

УДК 551.14 551.2/3(477):553.98

А. В. Чекунов

Глубинное строение и геодинамика нефтегазоносных бассейнов Украины

Обобщены данные глубинной геофизики по всем нефтегазоносным бассейнам Украины. Составлены схемы положения астеносферы, раздела М, неоднородностей консолидированной коры, основных тектонических швов и глубинных разломов. В комплексе с данными геологии рассмотрены вопросы геодинамики бассейнов. Показано, что все они возникли и развивались под воздействием мантийных процессов, инициировавших в коре как вертикальные, так и значительные латеральные движения. В каждом из бассейнов геодинамический процесс имел свою специфику, однако определяющим был подъем глубинных астенолитов с сопутствующими эффектами. Изложенный материал обсуждается в свете проблем генезиса и поисков нефти и газа.

1. Астеносфера. Надежно устанавливается при совпадении данных сейсмометрии, сейсмической томографии, геотермии, магнитотеллурики, гравиметрии или хотя бы нескольких из этих методов. Если слой пониженной скорости, плотности и электрического сопротивления на соответствующих глубинах в мантии совпадают друг с другом, то можно говорить о большой вероятности существования астеносферы. Контрольными, однако, являются данные геотермии, ибо в астеносфере для снижения вязкости до необходимых значений должны достигаться температуры солидуса, т. е. хотя бы частичного плавления соответствующих пород пиролита.

Подобная ситуация прослежена на Украине пока только в области энергичных альпийских деформаций: в Закарпатье, соседней Паннонии, Карпатах, Крыму, под северо-западным шельфом Черного моря (рис. 1). Можно предположить, учитывая широко распространенные активные воздействия геосинклинали на прилегающие области более древней стабилизации, что астеносфера частично заходит и под край Восточно-Европейской платформы (ВВП). Очень вероятно ее существование под Черноморской впадиной.

Наблюдающиеся же местами отдельно друг от друга слои пониженной скорости сейсмических волн, плотности, электрического сопротивления севернее (Кировоградский массив и др.) могут рассматриваться лишь как возможные реликты или следы астеносферы прошлого, так как тепловые потоки настоящего недостаточны для ее существования.

Между тем, геологические данные (активный магматизм и др.) свидетельствуют, что в архее астеносфера была распространена повсеместно, позднее сосредоточилась под протогеосинклиналями (проторифтами) раннего протерозоя, Волыно-Полесским грабеном рифея — венда, позднепротерозойско (?) — ранневизейским Днепровско-Донецким палеорифтом, сохранилась до поздней перми (а может быть, и дольше) под Донбассом и, наконец, локализовалась лишь в альпийской складчатой области.

2. Раздел Мохоровичича (М) является важнейшей границей, отделяющей земную кору от мантии. Его глубины в пределах

Украины изменяются от 20 до 60 км, т. е. размах рельефа составляет около 40 км (рис. 2). Несомненно, в течение геологической истории, в связи с конструктивными и деструктивными процессами, его положение менялось неоднократно.

Как правило, он приподнят под впадинами и опущен под поднятиями. Это наблюдается и на Украине. Так, под Днепровским грабеном он воздымается до отметок 32—35 км, под Черноморской впадиной с ее мощнейшим рыхлым чехлом — до 20—25 км, под Индольским прогибом — до 35 км. Исключение составляет узкий и перекрытый надвигами

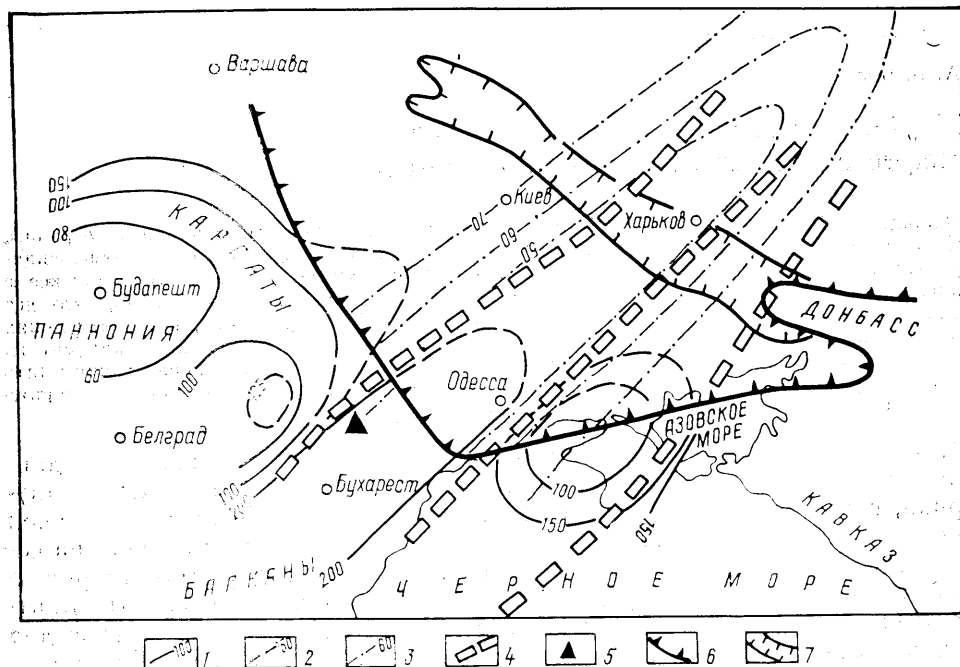


Рис. 1. Схема строения астеносферы

1 — изоглубины кровли (км); 2 — возможные их продолжения под краевой частью Восточно-Европейской платформы; 3 — изоглубины менее глубокого слоя, с пониженной скоростью в мантии (км); 4 — предполагаемые ослабленные зоны на уровне астеносферы и верхов мантии; 5 — область глубокофокусных землетрясений Вранча (80—180 км). Границы: 6 — Восточно-Европейской платформы, 7 — Днепровско-Донецкого палеорифта

Скибовых Карпат Предкарпатский прогиб. Основание коры уходит под ним на глубины до 50 км и более. Это, однако, случай особый, и он станет понятным при рассмотрении вопросов геодинамики.

