

## ТЕКТОНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА СЕВЕРНОГО БОРТА ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОГО АВЛАКОГЕНА

Т. С. Гейко<sup>1</sup>, А. Е. Лукин<sup>2</sup>, В. В. Омельченко<sup>1</sup>, О. Г. Цеха<sup>1</sup>

В світлі новітнього узагальнення геолого-геофізичних даних та з точки зору специфіки континентального рифтогенезу розглянуто закономірності нафтогазоносності фундаменту Північного борту Дніпровсько-Донецького авлакогену та запропоновано тектоно-геодинамічні критерії прогнозування вуглеводневих покладів в розуцільнених архейсько-нижньопротерозойських кристалічних породах.

*Ключові слова:* кристалічний фундамент, Дніпровсько-Донецький авлакоген, Північний борт, нафтогазоносність.

В свете новейшего обобщения геолого-геофизических данных и с точки зрения специфики континентального рифтогенеза рассмотрены закономерности нефтегазоносности фундамента Северного борта Днепро-Донецкого авлакогена и предложены тектоно-геодинамические критерии прогноза углеводородных залежей в разуплотненных архейско-нижнепротерозойских кристаллических породах.

*Ключевые слова:* кристаллический фундамент, Днепро-Донецкий авлакоген, Северный борт, нефтегазоносность.

The paper deals with consideration (in light of recent geologic-geophysical data generalization and from the standpoint of specific features of continental riftogenesis) petroliferous regularities of the basement of the Northern flank of Dnieper-Donets aulacogen. Certain tectonic-geodynamic criteria of hydrocarbon pools presence within deconsolidated Archean-Lover-Proterozoic crystalline rocks are suggested.

*Key words:* crystalline basement, Dnieper-Donets aulacogen, Northern flank, petroleum potential.

### Введение

Южный склон Воронежского кристаллического массива (ВКМ) – структурно-тектоническое основание Северного борта Днепро-Донецкого авлакогена (ДДА) – относится к наиболее приоритетным территориям Восточного нефтегазоносного региона Украины. Здесь открыто свыше 30 месторождений с залежами в нижней части редуцированного осадочного чехла. Кроме того, восточный сегмент зоны сочленения

ВКМ и ДДА пока является единственным районом Восточно-Европейской платформы, в пределах которого установлена промышленная нефтегазоносность архейско-нижнепротерозойского кристаллического фундамента (КФ). Наряду с известными закономерностями нефтегазоносности Северо-Американской и Восточно-Сибирской платформ, это является весомым подтверждением мощного углеводородного потенциала фундамента так называемых поднятых кратонов (древних континентальных платформ с мощным гранитным слоем). В то же время следует отметить, что фактор случайности при открытии промышленных

скоплений углеводородов (УВ) в кристаллических породах вообще и докембрийском КФ в частности по-прежнему играет ведущую роль. Даже в Днепровско-Донецком нефтегазоносном регионе, где представители украинской школы "неоргаников" (В. Б. Порфирьев, И. И. Чебаненко, В. А. Краюшкин, В. П. Клочко, В. И. Созанский и др.) последовательно отстаивали перспективность поисков нефти и газа в КФ, получение первых промышленных притоков нефти, газа и конденсата из разуплотненных кристаллических пород на Хухринской и Юльевской площадях вряд ли корректно рассматривать как результат целенаправленного опоискования конкретных подготовленных по фундаменту прогнозных объектов. Дальнейшее поисково-разведочное бурение привело к открытию ряда месторождений, в той или иной мере связанных с разуплотненными породами тектонических блоков КФ. Однако отсутствие четких представлений о природе нефтегазоносных резервуаров в докембрийских кристаллических породах, а следовательно, и надежных критериев прогноза, поисков и разведки месторождений с залежами в фундаменте привело здесь к бурению, наряду с продуктивными, ряда скважин либо сухих, либо с непромышленными притоками УВ из слабо трещиноватых плотных пород. Здесь уместно отметить, что проблеме нефтегазоносности разновозрастного фундамента – верхней кромки консолидированной коры ("гранито-гнейсового слоя"), непосредственно контактирующей с плитным чехлом [2, 5], посвящено большое количество публикаций, а также ряд диссертаций. Однако, как уже отмечалось [5, 6], особого прогресса в ее решении пока не отмечено. Это прежде всего относится к нефтегазоносности докембрийского КФ. В целом, эффективность геологоразведочных работ данного направления все еще чрезвычайно низка. В пределах Восточно-Европейской платформы только на северном плече ДДА, как отмечалось, достигнуты хотя и неоднозначные, но, тем не менее, вполне реальные практические результаты. Однако и здесь эффективность глубокого бурения на нефть и газ в КФ невелика. Для скважин, вскрывших архейско-нижнепротерозойский фундамент с целью его опоискования, коэффициент успешнос-

ти не превышает 0,15, в то время как для ДДВ в целом он составляет 0,33, а для отдельных районов (в частности, в смежном с указанной зоной Харьковском районе) достигает 0,5. Столь большие различия эффективности поисково-разведочных работ на нефть и газ в формациях осадочного чехла и фундамента обычно объясняют отсутствием общепринятых научно обоснованных представлений о генезисе нефти и газа (обоснованием поисково-разведочных работ на нефть и газ в КФ здесь занимались многие исследователи, среди которых, наряду с представителями мантийно-абиогенной концепции, были приверженцы осадочно-миграционной теории, а также "дуалисты" и "агностики"). Однако эффективный прогноз нефтяных и газовых месторождений, как известно, предполагает достаточно высокую степень изученности закономерностей формирования залежей УВ, которые не следует сводить к вопросу об источниках и путях их миграции. Здесь прежде всего следует иметь в виду изначальное отсутствие коллекторов в КФ. Поэтому, в отличие от осадочного чехла (точнее, стратисферы, сложенной "наслоенными" осадочными и вулканогенно-осадочными формациями), наиболее проблематичным звеном нефтегазоносного резервуара в породах КФ является коллектор, что, разумеется, не исключает необходимости присутствия в каждом конкретном случае покрывки (экрана) той или иной природы. Роль последней зачастую играют глинистые элювиальные (останцы кор выветривания) или гидротермальные образования, хотя для залежи внутри КФ полное или частичное экранирование могут осуществлять вмещающие породы, которые при отсутствии трещиноватости и вторичной пористости-кавернозности представляют собой покрывки классов В – Д [5].

