождении тектонических структур осуществлен прогноз зон развития погребенных локальных поднятий и самих поднятий, что для Саратовского Поволжья имело важное

значение, поскольку практика поиска и разведки скрытых объектов не имела должного теоретического обоснования (Б. С. Холодков, фонды НВНИИГГ, 1966–1972 гг.; Ю. Д. Горьков, фонды НВНИИГГ, 1977–1983 гг.). К сожалению, трудности картирования таких объектов средствами сейсморазведки сдерживают развитие поискового и разведочного бурения, вследствие чего рекомендации внедряются очень медленно.

*Метод естественных срезов.* Суть его в составлении палеогеологических карт, представляющих собой карты отложений выходящих на поверхности несогласий. Для правильного истолкования таких карт обычно составляются дополнительные карты мощностей отложений от поверхности несогласия до первого репера под этой поверхностью. Теоретическое обоснование применения карт в целях изучения истории тектонического развития наиболее полно освещено в работе [26]. О значении палеогеологических карт для изучения палео- и современного геологического строения Саратовского Поволжья писал К. А. Машкович [29]. Он рассматривал применение карт для изучения истории развития значительных по размеру площадей, выделения и трассирования погребенных разрывов, прогноза скрытых и слабовыраженных локальных поднятий. К сожалению, этот метод широко не использовался по субъективным причинам: из-за недостаточной освещенности разреза глубоким бурением и ошибочного представления о том, что палеогеологические карты при историческом анализе дают мало нового по сравнению с картами мощностей отложений.

*Метод искусственных срезов древних структур* в целях палеоструктурного анализа отдельных районов Саратовского Поволжья испытан в небольшом объеме. Техника составления карт срезов сводится к тому, что кровля какого-либо горизонта принимается за горизонтальную поверхность. По отношению к ней подбирается глубина сре-

за, и на его поверхности, у «точек» глубоких скважин, определяется стратиграфическая приуроченность пород, вскрываемых на этом уровне. По полученным данным составляется геологическая карта искусственного среза палеоструктуры.

Таким образом, искусственный срез осуществляется не в отношении погребенной палеоструктуры, имеющейся в современном плане осадочного чехла, а в отношении к палеоструктуре, сформировавшейся к определенному «моменту» геологического прошлого.

Названные карты были предложены в целях изучения палеоструктуры В. А. Долицким [22]. Однако должного распространения они не получили. Причина в том, что автор лишь частично раскрыл возможности их эффективного использования. В. А. Долицкий утверждал, что «плоскость каждого конкретного среза задается на какой-то наиболее информативной глубине от распрямленной (реконструированной) кровли тех отложений, в конце времени накопления которых мы хотели бы видеть палеоструктуру на срезе». В качестве такого примера он приводит геологическую карту палеосреза на глубине 70 м от кровли тульского горизонта Ближнего Саратовского Заволжья. При совместном рассмотрении среза с палеоструктурной картой кровли малевских отложений на конец тульского времени В. А. Долицкий показал целесообразность ее применения в целях изучения древнего строения района. Заметим, что геоструктура Ближнего Саратовского Заволжья, начиная со среднедевонского времени, развивалась унаследованно, то есть знак тектонических движений оставался постоянным. Поэтому различные слагающие эту геоструктуру образования имели в прошлом меньшие амплитуды. А чем меньше амплитуды палеоструктур, тем меньше геологических границ образуется на срезах, что снижает разрешающую способность метода. В отличие от этого автором статьи карты срезов палеоструктур апробированы в усло-



виях инверсионной тектоники районов Саратовского Правобережья, где формирование древних погребенных структур заканчивалось в основном в девонское и реже каменноугольное время. Что, в отличие от унаследованного формирования, дает возможность построить карты палеосрезов погребенных структур с завершённым формированием, а затем получить на срезе максимальное количество геологических границ, необходимое для составления палеосреза. Такие карты оказались эффективными при выявлении погребенных линейных дислокаций и отдельных осложняющих их локальных поднятий. Достаточно сказать, что первоначально спрогнозированные автором статьи по таким картам погребенные Восточно-Урицкое и Южно-Атамановское поднятия вскоре были подтверждены: первое – сейсморазведкой, второе – бурением глубоких скважин, а в результате – открытием в терригенном девоне залежи нефти.