Для темы нашего сообщения особый интерес представляет то, что раздел М приподнят практически под всеми нефтегазоносными бассейнами мира. Для территории бывшего СССР установлено, что 74 % всех месторождений нефти и газа связано с глубинами до раздела М 35—46 км, главным образом, со склонами его поднятий [8].

Эта закономерность прослеживается и в Днепровском грабене [7, 14]. Она хорошо видна на рис. 3. Осевой части грабена соответствует на глубине антиклинальный перегиб раздела М со сводом в виде узкого эллипса неправильной формы. Минимальные глубины до подошвы коры зафиксированы к северу от Полтавы, северо-восточнее Солоховско-Матвеевского вала.

Сопоставление этих особенностей рельефа раздела М с размещением нефтегазовых месторождений показывает, что они тяготеют к отметкам 35—40 км, имея максимум вблизи 37,5 км (рис. 3, б). Эти отметки характеризуют склоны поверхности М, и они, следовательно, в указанном интервале глубин наиболее перспективны для поисков месторождений в региональном плане.

Степень тектонической раздробленности раздела М определялась расчетом показателя $N = KA$ [7]. Этот показатель характеризует об-

шую величину разрывной деформации по вертикали, зависящую от количества разломов на единицу длины границы (K), и их средней амплитуды (A). Расчеты показывают, что наиболее раздроблены склоны раздела М (рис. 3, в). В осевой части грабена $N=0,1$, в направлении к южному борту этот показатель увеличивается, приближаясь к 0,2, а к северному борту — заметно превосходит это значение.

Разломы раздела М по мере продвижения вверх ветвятся и создают семейства (или рои) более мелких нарушений, дробящих фундамент и нижние горизонты осадочного чехла. Здесь также наблюдаются сгущения нефтегазовых месторождений. Таким образом, в Днепровском

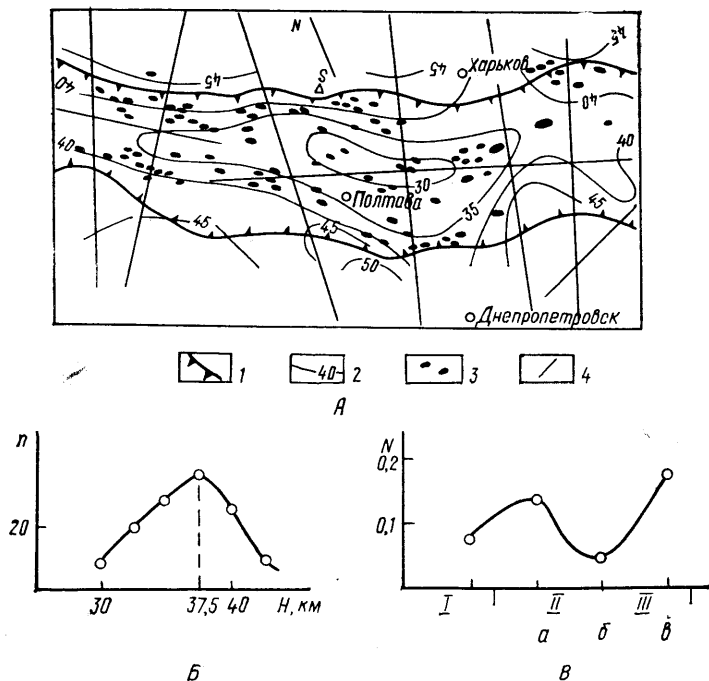


Рис. 3. Глубинное строение и нефтегазоносность Днепровского рифтового грабена

А — соотношение рельефа раздела М и нефтегазовых месторождений: 1 — краевые разломы грабена, 2 — изоглубины раздела М (км), 3 — месторождения, 4 — профили ГСЗ; Б — кривая распределения месторождений в зависимости от глубины до раздела М; В — тектоническая раздробленность раздела М: I — Украинский щит, II — Днепровско-Донецкая впадина (а — южный борт, б — северный борт, в — центральная часть), III — Воронежский кристаллический массив

грабене участки склонов раздела М, характеризующиеся повышенной раздробленностью, наиболее благоприятны для поиска месторождений.

Общий подъем раздела М под нефтегазоносным бассейном и тяготение месторождений к его раздробленным склонам заманчиво рассматривать как подтверждение ювенильного абиогенного происхождения нефти и газа, как будто транспортируемых из мантии. Не отрицая подобную возможность, ее нельзя считать доказанной. При образовании рифтовых структур (каковой, в частности, является и Днепровский грабен) происходит подъем сильно разогретого мантийного материала с дроблением, утонением земной коры и насыщением ее магматами. В коре и ее осадочных слоях возникает экстремальная термодинамическая обстановка, при которой возможно преобразование первично биогенного органического вещества в нефть и газ в самих нефтематеринских толщах. В этом случае разломы могут лишь обеспечивать дальнейшую миграцию углеводородов и их скопление в ловушках.

Как бы там ни было, довольно высокие значения показателей связи нефтегазоносности и параметров глубинного строения могут быть использованы для эмпирических прогнозных оценок в региональном плане.

3. Вещественный состав и особенности структуры консолидированной коры. Изучение вещественного со-

става и строения консолидированной коры имеет большое значение для понимания глубинных процессов и механизмов образования развитых на этой коре осадочных нефтегазоносных бассейнов. Кроме того, открытие месторождений в самой консолидированной коре — Хухрянское, Юльевское и другие на севере Днепровско-Донецкой впадины под Харьковом, в Серноводско-Абдулинском палеорифте и т. д. ([9] и др.) — требует специального изучения как явления.