### **О природе коллекторов в КФ**

Возникновение резервуаров нефти и газа в КФ связано с разнообразными наложенными вторичными процессами. *[Если сопоставлять осадочные и кристаллические породы, то роль первичных (сингенетических) факторов формирования эффективной пустотности теоретически возможна для апи-*

*кальных частей крупных интрузий в виде трещин и каверн термоусадки. Следует, однако, отметить, что контракционные процессы, связанные с охлаждением магматических тел, обычно настолько тесно переплетаются с более поздними гидротермальными и гипергенными наложенными изменениями, что трудно оценить их вклад в формирование коллекторов.]* В большинстве публикаций по нефтегазонасности КФ они сводятся к гипергенезу, а резервуары в КФ рассматриваются преимущественно как останцы кор выветривания. Такой односторонний подход обусловлен традиционными представлениями, в соответствии с которыми УВ могут попасть в фундамент только из осадочного чехла, контактирующего с той или иной зоной выветривания кристаллических пород. Как уже отмечалось [6], достоверные случаи нефтегазонасности КФ, связанные именно с корами выветривания, отсутствуют. Главную роль здесь играют геодинамические и гипогенно-метасоматические процессы, локализация которых определяется разломно-блоковой тектоникой. Именно с указанными факторами связано формирование таких месторождений, как Белый Тигр, Дракон, Пэнхендл, Ла-Пас, Оймаша, Пунгинское и др., в которых углеводородный потенциал КФ явно доминирует. Признаки такого доминирования наблюдаются и в пределах восточного сегмента зоны сочленения ВКМ и ДДА. Об этом свидетельствует, во-первых, наличие массивной залежи в разуплотненных породах (преимущественно амфиболитах) значительного по запасам Юльевского газоконденсатного месторождения, а во-вторых, полученные с 1986 по 1999 г. притоки нефти, газа и конденсата из различных разуплотненных кристаллических пород на ряде площадей (Нарыжнянское, Скворцовское, Чернетчинское, Коробочкинское, Гашиновское, Евгеньевское и др.) этой зоны нефтегазонакопления.

Как показано на основании комплексных минералого-петрографических исследований [3–5], коллекторы нефти и газа в КФ указанных месторождений представлены кавернозно-трещиноватыми метасоматитами, субстратом которых являются разнообразные по петрографическому составу, петрофизическим и петрохимическим осо-

бенностям породы КФ. Их формирование представляет собой многофазный процесс, в котором участвуют тектонофизические и флюидодинамические факторы. Его первая фаза связана с тектоническими напряжениями, благодаря которым обычные породы превращаются в тектониты. В зависимости от тектонической стадии и преобладания режимов растяжения или сжатия они могут приобретать некоторые черты катаклазитов или милонитов. Обычно это крипотектониты, которые диагностируются по появлению ориентировки оптических осей кварца, кливажа разлома или скальвания и т. п. Они представляют собой проявления общего неравномерно-напряженного состояния литосферы в зоне континентального рифтогенеза, включая предрифтовую, собственно рифтовую и пострифовую фазы инверсионного тектогенеза на фоне миогеосинклинально-синеклизного и эписинеклизного прогибания [4]. При этом именно породы КФ, в силу своих петрофизических особенностей, являются индикатором тектонических напряжений как растяжения и, в особенности, сжатия, "стягивая их на себя", по выражению Г. Л. Поспелова [8, с. 12]. Жесткость кристаллических пород, их "чуткость" по отношению к геодинамическим напряжениям и разнообразным тектоническим деформациям приводят к формированию различных систем трещиноватости. Благодаря этому КФ аккумулирует разнообразные диаклазы, обусловленные палео-, нео- и актуогеодинамическими напряжениями. Наряду с региональными и зональными проявлениями напряженного состояния земной коры на разных этапах геологической истории авлакогена, трещиноватость пород КФ обусловлена также проявляющимися гораздо интенсивнее, чем в осадочном чехле, специфическими тектоническими факторами, среди которых особую роль играют сдвиговые напряжения (деформации) между блоками, взаимодействующие по разломам. Установленный по различным критериям молодой (постолигоценный) возраст нефтегазонасности "гранитного слоя" (и, соответственно, его аккреционной верхней кромки) свидетельствует о ведущей роли в формировании разуплотненных породных массивов кристаллических пород именно недавних и современных геодинамических

напряжений. Однако залеченные разновозрастными битумами, вадозной и гидротермальной карбонатной (сульфатной, хлоридной и др.) минерализацией кавернозно-трещиноватые породы зон палеогеодинамических напряжений являются весьма благоприятным субстратом для их вторичного разуплотнения на последующих этапах тектоно-геодинамической эволюции.

Механизм континентального рифтогенеза, кардинально отличающийся от океанического рифтинга и столь ярко проявившийся при формировании ДДА, характеризуется асинхронностью формирования различных сегментов краевых разломов и сочетанием режимов растяжения и сжатия. Как уже отмечалось [7], процесс краевого разломообразования при континентальном рифтогенезе имел асинхронный импульсно-проградационный характер. При этом каждому такому "импульсу" соответствует определенный сегмент трассы краевого нарушения. Конфигурация каждого сегмента определяется структурно-формационной (и соответственно тектонофизической) неоднородностью КФ. Здесь сказывается прежде всего различие между, с одной стороны, более прочными и жесткими гранитными плутонами, а с другой – более пластичными, но петрологически- (и тектонофизически-) гетерогенными зеленокаменными поясами (областями). Указанные тектоно-геодинамические особенности континентального рифтогенеза подтверждаются данными комплексного геолого-геофизического изучения Северного борта ДДА.

### **Геолого-геофизические аспекты нефтегазоносности фундамента (и базальных слоев осадочного чехла) Северного борта ДДА**

Открытие промышленной нефтегазоносности КФ в зоне сочленения ВКМ и ДДА послужило основанием для составления Комплексной программы геофизических исследований на 1995–1999 гг., которая предусматривала параллельное изучение осадочного чехла и фундамента с раскрытием последнего на 200–300 м, а в отдельных случаях – на 500–1000 м. К сожалению, предложенная программа изучения фунда-

мента не была в полном объеме выполнена, что объясняется как объективными (сокращение финансирования), так и субъективными (неприятие многими исследователями фундамента как самостоятельного нефтегазоносного этажа) причинами. Среди последних месторождений, где была доказана нефтегазоносность фундамента, следует отметить Евгеньевское (1999) и Гашиновское (2000). В дальнейшем поиск и разведка УВ были сосредоточены практически только на продуктивных горизонтах осадочного чехла.

К геофизическим исследованиям, направленным на изучение перспектив нефтегазоносности фундамента, следует отнести работы КМПВ и МОГТ на Ахтырском и Ахтырско-Юльевском участках, которые были проведены ДГП "Укргеофизика" в 1986–1992 гг. Исследования выполнены с целью изучения гипсометрии поверхности фундамента и зон возможного разуплотнения фундамента. Работы КМПВ осуществлены по сетке региональных профилей с использованием трех-, четырехкратных систем прослеживания преломляющей границы, отвечающей поверхности фундамента. При этом основное внимание было уделено анализу динамических и кинематических характеристик продольных волн, которые испытали преломление на кровле фундамента.