Из этого следует, что рассмотренный метод должен использоваться более широко, в том числе и на площадях, слабо освещенных глубоким бурением, где построение карт вполне возможно по данным сейсморазведки.

Если указанные основные геологические (традиционные) методы исследования давно применяются, то названные морфометрические методы все еще для многих специалистов остаются «вещью в себе», поскольку связаны с рельефом земной поверхности – ареной эрозионной деятельности водных потоков. В связи с этим кратко остановимся на основных геологических предпосылках, определяющих правомочность и эффективность применения данных методов.

Прежде всего необходимо отметить общеизвестное обстоятельство – повсеместно развитое разрывно-блоковое строение кристаллического фундамента и осадочного чехла. Блоки в течение геологического времени испытывали относительные подвижки по разграничивающим их разрывам. Интенсивность, как правило, усиливалась во время перерывов

в накоплении осадков. Это означает, что разрывные нарушения, а следовательно и блоки, должны быть отражены в современном рельефе земной поверхности, представляющей собой также крупный региональный перерыв в накоплении осадков. Сквозным разрывным нарушениям, проникающим до современной земной поверхности, сопутствуют генетически связанные с ними ослабленные зоны, точнее зоны повышенного дробления и трещиноватости горных пород. Погребенные разрывы также могут проявляться посредством развития над ними ослабленных зон вплоть до дневной поверхности. Формирование таких зон в последнем случае объясняется сдвиговыми перемещениями сопряженных блоков по разрывам, а также их перегибами в разные стороны (без вертикальных перемещений). На земной поверхности по ослабленным зонам интенсивно развиваются эрозионные процессы, проявляющие существование как сквозных, так и погребенных разрывных нарушений. Необходимость и эффективность применения названных нетрадиционных методов предопределяется не только явлением отражения в рельефе земной поверхности разрывно-блоковой тектоники, но и возможностью получения сплошного «ковра информации», в отличие от других геологических поверхностей в осадочном чехле, о которых можно судить лишь по точечным данным бурения скважин и по данным геофизических исследований, осуществляемых, как правило, по сетке профилей.

*Морфометрический метод*, разработанный В. П. Философовым, заключается «... в графическом разложении на составные части рельефа, изображенного на топографической карте горизонталями, и составлении на основе этого ряда специальных карт с последующей геолого-геоморфологической интерпретацией их» [33, с. 9; 34]. К таковым относятся: карта порядков долин, карта асимметрии долин и междуречий, карты базисных поверхностей, карты остаточного рельефа, карты вершинной

поверхности, карты сноса, карты разностей базисных поверхностей. Технология составления карт и теоретическое обоснование метода даны в работах [33, 34].

Метод апробирован в различных районах бывшего Советского Союза в процессе нефтегазопромысловых и других работ и показал высокую эффективность. Профессор СГУ А. В. Востряков справедливо отметил: «История развития геоморфологии не знает другого такого примера, когда бы за такой короткий отрезок времени какой-либо другой геоморфологический метод получил столь широкое признание и применение, подобно морфометрическому» [34, с. 5].

*Морфометрическо-изопахический метод.* Теоретическое обоснование и результаты практического применения его содержатся в работе [10]. Метод является усовершенствованием структурно-базисного метода, разработанного В. И. Алексеевым и В. Е. Лещенко [1]. В свою очередь, структурно-базисный метод – дальнейшее развитие и совершенствование морфометрического метода. Согласно структурно-базисному методу построение структурных карт глубоко залегающих горизонтов осуществляется методом схождения с помощью исходной базисной поверхности, составленной по равным высотам тальвегов долин, и суммарной мощности отложений, заключенных между этой поверхностью и кровлей разведываемого горизонта. Поскольку построения возможны не только от базисной, но и от вершинной поверхности, В. П. Философовым было предложено именовать метод морфометрическо-изопахическим [10].