В последнее время проведена большая работа по исследованию неоднородностей литосферы юга ВЕП комплексом геолого-геофизических методов [10, 4]. Она показала (рис. 4), что консолидированная кора Волюно-Оршанского палеорифта имеет самые высокие на юге платформы значения скорости упругих волн и плотности и что она также высокомагнитна. На юге структуры широко развит вендский трапповый вулканизм. Контур структуры, по глубинным геофизическим данным, заметно шире ее современного поверхностного проявления.

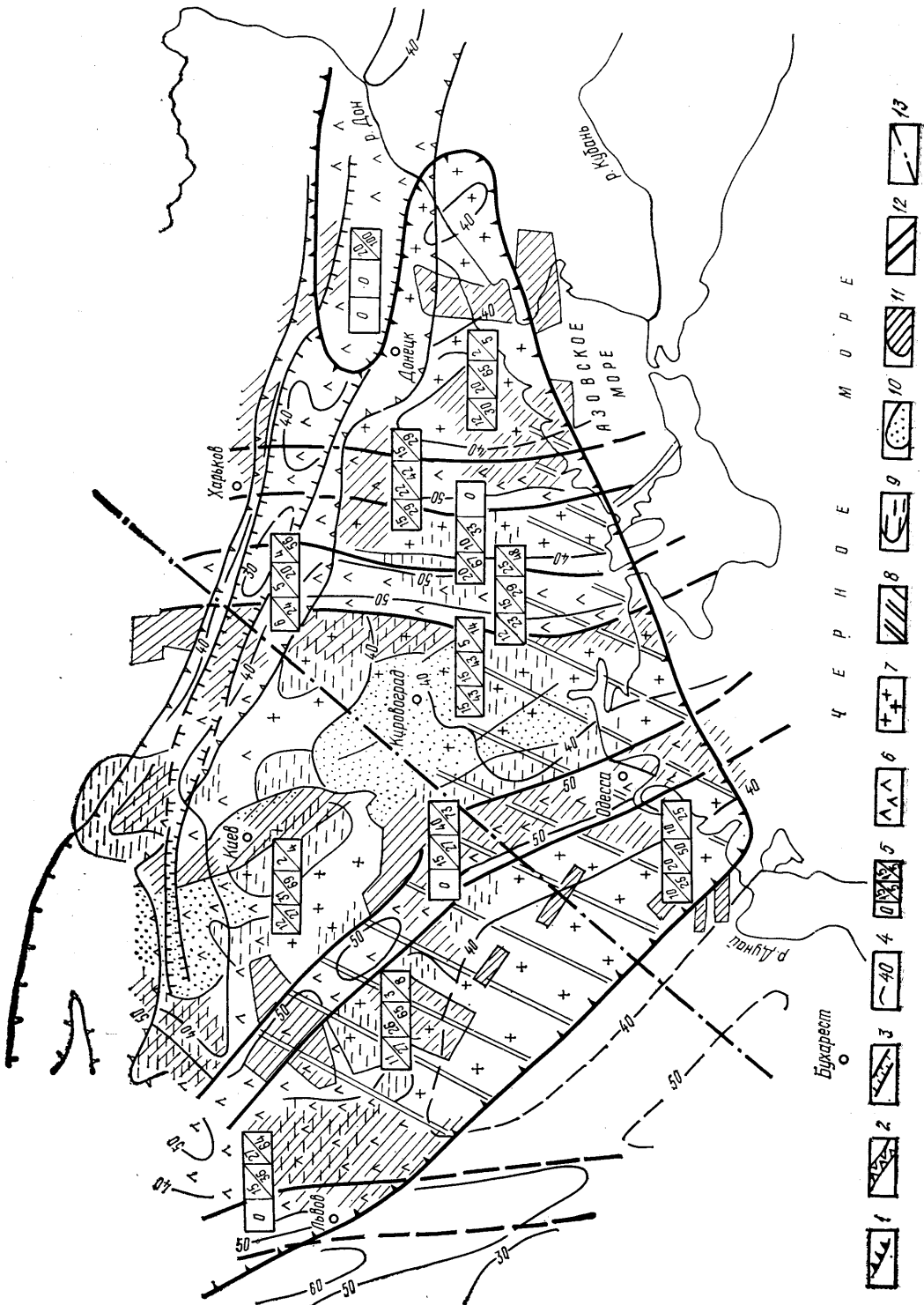
Консолидированная кора Припятско-Днепровско-Донецкого палеорифта также имеет повышенные скорости и повсеместно уплотнена, однако намагниченность увеличена только в районе Черниговского выступа, Лохвицы и на отдельных участках краевых разломов — в местах пересечения с основными древними субмеридиональными разломами Украинского щита (УЩ). В палеорифте также широко проявлен магматизм щелочно-базальтового состава. При общем уплотнении консолидированной коры и появлении коро-мантийной «смеси» на юго-востоке и в Донбассе обращает на себя внимание Черниговский и ряд других гравитационных максимумов, связанных с внедрением в кору пород основного состава. Черниговский максимум имеет сложную форму, уникален по интенсивности и распространен в стороны от глубинного уплотнения в низах коры. Аналогичный блок повышенной плотности связан с аномалией несколько меньшей интенсивности в Волюно-Оршанском палеорифте.

Только в пределах Днепровско-Донецкого и Волюно-Оршанского палеорифтов отмечается совпадение повышения упругих свойств, плотности и намагниченности консолидированной коры, что свидетельствует о единой природе указанных структур, хотя и имеющих существенное различие между собой. Обе они возникли в результате растяжения и деструкции древней дофанерозойской гранитоидной коры, сопровождавшихся преобразованиями и существенной базификацией.