Анализ зарегистрированного волнового поля на Ахтырском участке позволил выделить две преломленные волны. Первая волна была отнесена к кровле фундамента, а вторая – к внутренней сейсмической границе фундамента, которая рассматривалась как граница раздела пород с разным вещественным составом или как граница между разуплотненными кристаллическими породами и консолидированной корой. Кажущиеся скорости зарегистрированных двух волн были близкими. Отличие между граничными скоростями достигало 500 м/с. Распределение граничных скоростей на каждой из поверхностей имело мозаичный характер. К причинам зафиксированных изменений скоростей были отнесены: неоднородность вещественного состава, степень трещиноватости пород фундамента, а также фиктивные изменения, обусловленные тектоническими нарушениями, рельефом преломляющей границы и др. Толщина слоя

разуплотненных пород составляет от 0,1 до 100–700 м.

Изучение динамических особенностей волнового поля, предположительно связанных с особенностями геологического строения, не дало однозначного ответа на главный вопрос – возможно ли выделить по ним зоны разуплотнения.

На Ахтырско-Юльевском участке при проведении работ КМПВ была выделена только одна целевая волна, связанная с КФ. Исследователи отмечают, что эта волна как бы подпитывается еще одной волной, но четкая смена волн не фиксируется. В дальнейшем было установлено, что граница преломления прослеживается ниже поверх-

ности фундамента по данным бурения и, очевидно, отвечает поверхности неразуплотненной части КФ (рис. 1).

Так или иначе данные КМПВ свидетельствуют о существенной неоднородности верхней части фундамента. Однозначная геологическая интерпретация этих материалов затруднительна в связи с отсутствием необходимого объема данных бурения по фундаменту, дефицитом его петрофизических характеристик, а также отсутствием структурно-петрофизического районирования докембрийских образований.

В последующие годы представления относительно внутренней структуры докембрийского фундамента базировались на

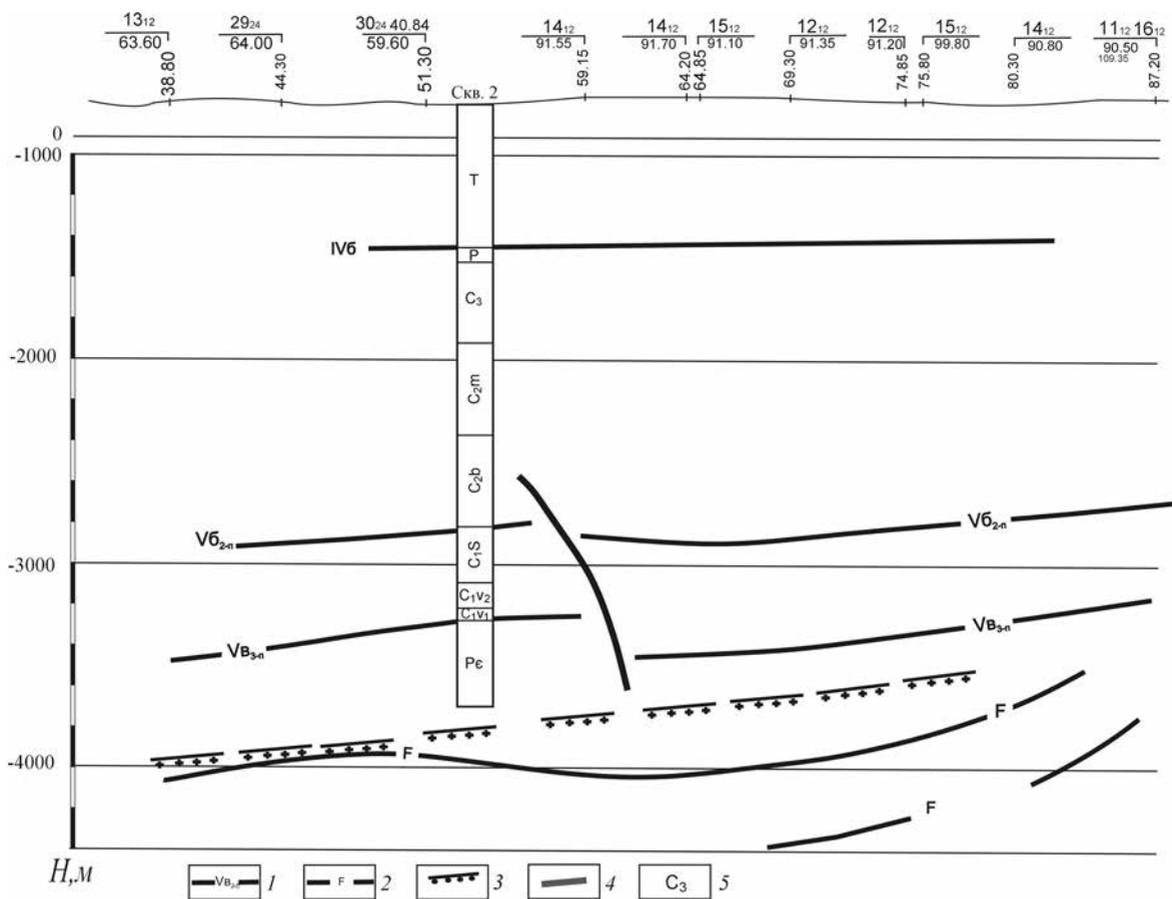


Рис. 1. Сейсмогеологический профиль 6<sub>12</sub>4083. Юльевская площадь (ДГП "Укргеофизика")

1 – отражающий горизонт по данным МОГТ (паспорт на Юльевскую структуру, 1985 г.); 2 – отражающий горизонт в верхней части фундамента по данным МОГТ (по Т. С. Гейко, 2001); 3 – поверхность фундамента (по М. Г. Манюте, 100/78-79); 4 – несогласный сброс; 5 – возраст отложений

Fig. 1. Seismogeological profile 6<sub>12</sub>4083 Yulievskaya site (SGE "Ukrgeophysics")

1 – reflecting horizon after data of CDPM (passport for Yulievskaya structure, 1985); 2 – reflecting horizon in upper part of the basement after data of CDPM (after T. S. Geiko, 2001); 3 – surface of the basement (after M. G. Manjuta, 100/78-79); 4 – discordant fault; 5 – geological age

обобщенных геологических данных по вскрытой бурением его верхней части, а также на данных сейсмических исследований МОГТ, которые позволили фрагментарно зарегистрировать отражения в разрезе КФ.

Нефтегазоносность фундамента установлена как непосредственно под базальными слоями осадочного чехла (Хухринское нефтяное месторождение), так и в более глубоких его горизонтах. Природа верхней разуплотненной зоны остается дискуссионной. Традиционное объяснение (кора выветривания с зонами глинизации, выщелачивания и дезинтеграции) не согласуется с данными по соотношению выветривания и денудации. Обычно нефтегазоносные резервуары приурочены к таким блокам фундамента, которые характеризуются максимально срезанной зоной гипергенеза. В то же время кровля КФ – подошва осадочного чехла характеризуется наличием поверхностей срыва (с "тектоническими глинками", милонитами и катаклазитами), благодаря чему она и приобретает значение сейсмической границы.