Так как точность построений снижается с глубиной и ошибки прогнозирования могут быть больше амплитуд выявленных по разведываемым горизонтам структур [6, 7], в НВНИИГГ (Ю. Д. Горьков и другие, фонды НВНИИГГ, 1982–1983 гг.), [10] построения морфометрическо-изопахическим методом были «подняты» с глубоких уровней в мезозой, достаточно хорошо изученный струк-

турным бурением, за счет данных которого резко повысилась достоверность построений. Следуя методике составления карт базисных поверхностей [33, 34], карта монобазисной поверхности отражает состояние тектонической составляющей рельефа в ограниченный отрезок времени, а карта полибазисной поверхности отражает это состояние за более длительный срок, в течение которого образовались долины многих порядков, используемых при составлении карты. Поэтому для построений была принята карта полибазисной поверхности (вместо базисной, как это требуется по структурно-базисному методу). Преимущество такой поверхности состоит и в том, что она обеспечивает для детального анализа необходимое количество изопахит.

Структурные карты по кровле реперных горизонтов в мезозое, вскрытых наибольшим числом структурных скважин, служили основой для составления методом схождения структурных карт по глубоко залегающим разведываемым горизонтам. Такие карты были составлены в масштабе 1 : 50 000 на различные в геотектоническом отношении площади Саратовского Поволжья (Ю. Д. Горьков и другие, фонды НВНИИГГ, 1982–1995 гг.), на территорию Чувашской Республики и пограничные с ней земли [14]. В результате этого существенно уточнено тектоническое строение разреза осадочного чехла и кристаллического фундамента, спрогнозированы нефтегазоперспективные локальные поднятия. На некоторых поднятиях проведено поисковое бурение скважин и открыты залежи нефти и газа (Северо-Куликовское, Октябрьское, Южно-Атамановское поднятия).

*Метод вертикальной расчлененности.* В работе А. И. Спиридонова отмечается, что среди разнообразных морфометрических карт наибольшее значение имеют карты крутизны земной поверхности, горизонтального и вертикального расчленения рельефа. Применяются они (в комплексе с другими различными картами) для изучения состояния

и строения рельефа. «Показателем вертикального расчленения рельефа служит амплитуда колебаний высот земной поверхности, то есть относительное превышение вершин положительных форм над ближайшими отрицательными формами. Эта величина равна глубине расчленения рельефа (глубине местных базисов эрозии, по С. С. Соболеву)» [32, с. 90].

Составить карты вертикальной расчлененности можно с помощью топографической основы несколькими способами. Один из них заключается в том, что «... карту разделяют сначала на равные квадраты, величина которых примерно должна соответствовать площади элементарных бассейнов эрозионных форм. Затем внутри каждого квадрата определяют разность высот самого высокого и самого низкого пунктов» [32, с. 90]. По данным разности высот, отнесенных к центру квадратов, составляется карта вертикальной расчлененности. В наших исследованиях применялись готовые квадраты на топографической карте, которая в большинстве случаев использовалась в масштабе 1 : 50 000.

Руководствуясь положением об эрозионно-тектоническом происхождении рельефа, а также представлениями о механизмах отражения в нем разрывно-блоковой тектоники, о чем говорилось выше, карты вертикальной расчлененности применяются с целью прогноза разрывных нарушений, структурных блоков и их сколов, линейных дислокаций и осложняющих их локальных поднятий, отдельных поднятий (без видимой связи с вмещающими их структурами) и других структурных образований.