Что касается структурных особенностей консолидированной коры Украины, то прежде всего следует отметить ее сложное мозаично-ячеистое строение. Сейсмическими исследованиями выявлены многочисленные неоднородности в виде волноводов (зон трещиноватости), линз, выклиниваний, карманов, козырьков и тому подобных изолированных и полуизолированных пространств или камер; которые при соблюдении всех остальных необходимых условий (коллекторы, покрышки, экраны и др.) могли бы служить благоприятной структурной основой для образования концентраций ювенильных флюидов. Были бы глубинные нефть и газ.

Таким образом, хотя геофизические исследования сами по себе и не позволяют решить вопрос о природе происхождения нефти, они, между тем, обнаруживают в глубоких зонах коры структурные элементы и ситуации, благоприятные для миграции и скопления ювенильных флюидов любого состава [2].

4. Разломы. Сейсмическими исследованиями в земной коре обнаружено большое количество разломов, в том числе глубинных (рис. 1—4). Их роль как путей подъема вверх магмы и глубинных рудоносных растворов хорошо известна. Столь же велико значение разломной тектоники и в нефтегазовой геологии (особенно как структур, контролирующих пространственное размещение месторождений, создающих условия для их образования или, наоборот, разрушающих). При различных трактовках генезиса нефти и газа функциональная роль разломов также становится неодинаковой: у «органиков» — это перераспре-



Д
 Н
 Н
 Г

 Л
 Н
 Д
 О
 П
 Т
 Л
 В
 С
 З
 З
 Г

 Р
 Ж
 р
 1 -
 2 -

 в
 м
 н
 з
 к
 р
 а
 т

 р
 и
 м
 п
 р
 к
 и
 г
 о
 р
 с
 у
 б
 Н
 а
 л
 о
 в
 к
 о

 д
 о
 л
 и
 л
 и
 л
 о
 м
 к
 р
 а
 д
 в
 и
 л
 е
 т
 р
 е
 к

 ◀
 Р
 и
 с.
 1 - г
 р
 н
 и
 ц
 ы
 к
 о
 р
 ы
 (н
 а
 д
 т
 о
 в
 а
 я
 ф
 и
 з
 м
 а
)
 12 - р
 13 - с

деление флюидов внутри осадочной толщи, у «неоргаников» — это важная, но не основная «миссия» разрывов, главное — транспортировка нефти и газа в верхи коры, в том числе в осадочный чехол, с больших глубин.

Обобщение материалов ГСЗ по глубоким «корневым» частям разломов показало, что наиболее значительные из них зарождаются именно в мантии и лишь затем проникают в земную кору, дробя ее и создавая системы ветвящихся, более мелких нарушений. Нам неизвестно, откуда попадают нефть и газ в магистральный разломный канал транспортировки — с больших глубин мантии и земной коры или из нефтепроизводящих осадочных толщ. Важно подчеркнуть лишь, что они далеко не всегда достигают поверхности или находящихся в поле зрения горизонтов чехла и затухают на определенной глубине. Если по таким вет-

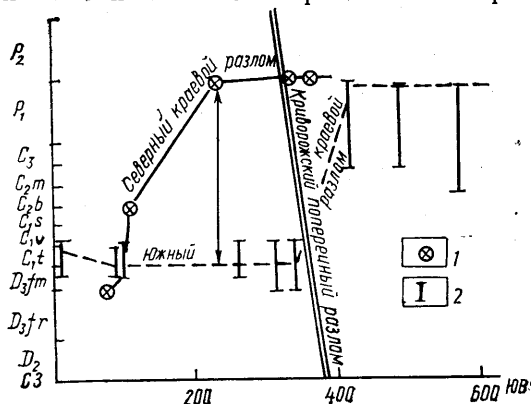


Рис. 5. Время прекращения движений по краевым сбросам Днепровского грабена [8]

1 — моменты прекращения движений;
2 — интервалы прекращения движений

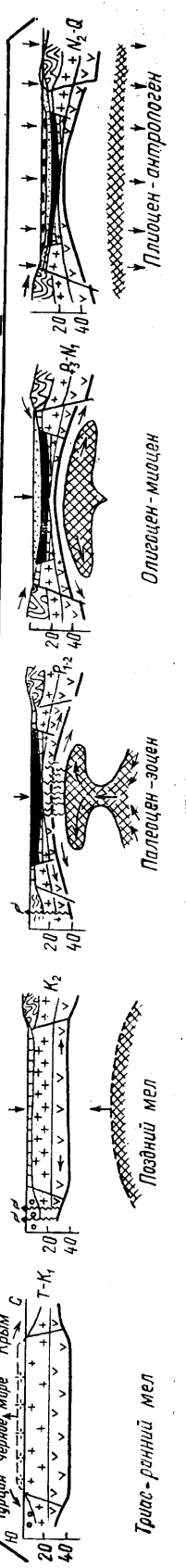
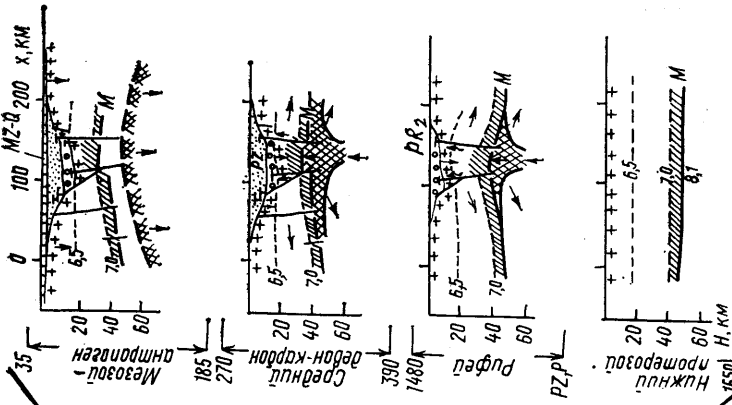
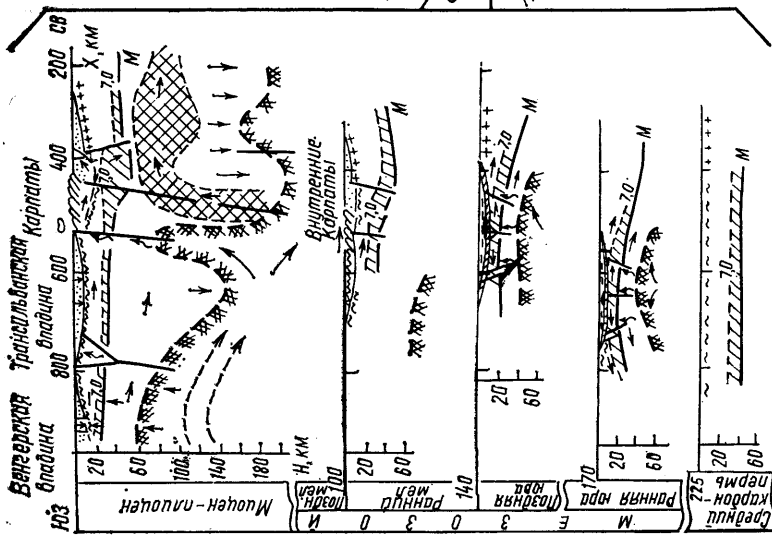
вающимся трещинам идет подъем углеводородов, они принципиально могут образовывать скопления в отдельных многочисленных ответвлениях, апофизах и апикальных частях, не достигших поверхности, образуя нечто вроде перевернутой «новогодней елки». Поэтому наиболее крупные глубинные разломы фанерозоя, показанные на рис. 2, должны рассматриваться именно как весьма широкие зоны потенциальной нефтегазоносности, независимо от природы происхождения углеводородов.