Нефтегазоносность внутренних разуплотнений КФ по данным бурения установлена до глубины 760 м ниже его поверхности. Данные бурения свидетельствуют о том, что зоны трещиноватости (дробление, разуплотнение) чередуются с плотными разновидностями кристаллических пород.

О неоднородности верхней части фундамента и возможном наличии зон квазислоистого строения свидетельствуют материалы МОГТ, на которых фрагментарно зафиксированы отражения в разрезе КФ (горизонты VII (РЕ), "F"), характеризующиеся невыдержанными динамическими параметрами и значительными различиями между гипсометрией поверхности фундамента и глубинами их наблюдения. Это свидетельствует о гетерогенной природе данных отражений.

Систематизации представлений относительно нефтегазоносности фундамента способствовали завершенные в 2011 г. комплексные тематические исследования, проведенные в ДГП "Укргеофизика" по Южному склону ВКМ (Северному борту ДДА), целью которых было построение тектонической модели этой территории в масштабе

1:200 000. Основными результативными материалами этих обобщений являются: структурно-петрофизическая схема докембрийских образований, сводная структурная карта по подошве осадочной толщи (поверхности фундамента), структурно-тектоническая карта поверхности фундамента, структурная карта по горизонту VII (РЕ) (в местах его прослеживания), сопоставление структурно-тектонических и петрофизических характеристик докембрийских пород со структурно-тектоническим планом поверхности фундамента. Эти данные позволили установить ряд закономерностей проявления разломной тектоники Северного борта ДДА, распределения геодинамических обстановок на разных этапах его тектонической эволюции.

### **Структурно-тектонические и петрофизические особенности пород докембрийского фундамента**

Согласно структурно-петрофизической схеме КФ, построенной по результатам тематических работ на основе исходных гравитационных, магнитных полей и петрофизических характеристик основных типов пород, территория исследований включает три мегаблока земной коры (с запада на восток): Севский, Белгородско-Сумской и Курско-Корочанский (аналоги Ингульского, Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков Украинского щита). Эти мегаблоки разделены глубинными разломами мантийного заложения, к которым приурочены Кременчугско-Крупецкая и Михайловско-Белгородская шовные зоны. В пределах каждой из перечисленных геоструктур выделены тектонические структуры, сложенные разными петрофизическими комплексами пород.

В **Севском мегаблоке** среди вскрытых тринадцатью скважинами пород КФ резко доминируют гнейсы (синклинальные структуры – гравитационные максимумы) и граниты (купольные структуры – гравитационные минимумы), а также их промежуточные формы. По геофизическим данным прогнозируется значительное количество мало-размерных интрузивных тел базит-ультрабазитового и серпентинитового состава. Кольцеобразное расположение синкли-

нальных и антиклинальных структур позволило выделить крупную Конотопскую кольцеобразную структуру.

Для **Белгородско-Сумского мегаблока** характерна ассоциация двух основных типов структур. Положительные структуры (антиформы) сложены гранитоидами и гнейсо-мигматитами. Некоторые исследователи значительную часть этих структур относят к гранито-гнейсовым (гнейсо-гранитным) куполам и валам. В гравитационном и магнитном полях эти структуры отражены отрицательными аномалиями разной интенсивности.

Синклинорные зеленокаменные структуры сложены породами михайловской серии мезоархея (аналог конкской и верховцевской серий Украинского щита). В гравитационном поле они отражены крупными сложнопостроенными максимумами, с которыми, как правило, коррелируют малоинтенсивные магнитные максимумы. Разнонаправленные движения тектонических блоков различного порядка привели к частичной эрозии зеленокаменных поясов, в результате чего в настоящее время наблюдаются лишь их фрагменты. Всего в пределах Белгородско-Сумского мегаблока выделено 20 наиболее крупных зеленокаменных неоархейских структур, несколько гранито-гнейсовых куполов и массивов. В восточной части мегаблока зеленокаменные структуры (гранито-гнейсовые купола и массивы) укладываются в несколько кольцеобразных полос, образующих в плане Харьковскую кольцеобразную структуру. Эта структура, очевидно, была наиболее стабильной частью Белгородско-Сумского мегаблока. На девонском этапе развития региона она противостояла вовлечению этой территории в процессы рифтогенеза, на что указывает конфигурация краевого разлома девонского рифта, оконтуривающего Харьковский палеовыступ. Судя по комплексу геолого-геофизических данных, в дальнейшем здесь произошла существенная тектоническая перестройка, обусловленная фазами пострифтовой тектонической (тектоно-термальной) активизации.

**Курско-Корочанский мегаблок** сложен высокометаморфизованными породами архея и нижнего протерозоя. Доминирующими структурными формами в его

пределах являются палеопротерозойские гранито-гнейсовые купола. Породы курской серии локализованы в узких (500–800 м) межкупольных синформах. Внутреннее строение гранито-гнейсовых куполов бурением практически не освещено. Судя по описанию керна единичных скважин, здесь распространены интенсивно мигматизированные калиевыми гранитами плагиогнейсы обоянского типа. На основании тематических исследований в пределах Курско-Корочанского мегаблока выделены крупные геоструктуры: Купянский антиклинорий, Сватово-Троицкий синклинорий, южная часть Россошанского срединного массива, Павлово-Беловодский метаморфический пояс, а также несколько крупных гранитных куполов и линейных зон тектонической активизации.

Разрывная тектоника докембрийского этапа развития в пределах всей территории исследований обусловлена активным проявлением широтно-меридиональной дизъюнктивно-тектонической системы, которая неоднократно активизировалась на последующих геотектонических этапах развития региона. Разрывными структурами наиболее высокого ранга являются субмеридиональные Кременчугско-Крупецкий и Михайловско-Белгородский глубинные разломы мантийного заложения. Следующими по геологической значимости в докембрийском комплексе пород являются протяженные разломы преимущественно субмеридиональной ориентации, имеющие ранг глубинных и разделяющие мегаблоки на крупные блоки. Также выделяется значительное количество разрывных нарушений, отнесенных к рангу региональных. Для некоторых разломов характерны четкие сдвиговые дислокации, иногда со значительными горизонтальными амплитудами смещения блоков.

По результатам обобщающих тематических исследований фундамент в пределах всей исследуемой территории характеризуется сложным геологическим строением, интенсивной разнообразной тектоникой и петрофизической гетерогенностью. Сопоставление выявленных главных структурно-тектонических и петрофизических особенностей докембрийских комплексов с установленными проявлениями его нефте-

газоносности (рис. 2) свидетельствует о следующем:

- все площади, в пределах которых на данное время установлена нефтегазоносность фундамента (за исключением Южно-Евгеньевской), находятся в пределах Белгородско-Сумского мегаблока (гранито-зеленокаменной области);

- все они расположены в контурах зеленокаменных структур или тяготеют к их краевым частям и контактам с гранитоидами;

- большинство этих площадей расположено в пределах активного проявления разрывной тектоники, тяготея к пересечениям (сочленениям) крупных разломов различной ориентации, для которых часто характерны сдвиговые дислокации;

- субстратом коллекторов продуктивных горизонтов в фундаменте являются разнообразные магматические и метаморфические породы: граниты, плагиограниты, гранито-гнейсы, диориты, амфиболиты, мигматиты и др.