Разрывные нарушения прогнозируются по зональному развитию максимальных значений вертикальной расчлененности; структурные блоки – по фрагментам земной поверхности с минимальными значениями расчлененности, ограниченными по замкнутому контуру или частично зонами максимальных значений вертикальной расчлененности; линейные дислокации – по зональному развитию ми-

нимальных значений расчлененности вдоль зон с ее максимальными значениями (то есть вдоль прогнозируемых разрывных нарушений); локальные поднятия – по локализованным участкам с минимальными значениями вертикальной расчлененности, окруженным зонами максимальных значений по контуру или частично в виде колец или полуколец, что объясняется наличием в кристаллическом фундаменте, в основании поднятий, активных блоков или их сколов. Карты вертикальной расчлененности составлены на значительные по площади и различные по геотектоническим условиям территории: Дальнее Саратовское Заволжье (в объеме Бузулукской впадины, Иргизского прогиба, бортовой зоны Прикаспийской впадины); центральные районы Саратовского Правобережья; на территории Чувашской Республики и пограничные с ней земли (Ю. Д. Горьков и другие, фонды НВНИИГГ, СГЭ, 1991–1998 гг.).

В рамках одной статьи невозможно рассмотреть конкретные результаты построений. Скажем лишь, что многие известные ранее установленные структурные образования, в том числе локальные поднятия (месторождения), четко отобразились на этих картах. Подтверждаются сейсморазведкой и вновь спрогнозированные различные структурные образования, равно как и локальные поднятия, перспективные для поисков нефти и газа. Таким образом, весь процесс – от технологии составления карт вертикальной расчлененности рельефа до интерпретации получаемых с их помощью результатов с позиции разрывно-блокового строения кристаллического фундамента и осадочного чехла – является, по существу, самостоятельным «методом вертикальной расчлененности».

Следует отметить, что большинство методов имеет самостоятельное значение, однако максимальная отдача может быть достигнута только при их комплексировании. Основные условия эффективного применения методов, погрешности, возникающие из-за часто



недостаточного количества буровых скважин, и предложения по их устранению обобщаются в приведенной таблице.

Как видно из вышеизложенного, карты, составленные рассмотренными методами, отличаются друг от друга способом изображения геологического строения недр. На одних картах строение обозначается различными по смыслу изолиниями, а на других – площадями разной формы, отображающими горные породы. При этом наиболее полное представление о геологическом строении недр в целом или какой-то отдельно взятой геоструктуры может дать только наибольшее количество составленных карт.

Практикой поисково-разведочных работ установлено, что наиболее успешные поиски месторождений нефти и газа лежат через выявление и детальное изучение генетически взаимообусловленных и иерархически связанных между собой геотектонических образований, в том числе разрывных нарушений (РН); структурно-тектонических блоков, разграниченных РН; зональных геоструктур – валов, линейных дислокаций, развитых на краях блоков; локальных поднятий, осложняющих зональные образования.

Названные геотектонические сооружения на различных картах изображаются: непосредственно – геометрическими формами, и опосредованно – различными признаками (далее по тексту – критериями), подтверждающими их (сооружений) существование в целом или каких-то элементов строения.

Наиболее обоснованными критериями (в том числе комплексными) из тех, что используются в прогнозах геотектонических образований, являются: критерии прогноза разрывных нарушений; комплексный критерий прогноза структурно-тектонических блоков; комплексный критерий прогноза инверсионных, погребенных линейных дислокаций и осложняющих локальных поднятий; комплексные критерии прогноза погребенных

поднятий; комплексный критерий прогноза инверсионных поднятий.

*Критерии прогноза разрывных нарушений.*

Большинство критериев 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 [6, 19].

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, испытавших возвратные движения, так как отложения, претерпевшие однажды складчатость, могут подвергаться только разрывным дислокациям);

- аномальные выпадения и повторения отдельных частей разреза в скважинах, устанавливаемые путем детальной послонной корреляции разрезов скважин.