Данные глубинной сейсмологии показывают также, что разрывные нарушения разного возраста, находящиеся на разных этапах земной коры и мантии, вплоть до астеносферы, могут иметь принципиально разные простирания (рис. 1 и 2). Кроме того, установлено [3], что практически все литосферные разломы так или иначе наклонены, вплоть до субгоризонтальных сместителей. Это может обеспечивать весьма далекую сублатеральную миграцию — от мест их образования до накопления. Наконец, существуют трещины, не имеющие глубоких «корней» и обусловленные чисто приповерхностными явлениями механического изгиба, коробления и т. п.

Как правило, глубинные и производные от них разломы являются долгоживущими, и движения по ним могут неоднократно подновляться. Однако далеко не всегда, даже в пределах одной и той же структуры или одной и той же системы разрывов, эти движения синхронны. Разломы часто «не считаются» друг с другом. Наглядный пример дают краевые сбросы Днепровского грабена. При прекращении активных движений по ним северный «живет» дольше южного на целых 70 млн лет (рис. 5) [5]. Это находит объяснение в глубинном северном «перекосе» грабена, его асимметрии [11].

Рис. 4. Схема неоднородностей литосферы юга Восточно-Европейской платформы

1 — граница платформы; 2 — краевые разломы Днепровско-Донецкого палеорифта; 3 — контуры верхнепротерозойского (?) грабена в его пределах; 4 — толщина кристаллической части земной коры (км); 5 — мощности (км) ее комплексов: «гранитного», «диоритового» и «базальтового» (над чертой) и их процентные соотношения в разрезе (под чертой); 6 — преимущественно «базальтовая» кора; 7 — преимущественно «гранитная» кора; 8 — область гранулитовой фации метаморфизма; 9 — уплотненная кора; 10 — разуплотненная кора; 11 — повышено намагниченная кора; 12 — раннепротерозойские протогейсинклинальные (проторифтовые) зоны и их глубинные разломы; 13 — структуры в верхней мантии



Все перечисленные явления затрудняют прогноз и поиск месторождений, но не должны упускаться из виду.

5. Геодинамика. В настоящее время трудно говорить об эффективности нефтепоисковых работ без геодинамического анализа осадочных бассейнов. Это наглядно показал Международный симпозиум, состоявшийся в Москве в мае 1992 г. [13].

Геодинамический анализ предусматривает составление для каждой конкретной структуры последовательного ряда геолого-геофизических моделей, соответствующих основным этапам ее развития и сменяющихся в ходе эволюции [6 и др.]. Геофизика накопила к настоящему времени довольно много сведений о глубинном строении и свойствах тектоносферы в самых разных геологических ситуациях. Известно, что тем или иным фациям осадочных пород, их составу и структурным соотношениям, тем или иным термодинамическим обстановкам метаморфизма, изменениям химизма и проявлений магматизма и т. д. соответствующие определенные геофизические модели. И наоборот.

В начале существования правильно выбрать исходную, сохранившуюся геофизическую модель, из которой в ходе преобразований возникла ныне существующая. Тогда, по принципу взаимной «обратной связи», с использованием эквивалентности геофизических моделей и геологических ситуаций, мы можем поэтапно проследить взаимосвязь глубинной перестройки с ее проявлениями в осадочном чехле. Это важно, в частности, и для понимания формирования как нефтегазоносных бассейнов в целом, так и отдельных крупных месторождений в их пределах. Исходя из этих положений составлены эволюционные ряды (рис. 6).

Днепро-Донецкий палеорифт [12]. Проседание рифта по разломам и заполнение его вулканогенно-осадочными толщами началось, по-видимому, не в среднем девоне, как считалось, а в позднем протерозое. Глубинный мантийный процесс, приведший к рифтингу, начался, возможно, еще раньше (1,6—1,7 млрд лет назад).

Деструкция литосферы и активизации широких зон протерозойских дорифтовых разломов были обусловлены накоплением глубинного тепла в астеносфере. Процессы деструкции и активизации привели к уменьшению давления, повышению температуры и образованию астеносферного выступа или астенолита. Пульсационный подъем разогретого мантийного материала с последующим растеканием его в стороны вызвал растаскивание, утонение и растрескивание земной коры, насыщение ее плотными массами основного состава, уменьшение магнитности слагающих кору пород. Вверху этот процесс сопровождался рифтообразным проседанием поверхности фундамента с накоплением осадочных толщ и щелочно-базальтоидных магматитов, особенно интенсивным в позднем девоне, чему способствовало более интенсивное, чем в позднем протерозое, вертикально-горизонтальное распространение коро-мантийной смеси.