### **Структурно-тектонические особенности подошвы осадочного чехла (поверхности фундамента)**

Наиболее важные для прогноза нефтегазоносности КФ из этих особенностей достаточно четко проявились на сводных структурной и структурно-тектонической картах Северного борта, составленных на основе материалов МОГТ, дополненных данными электро-, грави- и магниторазведки.

Полученный комплекс данных свидетельствует о том, что в формировании современного геологического строения и тектоники Северного борта значительная роль принадлежит активному проявлению разновозрастных тектонических систем: а) широтно-меридиональной, заложенной в докембрийское время и каждый раз обновляющейся на последующих этапах развития региона; б) северо-западной, отвечающей рифтовому (позднедевонскому) этапу развития и в) систем разломов, активно проявившихся на пострифтовом (каменноугольном) этапе формирования. Проявление последних было обусловлено кратковременными фазами растяжения в начале позднего визе, в середине серпуховского времени и на рубеже карбона и перми.

По особенностям строения разнопорядковых структур, характеру проявления разных систем и типов разломов, структурному положению отдельных зон с тем или иным типом складчатости, степени дислокации на уровне подошвы осадочной толщи (поверхности фундамента) выделяются региональные поперечные геоструктуры Северного борта: Северо-западная, Центральная и Юго-восточная. Они контролируются региональными системами меридиональных разломов докембрийского заложения, которые неоднократно возрождались в пределах ДДА и бортовых зон.

В пределах каждой из региональных поперечных геоструктур, преимущественно по степени проявления рифтовых и пострифтовых активизаций, выделяются продольные структурно-тектонические элементы. Как наиболее тектонически активная в Центральной части выделяется Мобильная зона, а в Северо-восточной – Зона Краснорецких сбросов. Дальше в северо-восточном направлении в пределах Северо-западной и Центральной частей как менее активные выделяются Относительно мобильные зоны, а в Северо-восточной – Старобельско-Миллеровская моноклираль. Область, которая практически не испытала влияния рифтовых и пострифтовых активизаций, обособляется как Стабильная зона. В пределах каждого из перечисленных структурно-тектонических элементов выделяются структуры более высоких порядков.

С точки зрения нефтегазоносности фундамента, с учетом полученных на данное время практических результатов особого внимания и более детального анализа заслуживают структурно-тектонические элементы Центральной части борта и прежде всего выделенная в ее пределах Мобильная зона.

В настоящее время, как уже отмечалось, на балансе запасов УВ находятся три месторождения с залежами в архейско-нижнепротерозойском КФ: нефтяное Хухринское, газоконденсатное Юльевское, нефтегазовое Гашиновское. Кроме того, продуктивность разуплотненных пород КФ установлена на Скворцовской (нефть, газ), Нарыжнянской (газ, конденсат), Каравановской (газ), Коробочкинской (газ), Островховской (газ, конденсат) площадях.

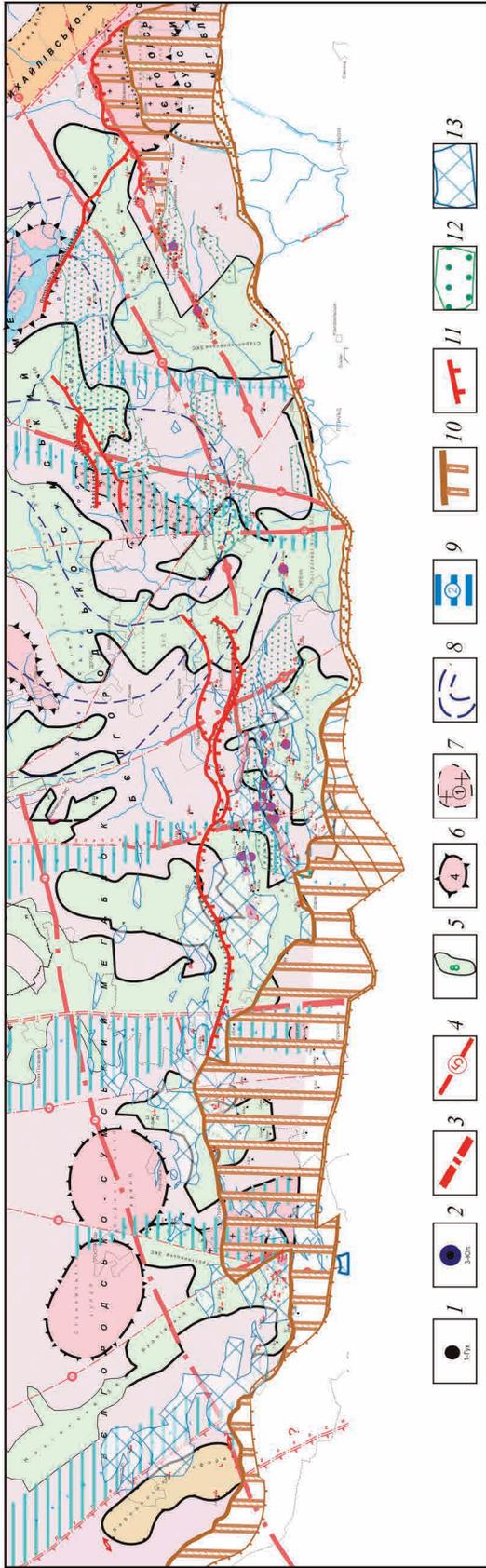


Рис. 2. Сопоставление региональных структурно-тектонических элементов Северного борта девонского рифта (Белгородско-Сумской мегаблока) (ГПП "Укргеофизика", 2001 г.) проявлениями нефтегазоносности в пределах Северного борта девонского рифта (Белгородско-Сумской мегаблока) (ГПП "Укргеофизика", 2001 г.).