Эрозионно-тектоническая подгруппа объединяет критерии:

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

## Методы структурного и палеоструктурного анализов

№ пп	Метод	Условия эффективного применения	Основные погрешности	Предложения по устранению погрешностей
<b>1. Методы структурного анализа (МСА)</b>				
1	Построения структурных карт и изопахит (по А.И. Мушенко)	Необходимое кол-во глубоких и (или) структурных скважин (НКС)	Неточное местоположение изолиний (НМИ)	Учет закономерностей геологического строения (ЗГС). Применение метода для верхних, наиболее изученных бурением частей разреза. Комплексирование с другими МСА (6, 7)
2	Схождения	НКС	Количественные и (или) качественные ошибки в изображении зон сочленения «инверсионных» блоков и структурных уступов	Учет ЗГС. Изображение зон сочленения «инверсионных» блоков и уступов с учетом древнего их строения, устанавливаемого МПСА. Комплексирование с МСА (4, 6, 7, 10)
3	Приведения	НКС	НМИ	Учет ЗГС. Комплексирование с МСА (4) и МПСА (9, 10)
4	Искусственных срезов современных структур	НКС	НМИ (геологических границ)	Учет ЗГС. Применение наклоненных срезов при значительных региональных, зональных, блоковых наклонах слоев. Комплексирование с другими МСА (2, 6, 7)
5	Морфометрический	Расчлененный рельеф с развитой гидросетью (РРГ)	НМИ	Учет ЗГС и результатов геофизических исследований (РГИ). Комплексирование с другими МСА и МПСА
6	Морфометрическо-изопахический	НКС, РРГ	НМИ	Учет ЗГС и РГИ. Комплексирование с другими МСА и МПСА
7	Вертикальной расчлененности рельефа	РРГ	НМИ	Учет ЗГС и РГИ. Комплексирование с другими МСА (1, 2) и МПСА (8). Уменьшение сечения изолиний в случаях слабой расчлененности рельефа
<b>II. Методы палеоструктурного анализа (МПСА)</b>				
8	Анализа мощностей (толщин отложений)	НКС	НМИ	Учет ЗГС и РГИ. В условиях разрывно-блокового строения разреза – поблочное проведение изопахит
9	Естественных срезов	НКС	НМИ (геологических границ)	Учет ЗГС и РГИ. Комплексирование с другими МСА (1, 2, 4, 5, 6) и МПСА (8)
10	Искусственных срезов древних структур	НКС Инверсионное развитие, строение тектонических структур	НМИ	Учет ЗГС и РГИ. Комплексирование с другими МСА и МПСА (8, 9)

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

– наличие спрямленных участков 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 разными 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 результате анализа сейсмических временных разрезов на территории Саратовского Поволжья установлено, что в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле развиты многочисленные субвертикальные сейсмические аномальные зоны [20, 21]. Характеризуются они следующими показателями:

– ослабление интенсивности записи сейсмических отражающих горизонтов (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, мини-грабенов 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 зон прорывов соляными массами отложений верхней перми, мезозоя и кайнозоя при наличии соляных отложений с пластовым залеганием;

– 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).

*Комплексный критерий прогноза структурных блоков:*

– ограничение отдельных участков по периметру или с нескольких сторон спрогнозированными разрывными нарушениями и ге-

нетически связанными с ними флексурами в осадочном чехле. Этот критерий является признаком разрывных нарушений, но не исчерпывается ими. В дальнейшем могут быть получены дополнительные данные.

*Комплексный критерий прогноза инверсионных, погребенных линейных дислокаций и осложняющих локальных поднятий:*

– установление возвратных, инверсионных движений структурных блоков по разграничивающим их разрывным нарушениям [9].

Данный признак также включает в себя ряд критериев, полученных в результате структурного и палеоструктурного анализов. С помощью одной части этих критериев прогнозируются в большей мере инверсионные, с помощью другой – погребенные дислокации и осложняющие поднятия, рассмотренные в работе [10]. Из них наиболее значимый критерий для прогноза погребенных дислокаций – установление зоны сокращенных мощностей терригенных отложений девона вдоль разрывных нарушений, на краях структурных блоков, залегающих гипсометрически ниже сопряженных блоков.