Рифтообразование происходило в два этапа: позднепротерозойско-раннепалеозойский и позднедевонско-ранневизейский, что привело к возникновению структуры двойного телескопированного грабена. Первый из них, более узкий и древний, находится в основании структуры. Процессы образования грабенов (рифтов) и магматизации развивались

Рис. 6. Монтаж эволюционных рядов нефтегазоносных районов Украины

1 — астеносфера; 2 — глубинный магматический силл в мантии Южных Карпат; 3 — раздел М; 4 — высокоскоростной (более 7 км/с) комплекс в основании коры; 5 — «базальтовый» слой; 6 — «гранитный» слой; 7 — уничтоженная денудацией часть «гранитного» слоя в Черноморской впадине; 8 — молодой складчато-метаморфизованный фундамент; 9 — осадочный слой; 10 — покровно-надвиговая структура Карпат; 11 — дислокация в Горном Крыму и Турции; 12 — верхнепротерозойский осадочно-вулканогенный комплекс в Днепро-Донецком палеорифте и терригенный комплекс таврической серии и нижнего мела в Крыму; 13 — мезокайнозойский комплекс в Днепро-Донецкой впадине и верхнемеловые отложения в Черноморской впадине; 14 — рифтовый палеоцен-эоценовый комплекс в Черноморской впадине; 15 — водный слой; 16 — разломы; 17 — интрузии; 18 — вулканы; 19 — каналы поступления магмы; 20 — движения в тектоносфере

с юго-востока на северо-запад и завершились в обратном направлении. Формирование позднедевонского рифта было четырехкратным и происходило в алатырское, ливенское, задонское и данково-лебедянское время. Активизация глубинного астенолита в конце каждого цикла осадконакопления приводила к раскрытию магмоподводящих каналов и контрастной седиментации (преимущественно вулканогенные, соленосные, грубозернистые песчанистые и пестроцветные образования).

Ширина палеорифта изменяется от 65—110 км в зоне максимального подъема раздела М (30—40 км) до 160—175 км в Припятском и Донбасском сегментах, где основание коры находится на отметках 45—48 км. В пределах сокращенной толщины коры при рифтинге образовалась серия частных щелевых грабен.

В позднем визе — антропогене над Днепровской частью палеорифта, вследствие остывания и погружения астенолита, сформировалась весьма пологая и широкая платформенная ДДВ.

Итак, основными элементами геодинамической модели Днепровско-Донецкого палеорифта являются: появление в среднем протерозое глубинного астеносферного магматического очага, генерировавшего в субплатформенную стадию развития УЩ материал его габброидных plutonov с гранитами рапакиви → двухкратное формирование, начиная с позднего протерозоя, двухъярусной линейной рифтовой структуры, сопровождавшееся, вследствие растяжения земной коры под действием глубинного астенолита, ее утонением, мощным дроблением и интенсивным щелочно-базальтоидным вулканизмом → формирование над рифтом поздневизейско-кайнозойской широкой платформенной синеклизы.

Об активизации астеносферы в среднем протерозое свидетельствуют габброиды и граниты рапакиви УЩ. Расчеты показывают, что она подымалась до глубин (40 ± 10) км при температуре 1200—1300 °С.

В конце среднего девона произошла новая активизация. Астенолит достиг глубины 40—60 км и менее. Температуры в основании коры составляли 1000—1200 °С и превышали солидусные значения для влажных основных пород. Это благоприятствовало подтапливанию земной коры снизу и вертикально-горизонтальному внедрению астеносферной магмы и флюидов. Мощность земной коры от первоначальной — 48 км, соответствующей, в среднем, прилегающим блокам УЩ, уменьшилась до 30 км. В осевой зоне сокращенной мощности коры, по данным тектонофизического моделирования [1], происходило сжатие в консолидированной коре, а в зонах краевых разломов — растяжение, благоприятствовавшее образованию щелевых грабен.

Карпатский регион. С мезозоя тектоническая активность и соответственно глубинная перестройка литосферы сконцентрировались в области деформаций альпийского пояса. Здесь, в районе Складчатых Карпат, сейчас трудно определить исходную позицию эволюционного ряда, так как кора переработана и сильно изменена. Более или менее обоснованно можно считать, что в карбоне — перми, т. е. в конце герцинского этапа, она имела такое же строение, какое мы сейчас наблюдаем под Мизийской и Скифской плитами. Это представление реализовано на рис. 6.

Ретроспектива представляется в следующем виде. Перед альпийским этапом литосфера рассматриваемого района имела довольно спокойное строение. Байкальский и герцинский этапы, по сравнению с раннепротерозойским, не внесли больших изменений в ее структуру и физическое состояние, поскольку движения и метаморфизм были весьма слабыми.

«По обратной связи», исходя из данных геологии, в начале юры на месте Трансильванской впадины был глубоководный бассейн с океанической корой. В поздней юре континентальная кора была раздвинута вследствие океанического рифтинга к востоку и северо-востоку от Трансильвании. В конце юры континентальная кора подвергалась растяжению и переработке в центральной части Трансильванской впадины, где возник Мечек-Дебреценский флишевый трог.

Вообще на площади Карпатско-Балканского региона в течение юры произошла значительная деструкция герцинской континентальной коры. Между отдельными ее фрагментами пролегалли глубоководные бассейны с океанической или квазиокеанической корой.

В конце юры — начале мела обстановка господства растяжений сменилась сжатием. В барреме—апте—альбе образовались главные покровы Внутренних Карпат с участием метаморфизованного субстрата и офиолитов. Перед фронтом шарьяжей, двигавшихся на восток, возник широкий и глубокий флишевый прогиб, с титона до олигоцена заполнявшийся мощной толщей осадков. Кора в его пределах имела малую мощность.