1 – поисково-разведочные скважины; 2 – поисково-разведочные скважины, подтвердившие нефтегазоносность фундамента. Региональные структурно-тектонические элементы докембрия (по данным грави-магнитометрических исследований): 3 – глубинные разломы, разделяющие крупные тектонические элементы мегаблоков; 4 – региональные разломы и их условный номер; 5 – мезозархейские зеленокаменные структуры, сложенные образованиями михайловской серии; 6 – гранито-гнейсовые купола (валы); 7 – гранитоидные массивы; 8 – осевые линии синклиналичных и антиклиналичных структурных форм, образующие кольцевидные структуры; 9 – линии зоны тектонической активизации. Структурно-тектонические элементы фундамента (по данным сейсморазведки): 10 – шовная зона Северных краевых разломов девонского рифта; 11 – региональный сброс – северная граница Мобильной зоны, сформированной вследствие активного проявления кратковременных фаз пострифтового растяжения; 12 – локальные прогибы и грабен; 13 – участок уверенного прослеживания горизонта VII (РБ) (идентифицируется с границами кварцита в верхней части кристаллических пород фундамента)

Fig. 2. Comparison of regional structural-tectonic units of the basement with its dividing into districts and oil-gas manifestations within the Northern flank of Devonian rift (Belgorodsko-Sumskiy megablock) (SGE "Ukrgeophysics", 2001)

1 – prospect-exploratory wells; 2 – prospect-exploratory wells that confirmed oil-gas potential of the basement. Regional structural-tectonic units of Precambrian (after data of gravi-magnetometric investigations): 3 – deep-seated faults that divide large tectonic units of megablocks; 4 – regional faults and their conventional number; 5 – Mezo-Archean greenstone structures formed by deposits of Mikhailovian series; 6 – granite-gneiss domes (swells); 7 – granite-gneiss domes (swells); 8 – axial lines of syncline and anticline structure forms that form ring structures; 9 – lines of tectonic activation. Structural-tectonic units of the basement (after seismic data): 10 – suture zone of the Northern marginal faults of Devonian rift; 11 – regional fault – Northern border of the Mobile zone formed as a result of active manifestation of short-term phases of poststrifing tension; 12 – local depressions and graben; 13 – segment of reliable tracing of VII (PE) horizon (identified with the boundaries of quasisratification in upper part of crystalline rocks of the basement)

Указанные месторождения и перспективные площади находятся в Центральной части Северного борта ДДА в пределах Белгородско-Сумского мегаблока (гранито-зеленокаменная область), но в разных структурно-тектонических зонах. В то же время все они в той или иной мере контролируются зеленокаменными структурами.

Хухринское месторождение, как отмечалось выше, открыто в зоне пересечения Северной шовной зоны краевых разломов девонского рифта и Ворсклянского разлома. Все остальные продуктивные объекты находятся в пределах Мобильной зоны – наиболее тектонически активной геоструктуры Северного борта, которая выделяется в пририфтовом сегменте его Центральной части в пределах Белгородско-Сумского и частично Курско-Корочанского мегаблоков. По результатам тематических исследований (О. Г. Цеха, Т. С. Гейко, В. В. Омельченко и др.) она выделена как пририфтовый структурно-тектонический элемент, в пределах которого были проявления рифтогенных процессов, обусловленных кратковременными фазами пострифтового растяжения в начале позднего визе, в середине серпуховского яруса, на границе карбона и перми. В структурном отношении это интенсивно дислоцированный погруженный уступ борта. С севера Мобильная зона в пределах Белгородско-Сумского мегаблока ограничена Губаревско-Харьковско-Печенежским региональным сбросом, который в районе Хухринского структурного залива соединяется с Шовной зоной северных краевых разломов девонского рифта. В пределах Курско-Корочанского мегаблока Мобильная зона ограничена Сватовским сбросом. Анализ мощностей основных стратонов осадочного чехла свидетельствует об интенсивном погружении ее в карбоне (максимально – в позднем визе), что обусловило проявление инверсии девонского тектонического плана. Так, если в позднедевонское время в пределах Мобильной зоны между Хухринским и Шевченковским заливами существовал выступ, о наличии которого свидетельствует уже упоминавшаяся особенность конфигурации Северного краевого разлома девонского рифта, то в современных структурных планах поверхности фундамента и в реперных горизонтах осадочно-

го чехла здесь находится структурный залив.

В пределах Мобильной зоны на протяжении всего карбона активно проявлялась разрывная тектоника. На фоне регионального северо-восточного погружения фундамента были заложены локальные структуры растяжения: террасы, флексуры, ступени с разным углом наклона фундамента и микрограбены. Большие ступени контролируются преимущественно продольными согласными и поперечными дизъюнктивными нарушениями. Большинство дизъюнктивных нарушений либо сопровождают наиболее важные структурообразующие разломы, либо находятся в зонах, разделяющих межзеленокаменные области. Как согласные, так и несогласные сбросы формировались одновременно с осадконакоплением. Внутреннее строение микрограбенов свидетельствует о том, что их образование было обусловлено не только проявлением растягивающих усилий, но и влиянием сдвиговых дислокаций.

Проявление раздвиго-сдвиговых процессов обусловило формирование структурно-тектонических элементов с разным характером геотектонического режима – растяжения и сжатия. Первые представлены микрограбенами, ограниченными встречно-падающими сбросами (согласными и несогласными относительно главного падения пород), вторые – отдельными поднятыми блоками и системами несогласных сбросов.

Непосредственно в пределах Мобильной зоны выявлены месторождения с залежами в фундаменте: Юльевское – в пределах горстовидного поднятия (антиклинальной складки), ограниченного с севера несогласным сбросом, Гашиновское – в пределах поднятого блока, расположенного в одноименном грабене. Разнообразием структурно-тектонических факторов характеризуются и перспективные объекты поисково-разведочных работ в КФ. Это прежде всего те площади, в пределах которых получены притоки нефти, газа и конденсата из разуплотненных кристаллических пород: Нарыжнянская (на пересечении Северной шовной зоны ДДА несогласным сбросом), Скворцовская (узкий горстовидный выступ, тектонически экранированный несогласным сбросом), Каравановская (тектонически эк-

ранированный несогласным сбросом блок КФ в пределах локального прогиба), Коробочкинская (тектонически экранированный несогласным сбросом горст в пределах микрограбена), Островерховская (блок, ограниченный с севера несогласным сбросом).

Таким образом, анализ структурно-тектонических закономерностей нефтегазоносности КФ свидетельствует о том, что:

- продуктивность КФ как самостоятельного этажа нефтегазоносности установлена в разных тектонически активных структурных зонах Центральной части Северного борта в пределах Белгородско-Сумского мегаблока (гранито-зеленокаменной области), причем особого внимания заслуживают зоны проявления наиболее поздней тектонической активности (тектоно-термальной активизации);

- подавляющее большинство нефтегазоносных структур и перспективных поисковых объектов сосредоточено в пределах Мобильной зоны (область проявления рифтогенных процессов в карбоне); в основном это блоки, тектонически экранированные несогласными (со сдвиговой составляющей) сбросами, расположенными в областях преобладающего режима сжатия;

- нефтегазоносность фундамента в пределах структур, генетически связанных с согласными сбросами, на современном этапе геологоразведочных работ не установлена.

### **Внутренняя структура докембрийских образований фундамента**

Для изучения характера внутреннего расчленения фундамента в рамках обобщающих тематических исследований впервые были выполнены сводные структурные построения по горизонту VII (РЄ), который идентифицируется с отражениями в верхней части КФ. Структурные построения по горизонту VII (РЄ) имеют схематический характер. Отражение VII (РЄ) не является непрерывным по всей территории и имеет переменные динамические характеристики. Наиболее протяженные отражения фиксируются лишь в пределах небольших участков и отдельных блоков. Отражения увязываются на пересечениях профилей с допустимой погрешностью (до 1–2 фаз).