Руководствуясь взаимообусловленностью в развитии разрывных нарушений, структурных блоков, линейных дислокаций и локальных поднятий, можно говорить о существовании подобных связей между критериями их прогноза. Более общие, будем называть «зональные», критерии прогноза относительно крупных тектонических образований предопределяют существование соподчиненных с ними частных, «локальных» критериев, используемых в обнаружении «мелких» образований. Следовательно, «зональные» критерии могут использоваться для прогноза «мелких» структур, в том числе локальных поднятий. На это необходимо обратить внимание, поскольку для установления «локальных» критериев геолого-геофизических данных часто недостает, а для определения «зональных» критериев данных может оказаться вполне достаточно.

По нашим исследованиям [10], условия формирования локальных поднятий в определенные отрезки геологической истории схожи, поэтому и одна какая-то часть критериев у них будет общей. Важно определить специфические критерии для каждого конкретного генетического типа поднятий, особо выделив при этом некоторые, базирующиеся на особенностях рельефа и верхних частей разреза, доступных изучению со сравнительно небольшими затратами средств и времени. Исходя из этого, различные по типам локальные поднятия прогнозировались с использованием следующих критериев.

*Комплексные критерии прогноза погребенных поднятий:*

– наличие зональных и осложняющих их локальных сокращений мощностей отложений девона, иногда и карбона;

– пересечение двух инверсионных уступов в верхней части разреза, обращенных в направлении падения напластований нижней части разреза (прогнозировались поднятия в углах пересечений уступов);

– существование на инверсионных уступах, обращенных в сторону падения горизонтов по нижней части разреза, криволинейных отрезков, выпуклых в обратном направлении (прогнозировались поднятия в пределах выпуклых отрезков уступов);

– установление совмещенных или контактирующих в плане двух структурных уступов: одного по мезозою, другого по полибазисной поверхности: первый обращен в сторону зонально увеличенных, второй – зонально сокращенных мощностей отложений от репера в мезозое до полибазисной поверхности (возможное развитие поднятий прогнозировалось в зоне увеличенных мощностей отложений);

– существование водораздела в рельефе с выраженными вершинами и соответствующей ему зоной увеличенных мощностей отложений от репера в мезозое до полибазисной поверхности, осложненной локальными

увеличениями этих же мощностей (прогнозируются поднятия по локальным аномалиям, оптимальный вариант – совмещение аномалий в плане);

– установление в пределах опущенных крыльев флексур инверсионного происхождения, развитых в верхних частях разреза, совмещенных в плане с зонами отрицательного трансформированного поля силы тяжести, проявляющимися в виде отрицательных аномалий, и зоны увеличенных мощностей отложений от репера в мезозое до полибазисной поверхности, осложненной локальными увеличениями мощностей (прогноз поднятий осуществлялся по совмещению в плане локальных, гравитационной и мощностной, аномалий).

*Комплексные критерии прогноза инверсионных поднятий:*

– существование зоны приподнятого залегания и осложняющих ее локальных поднятий, структурных носов и террас по мезозою в сочетании с зональным увеличением мощностей отложений нижней части осадочного чехла (прогнозировались антиклинальные формы в палеозое по поднятиям, структурным носам и террасам в мезозое);

– установление зонального и осложняющих локальных выходов на дневную или предбайосскую поверхность более древних отложений в сочетании с зональным увеличением мощностей отложений нижних частей разреза (прогнозировались поднятия по локальным выходам древних отложений);

– наличие зонального и осложняющих локальных сокращений мощностей отложений от репера в мезозое до полибазисной поверхности в сочетании с зональным увеличением мощностей отложений нижней части разреза (прогнозируются поднятия по локальным сокращениям мощностей отложений);

– существование водораздела в рельефе в сочетании с зональным и осложняющими локальными сокращениями мощностей отло-

жений от репера в мезозое до полибазисной поверхности (возможное развитие поднятий прогнозируется в пределах совмещения в плане водораздела и зонального сокращения мощностей, а поднятия – по локальным сокращениям мощностей отложений);

– установление зонального положительно трансформированного поля силы тяжести с осложняющими его аномалиями в сочетании с критериями, рассмотренными выше (прогнозировались поднятия по положительным аномалиям поля силы тяжести).