В послепалеогеновую орогенную стадию в тектоносфере региона произошли большие изменения, результат которых мы наблюдаем в современном разрезе. Определяющим был энергичный подъем в районе Паннонии разогретого и разуплотненного мантийного вещества, которое обралоывало глубинный астенолит. Под действием астенолита и конвекционных потоков, восходящих в его центре и нисходящих по периферии, земная кора Паннонии подверглась дроблению и тангенциальному растяжению. Поднявшись, мантийное вещество перемещалось в сторону Карпат. Нисходящие ветви движения располагались по внешнему краю Карпатской складчатой дуги, где сейчас наблюдаются наименьшие значения теплового потока. Растяжение земной коры привело в неогене к резкому сокращению ее мощности, «глубинной эрозии» «базальтового» слоя, опусканию фундамента и образованию в конце раннего — начале среднего миоцена Венгерских и Трансильванской впадин.

В начале миоцена в покровно-складчатые деформации и горообразование были вовлечены Внешние или Складчатые Карпаты. Перемещение горных масс на восток осуществлялось по наклонным разломам, которые по мере удаления от Паннонии становились все более пологими, вплоть до горизонтальных. В результате возникла покровно-надвиговая, скибовая структура. Тангенциальное движение масс земной коры встретило сопротивление со стороны стабильной ВЕП. Поскольку ее краевые разломы погружаются на северо-восток, под платформу, а разломы Карпат — на юго-запад, в зоне сочленения образовалась структура типа «рампа». Тангенциальное сжатие у края ВЕП привело к погружению, вдавливанию на глубину суженного кверху клинообразного блока земной коры. Погружению способствовало, а может быть, и определяло его, действие предполагаемой нисходящей ветви конвекционного потока. Вместе с опустившимся блоком погрузился раздел М, а также поверхность фундамента. В результате именно здесь сейчас наблюдаются наибольшие глубины до этих поверхностей. Погружение фундамента привело к образованию узкого Предкарпатского прогиба, на который продолжали надвигаться флишевые толщи Карпат. Таким образом, этот прогиб возник в результате сжатия земной коры, а не растяжения (именно поэтому здесь глубоко опущен раздел М), он очень узок и перекрыт надвинутыми на него флишевыми толщами. Поскольку Предкарпатский прогиб и прилегающая к нему часть Карпат испытывали сжатие, для них не характерны магматические проявления.

Одесско-Джанкойский палеорифт начал формироваться на прогретой и маломощной (не более 100 км) литосфере в дислоцированной многочисленными глубинными разломами шовной зоне между ВЕП и Скифской плитой. Горячая астеносферная магма, флюиды и газы, начиная, очевидно, с поздней юры, проникали в виде астеносферного выступа или астенолита в более холодную и твердую литосферу, растаскивая ее блоки. Достигнув низов коры — зоны массовой гидратации магмы, астеносферная магма и флюиды разогрели и инъецировали земную кору будущего рифта и образовали под ним коро-мантийную смесь, выделяемую, по сейсмическим данным, в современном разрезе.

Формирование рифта и вулканическая деятельность продолжались в апте—раннем альбе. Вулканическая деятельность способствовала остыванию и сжатию астеносферного и коро-мантийного вещества, а так-

же пульсационному накоплению синеклизных альбских (до 1 км) и верхнемелово-эоценовых (до 3,5—4 км) отложений в осевой зоне. В прогибе увеличена также мощность олигоцен-антропогеновых отложений (до 1—1,5 км).

К меловому этапу тектоно-магматической активизации, сопровождавшейся вулканизмом, относится окончательное формирование Одесско-Джанкойского прогиба как рифтовой структуры, зародившейся в теле закончившей свое развитие киммерийской геосинклинальной области.

Черноморская впадина возникла на коре континентального типа в мел-четвертичное время. Можно выделить три основные стадии: дорифтовую эпиконтинентальную (поздний мел), рифтовую (палеоцен — эоцен) и послерифтовую молассово-орогенную (олигоцен — антропоген). Последняя стадия включает две подстадии: раннюю — дифференцированных опусканий (олигоцен — ранний миоцен) и позднюю — формирования единого прогиба (средний миоцен — антропоген).

В первую стадию протерозойско-палеозойский континентальный массив, существовавший на месте Черного моря, погрузился и был перекрыт неглубоким морем. В палеоцене — эоцене в теле погружившегося массива образовалась зона рифтов. В позднем эоцене рифтообразование прекратилось. В альпийских складчатых структурах начались орогенные движения, обусловившие компенсационное прогибание расширившейся Черноморской впадины с накоплением моласс. Прогибание было дифференцированным, так как на фоне общего опускания образовались быстро погружавшиеся частные компенсационные прогибы. В среднем миоцене они замкнулись, темп общего опускания возрос, впадина сильно расширилась, особенно в плиоцене — антропогене, и, наложившись на самые разные тектонические структуры обрамления, приняла, в итоге, современный вид с глубоководной котловиной в центре.

Механизм формирования впадины представляется в следующем виде. Впадина возникла в результате вертикального подъема и внедрения в континентальную литосферу астенолита, вынесшего с собой большое количество тепла, магмы и флюидов. Разделившись на расходящиеся субгоризонтальные ветви течения, астенолит подверг земную кору, вязкость которой вследствие прогрева снизилась, растяжению и растаскиванию. Латеральные перемещения материала в нижней части коры и верхах мантии реализовывались, в существенной мере, по многочисленным субгоризонтальным поверхностям скольжения и срыва, появлению которых благоприятствовали гидротермальные и метаморфические изменения пород. В совокупности растяжение, основной магматизм, метаморфизм, метасоматоз и фазовые превращения вещества резко изменили толщину, состав и физический облик земной коры. Ее мощность уменьшилась, «гранитный» слой был редуцирован и разорван, в осевой части структуры, вследствие раздвига в палеоцене — эоцене, возник рифт, а в «зияние» коры под ним, вероятно, внедрились производные мантии, образовав «базальтовый» слой новой генерации. Утонение и уплотнение коры привели в олигоцене — антропогене к прогрессирувавшему опусканию ее поверхности и прогибанию Черноморской впадины. Развитие процесса растяжения, наряду с углублением, увеличивало размеры впадины, а нижние горизонты осадочного выполнения, возможно, также подвергались растаскиванию и разрыву. Остывание и уплотнение астенولينзы, образовавшейся в результате горизонтального растекания астенолита, вызвало ее вертикальное проседание, обозначившее современный контур впадины.