Практически на всех участках, где произведены структурные построения по горизонту VII (РЄ), были выполнены переборы скоростей  $V_{огт}$ . Анализ скоростей  $V_{огт}$  не позволяет отнести отражение VII (РЄ) к кратным волнам. Во многих скважинах глубокого бурения проведено ВСП, причем основное внимание уделено изучению отражений в верхней части докембрийского фундамента. Получен достоверный материал, свидетельствующий о реальности отражения VII (РЄ), которое не является кратной волной или волной-помехой.

Горизонт VII (РЄ) прослеживается на разных глубинах от поверхности фундамента. По данным бурения разница глубин между кровлей кристаллических пород и горизонтом VII (РЄ) составляет от 96 до 473 м. Согласно структурным построениям разница между подошвой осадочного чехла и горизонта VII (РЄ) на участках его уверенного прослеживания изменяется от 100 до 450 м (рис. 3).

По данным Р. Г. Герасимовича (2005), привязка отражений, зафиксированных в породах фундамента, к разрезам скважин на Будновской, Юльевской, Хухринской, Нарыжнянской и других площадях, свидетельствует о том, что они имеют разную природу. По данным комплексного изучения керна пород КФ (микростратиграфия, электронная микроскопия, петрофизика), ГИС и сейсмокаротажа установлено, что эти отражения приурочены к зонам разуплотнения (тектоническое дробление, катаклаз, милонитизация), границам петрологических комплексов, а также участкам изменения физических свойств пород в зоне гипергенеза. Это свидетельствует о гетерогенной природе горизонта VII (РЄ). При этом ведущую роль в его формировании играют тектонические и петрофизические факторы. Горизонт VII (РЄ) регистрируется только в пределах Белгородско-Сумского мегаблока. Участки уверенного прослеживания выделяются в наиболее тектонически активных областях мегаблока. Они закономерно сопровождают региональные разломы, зоны пересечения разломов разных рангов, зоны активного развития несогласных сбросов. Что касается петрофизического фактора, то участки уверенного прослеживания горизонта VII (РЄ) контролируются позднеархейскими зеленокаменными синформа-

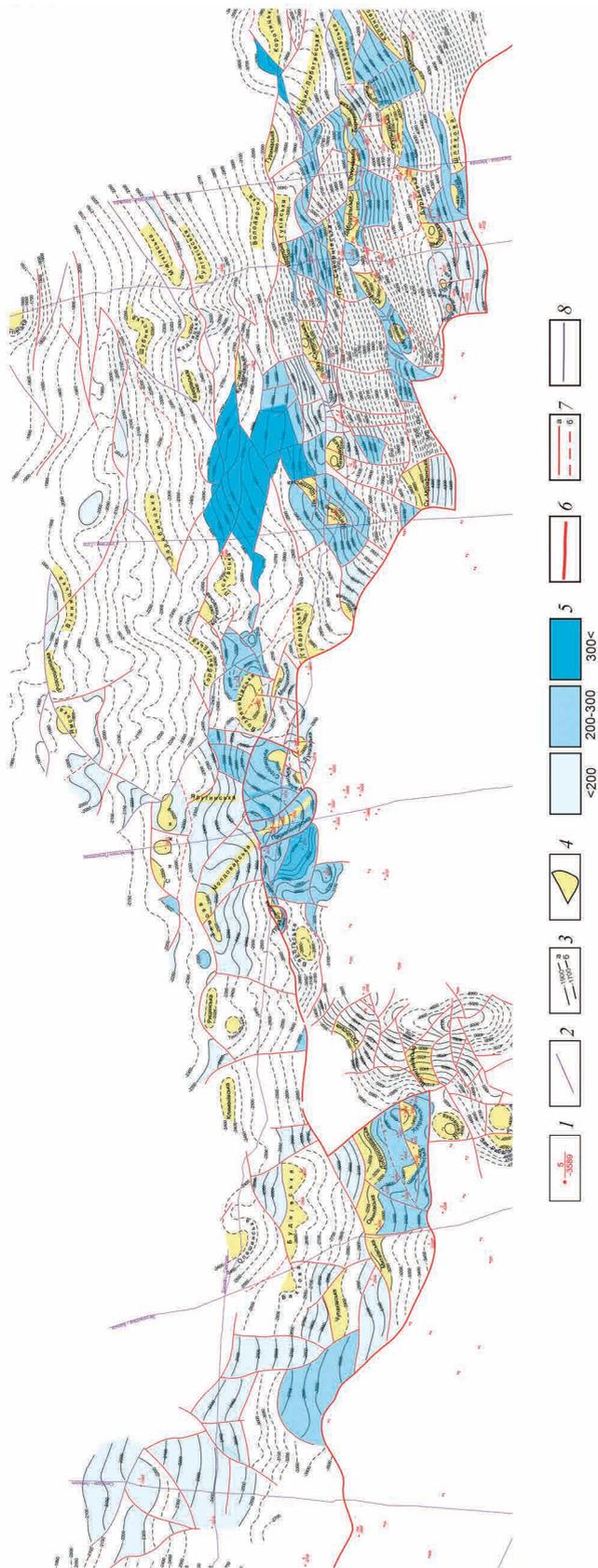


Рис. 3. Структурная карта по отражающему горизонту VII (PE) (ГПП "Укргеофизика", 2011 г.)

1 – скважины, вскрывшие фундамент, их номер, отметки поверхности фундамента; 2 – региональные профили МОГТ; 3 – изогипсы отражающего горизонта VII (a – уверенные, б – неуверенные) по данным сейсморазведки МОГТ; 4 – положительные структурные формы; 5 – граница разницы глубин между кровлей кристаллических пород и залеганием горизонта VII (м). *Тектонические нарушения*: 6 – краевое; 7 – несогласные (a – уверенные, б – неуверенные); 8 – согласные

Fig. 3. Structure map of reflecting horizon VII (PE) (SGE "Ukrgeophysics", 2011)

1 – wells fixed the basement surface, their number, hypsometric marks of basement surface; 2 – regional profiles of MCDS; 3 – isohyps of reflecting horizon VII (a – reliable, b – non-reliable) after seismic exploration CDPM; 4 – positive structural forms; 5 – depth differences between basement surface and horizon VII (m). *Tectonic discontinuities*: 6 – marginal; 7 – discordant (a – reliable, b – non-reliable); 8 – concordant

ми. В краевых частях синформ и, особенно, в области развития более молодых гранитоидов качество проявления и надежность прослеживания горизонта VII (РЄ) ухудшаются вплоть до его полного исчезновения.