*Комплексные критерии прогноза унаследованных поднятий:*

– существование зонального сокращения мощностей отложений по всему разрезу осадочного чехла или только в его верхней части в сочетании с осложняющими локальными аномалиями – поднятиями, структурными носами и террасами, сокращениями мощностей отложений, выходами более древних отложений на поверхностях перерывов, положительными аномалиями трансформированного поля силы тяжести и другими (прогноз поднятий осуществлялся по локальным аномалиям);

– наличие зональных и осложняющих их локальных сокращений мощностей девона в сочетании с соответствующими зональными и локальными сокращениями мощностей отложений между двумя достаточно далеко отстоящими реперами мезозоя (прогнозировались поднятия по сокращениям мощностей отложений);

– развитие совмещенных в плане зоны увеличенных мощностей отложений от репера в мезозое до полибазисной поверхности, осложненной локальными увеличениями этих же мощностей и зоной сокращенных мощностей отложений между двумя реперами в мезозое, с наличием локальных сокращений этих мощностей (прогнозировались поднятия в пределах совмещения в плане локальных увеличений и сокращений мощностей отложений).



Многие критерии, входящие в состав комплексных критериев, могут самостоятельно обеспечивать прогноз поднятий, однако надежный прогноз возможен только при их комплексировании. Критерии можно подразделить на более и менее значимые для прогноза, а близкие по значимости, в зависимости от полноты геолого-геофизической информации, на основе которой они определялись, – на более и менее достоверные.

Таким образом, отметим, что:

– результаты применения рассмотренных геологических методов необходимы для

обоснования перспективности площадей, видов и объемов проведения полевых геофизических работ, равно как и для интерпретации новых и переинтерпретации старых геофизических материалов;

– наибольшая эффективность в отношении прогноза геотектонических структур и отдельных элементов их строения достигается комплексированием результатов применения рассмотренных геологических и геофизических методов;

– геологические методы приемлемы не только для Саратовского Поволжья, но и для всей юго-восточной части Русской плиты.

#### Л и т е р а т у р а

1. Алексеев В.И., Лещенко В.Е. Поиски структур на основе структурно-базисных построений //Геология нефти и газа. – 1976. – № 5.
2. Белоусов В.В. Большой Кавказ //Труды ЦНИГРИ. – М., 1938. – Вып. 108; 1940. – Вып. 121; 1939. – Вып. 126.
3. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники (2-е изд-е, переработ.). – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 608 с.
4. Бобров Ю.П. К вопросу изучения тектонического развития структур Саратовского Правобережья //Геология нефти. – 1958. – № 5. – С. 49–58.
5. Бобров Ю.П. О методике изучения истории формирования платформенных антиклинальных поднятий //Новости нефтяной и газовой техники. – 1961. – № 11.
6. Ващилов Ю.Я. Закономерности в распределении глубин заложения разломов //Советская геология. – 1967. – № 3.
7. Воробьев В.Я. Информативность геоморфологических признаков при прогнозировании платформенной складчатости //Геоморфология. – 1979. – № 3. – С. 27–38.
8. Воробьев В.Я. Информативность методов прогнозирования платформенных структур. – Л.: Недра, 1991. – 272 с.
9. Горьков Ю.Д. Происхождение и строение линейных дислокаций Саратовского Правобережья в связи с поисками залежей нефти и газа //Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. – Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1979. – Вып. 20. – С. 25–42.
10. Горьков Ю.Д., Баландина Т.П., Философов В.П. Прогнозирование локальных поднятий в северо-западном обрамлении Прикаспийской впадины на основе морфометрическо-изопахического метода //Геологическое обоснование поисков скоплений нефти и газа в Прикаспийском нефтегазоносном регионе. – Саратов: НВНИИГТ, 1983.
11. 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 Саратов. ун-та, 1983
12. Горьков Ю.Д. Композитные структуры – новый объект поисков залежей нефти и газа в Саратовском Поволжье //Вопросы геологии Южного Урала и Нижнего Поволжья. – Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1984. – Вып. 23.