Подводя итог, отметим, что первопричиной образования всех рассмотренных структур являлся подъем из мантии порций глубинного разогретого материала — астенолитов. Это явление вообще распространено чрезвычайно широко и, по-видимому, отражает действие ведущего процесса тектогенеза — гравитационной дифференциации вещества планеты.

Рассмотренные геодинамические модели являются качественными; они, несомненно, должны быть дополнены количественными, включающими многофакторное физическое и математическое моделирование с использованием компьютерной техники, специальные исследования палеонапряжений, палеотемператур, палеогеодинамики с рассмотрением их в «развертке времени» и т. д.

1. Гутерман В. Г., Чекунов А. В. Тектонофизические аспекты формирования Днепровско-Донецкой впадины // Геофиз. сб.—1970.— № 35.— С. 61—69.
2. Соллогуб В. Б., Чекунов А. В. Особенности глубинного строения земной коры, существенные для возможной миграции и скопления ювенильных флюидов // Особенности глубинного строения земной коры и теоретические обоснования неорганического генезиса нефти.— Киев: Наук. думка, 1982.— С. 156—163.
3. Соллогуб В. Б., Соллогуб Н. В., Чекунов А. В. Сублатеральные разломы в кристаллическом субстрате юга Восточно-Европейской платформы // Докл. АН УССР. Сер. Б.—1989.— № 5.— С. 18—22.
4. Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы м-ба 1 000 000 / Под ред. А. В. Чекунова.— Киев: [Госкомгеология Украины], 1992.
5. Чекунов А. В., Рябчин Л. И. Динамика краевых разломов Днепровского грабена // Геотектоника.—1986.— № 5.— С. 72—79.
6. Чекунов А. В. Геодинамическая модель геотраверса Днепровско-Донецкий палеорифт — Украинский щит — Южные Карпаты // Геотектоника.—1989.— № 6.— С. 3—12.
7. Чекунов А. В., Калужная Л. Т., Рябчин Л. И. Раздел М и нефтегазоносность Днепровского грабена // Докл. АН УССР, Сер. Б.—1989.— № 12.— С. 19—22.
8. Чекунов А. В., Шукин Ю. К., Семов В. Н. и др. Литосфера и нефтегазоносность территории СССР // Геофиз. журн.—1990.— № 1.— С. 3—9.
9. Чекунов А. В., Чебаненко И. И., Кавеев И. Х. и др. Неоднородности земной коры и нефтегазоносность кристаллических пород фундамента (на примере Днепровско-Донецкого и Серноводско-Абдулинского авлакогенов) // Геофиз. журн.—1990.— № 2.— С. 3—19.
10. Чекунов А. В., Соллогуб В. Б., Ильченко Т. В. и др. Глубинные неоднородности земной коры юга Восточно-Европейской платформы // Геофиз. журн.—1990.— № 4.— С. 3—22.
11. Чекунов А. В. Об асимметрии рифтовых структур Украины // Докл. АН УССР. Сер. Б.—1991.— № 6.— С. 98—102.
12. Чекунов А. В., Гавриш В. К., Кутас Р. И. Геодинамика палеорифтов Украины // Геол. журн.—1990.— № 6.— С. 3—10.
13. Чекунов А. В. Геодинамическая эволюция осадочных бассейнов Украины и сопредельных стран // Геодинамическая эволюция осадочных бассейнов: Тез. Междунар. симп. (Москва, 18—23 мая 1992 г.).— М.: [ИГРГИ и ВНИГНИ], 1992.— 168 с.
14. Chekunov A. V., Kaluzhnaia L. T., Ryabchun L. I. The Dnieper—Donets paleorift, Ukraine: deep structures and hydrocarbon accumulations // Journ. Petroleum Geol.—1993.— Vol. 16, N 2.— P. 183—196.

Ин-т геофизики им. С. И. Субботина
АН Украины, Киев

Статья поступила
21.12.92

Резюме

Узагальнонено дані глибинної геофізики по усіх нафтогазоносних басейнах України. Складено схеми положення астеносфери, поділу М, неоднорідностей консолидованої кори, основних тектонічних швів та глибинних розломів. У комплексі з даними геології розглянуто питання геодинаміки еволюції басейнів. Показано, що усі вони виникли і розвивалися під впливом мантієвих процесів, які ініціювали у корі як вертикальні, так і значні латеральні рухи. У кожному з басейнів геодинамічний процес мав свою специфіку, однак визначаючим було підняття глибинних астенолітів з супутніми ефектами. Викладений матеріал обговорюється у світлі проблем генезису та розшуків нафти й газу.

Summary

Data of abyssal geophysics concerning all the oil and gas basins of Ukraine have been generalized. The schemes of position of asthenosphere, Moho sections and inhomogeneities of consolidated crust, basic tectonic joints and deep-seated fractures have been compiled. Problems of geodynamics of the basins evolution have been considered in a set with geological data. It is shown that all of them appeared and developed as affected by the mantle processes which initiated both vertical and considerable lateral movements in the crust. Geodynamical process in each basin possessed its specificity but the uplift of deep-seated asthenoliths with concomitant effects was the decisive one. The data are discussed in the light of problems of genesis and search for oil and gas.