13. Горьков Ю.Д. Условия формирования и особенности строения структурных блоков (на примерах Саратовского и Волгоградского Правобережья) //Недра Поволжья и Прикаспия.– 1998. – Вып. 16.– С. 24–28.
14. Горьков Ю.Д. Перспективы открытия месторождений нефти и газа в Чувашской Республике //Недра Поволжья и Прикаспия.– 1999. – Вып. 17.– С. 16–20.
15. 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.
16. Горьков Ю.Д. О методах структурного и палеоструктурного анализов и ограничениях в их применении //Недра Поволжья и Прикаспия.– 2000. – Вып. 21.– С. 55–61.
17. Горьков Ю.Д. Прогноз нефтегазоперспективных поднятий в межструктурных зонах //Недра Поволжья и Прикаспия.– 2001. – Вып. 25. – С. 29–33.
18. 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.
19. Горьков Ю.Д. Выявление разрывных нарушений с помощью геоморфологических критериев //Недра Поволжья и Прикаспия.– 2005.– Вып. 44.– С. 36–43.
20. Горьков Ю.Д. Диаспиризм в условиях пластового залегания соляных отложений //Недра Поволжья и Прикаспия.– 2012.– Вып. 71.– С. 20–28.
21. Горьков Ю.Д. Способ выявления разрывных нарушений с помощью геолого-геофизических критериев //Недра Поволжья и Прикаспия.– 2013.– Вып. 74.– С. 15–31.
22. Долицкий В.А. Геологическая интерпретация материалов геофизических исследований скважин.– М.: Недра, 1966.– 367 с.
23. Козленко С.П. Историческая тектоника и вопросы формирования промышленных залежей нефти и газа //Нефтяное хозяйство.– 1955.– № 9.
24. Косыгин Ю.А. Тектоника нефтегазоносных областей.– М.: Гостоптехиздат, 1954.– Т.1.– 513 с.
25. Косыгин Ю.А. Тектоника.– М.: Недра, 1969.
26. Леворсен А.И. Палеогеологические карты.– М.: Гостоптехиздат, 1962.
27. Машкович К.А. Открытие нефтяной залежи по карте схождения //Нефтяное хозяйство.– 1956.– № 1.
28. Машкович К.А. Методика поисков и разведки нефти и газа в Саратовском Поволжье.– М.: Гостоптехиздат, 1961.
29. Машкович К.А. Методы палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа.– М.: Недра, 1970.– 152 с.
30. Мушенко А.И. Метод изображения тектонических форм изолиниями //Методы изучения тектонических структур.– М.: изд-во АН СССР, 1960.– С. 7–52.
31. Подкаминер О.С. Приповерхностные блоки земной коры и их форма //Доклады АН СССР.– 1973.– Т. 212.– № 4.
32. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования.– М.: Высшая школа, 1970.
33. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур.– Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1960.– 95 с.

## ГЕОЛОГИЯ

34. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур.– Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1975.– 232 с.
35. Форш Н.Н. К методике структурного анализа платформенных тектонических структур.– М.: Гостоптехиздат, 1953.
36. Хаин В.Е. Геотектонические основы поисков нефти.– Баку: Азнефтьиздат, 1954.
37. Холодков В.С., Горьков Ю.Д., Подгорнова Н.С. Геотектонические предпосылки и методика составления схемы тектонического строения терригенных отложений девона Ближнего Саратовского Заволжья //Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья.– Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1975.– Вып. 12.
38. Шорников Б.Я. О несоответствии структурных поверхностей карбона и мезозоя и методика подготовки площадей к промышленной разведке и разработке //Нефтяное хозяйство.– 1954.– № 4.
39. Яншин А.П., Гарецкий Р.Г. Тектонический анализ мощностей //Методы изучения тектонических структур.– М.: изд-во АН СССР, 1960. – С. 115–316.