На отдельных участках территории исследований в КФ прослеживается граница "F", которая, скорее всего, приурочена к поверхности плотных неизменных пород фундамента, т. е. к условной подошве разуплотненных пород фундамента. На временных сейсмических разрезах эта граница представляет собой синусоподобную поверхность, которая прослеживается по латерали на расстояние 0,5–4,0 км или выделяется по границе перехода от относительно упорядоченной записи к хаотической. Это свидетельствует о весьма сложной морфологии зоны разуплотнения КФ.

Поскольку отражающие горизонты в фундаменте, фиксируемые ниже горизонта VII (РЄ), проявляются только на участках развития зеленокаменных образований, можно также предположить, что они отвечают ядерной части синклиналиных складок.

Обобщение сейсмических материалов МОГТ позволило конкретизировать особенности проявления зон неоднородного строения верхней части фундамента:

- горизонт VII (РЄ), который идентифицируется с отражениями в верхней части кристаллического фундамента, имеет гетерогенную природу и регистрируется только в пределах Белгородско-Сумского мегаблока (зеленокаменной области);

- участки уверенного прослеживания горизонта VII (РЄ) выделяются в наиболее тектонически активных областях или в областях развития позднеархейских зеленокаменных структур;

- граница "F" характеризует морфологию подошвы разуплотненных (кровли плотных) пород фундамента.

По результатам комплексных тематических исследований в пределах всего Северного борта девонского рифта установлена достаточно четкая взаимосвязь между крупными элементами рельефа поверхности фундамента и структурно-петрографическими характеристиками образований фундамента:

- большинство выступов в рельефе поверхности фундамента вытянутой формы и

субмеридиональной ориентации приурочено к неогархейским зеленокаменным структурам и палеопротерозойским синклиноформным зонам;

- значительная часть выступов, близких к изометрической форме, приурочена к гранито-гнейсовым (гранитным) куполам;

- отрицательные структурные формы, большая часть которых четко не выражена, тяготеют к участкам сочленения разных тектонических структур и к полям развития гранитоидов и мигматитов.

Существуют также определенные особенности взаимосвязей для разных мегаблоков борта, что обусловлено разным тектоническим строением, историей развития структур докембрийских образований и разным комплексом составляющих их пород.

Непосредственно в пределах Белгородско-Сумского мегаблока региональные выступы фундамента, которые фактически представляют собой сложное тектоно-блоковое сооружение с активным проявлением разломной тектоники и области развития зеленокаменных структур, характеризуются инверсионным соотношением структурных планов. Зеленокаменные структуры являются синформами, а на уровне подошвы осадочного чехла им отвечают горст-антиклинальные структуры, экранированные несогласными сбросами. И именно в пределах этих зон выявлено большинство проявлений нефтегазоносности фундамента. Знаменательно, что к этим зонам приурочено значительное количество участков уверенного прослеживания горизонта VII (РЄ). Фрагментарно в пределах этих зон фиксируется горизонт "F".

Анализ волнового поля, зарегистрированного в пределах Юльевской площади (рис. 4), позволяет выделить отражения, отвечающие нижнему структурному плану – возможно, замковой части зеленокаменной структуры. Между подошвой осадочного чехла и нижним структурным планом выделяется линзовидная зона, которая имеет отличные динамические характеристики. Такие зоны могут представлять интерес как потенциально перспективные объекты для поисков месторождений УВ в фундаменте.

Следует еще раз подчеркнуть характер взаимосвязи между структурно-петро-

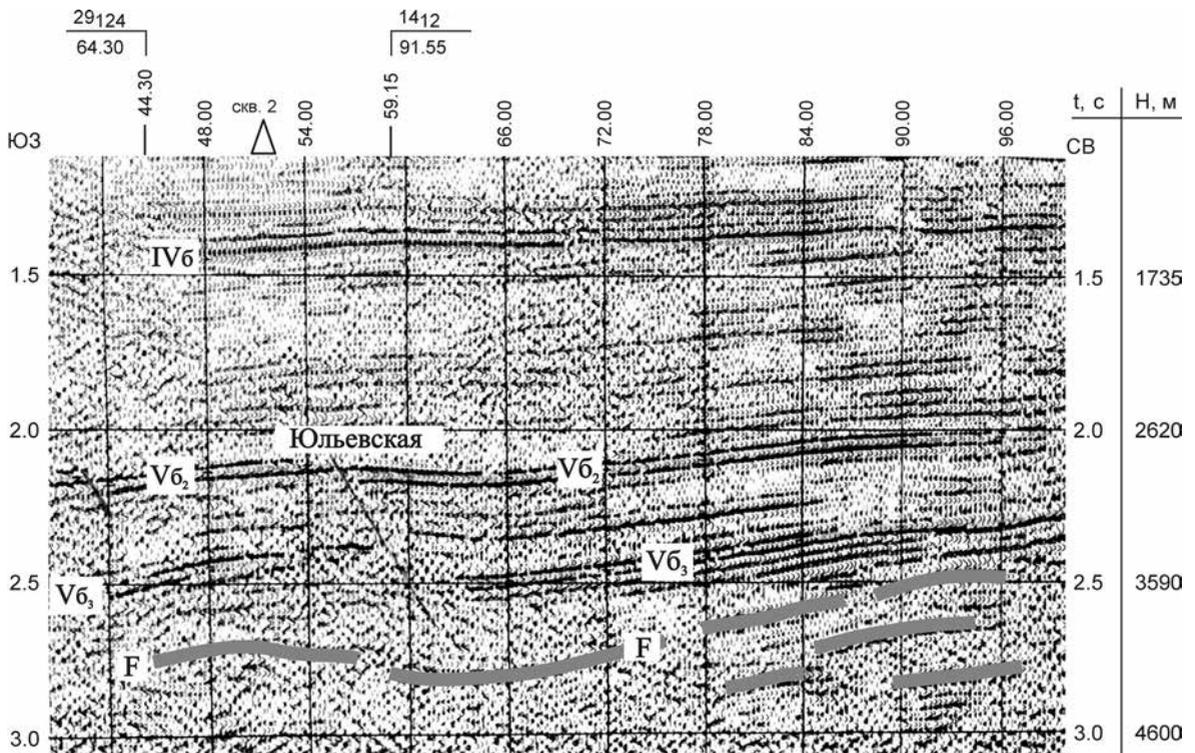


Рис. 4. Временной разрез по профилю 6<sub>12</sub>4083

Fig. 4. Seismic time section along profile 6<sub>12</sub>4083

графическими особенностями КФ и формированием зон сжатия и растяжения, проявившихся в результате влияния кратковременных пострифтовых фаз растяжения. Как уже отмечалось, структуры растяжения приурочены к зонам региональных разломов и к межзеленокаменным областям, где развиты гранитоидные образования дозеленокаменного этапа развития региона. Структуры сжатия на уровне подошвы осадочного чехла коррелируются с областями развития зеленокаменных структур. Таким образом, если на рифтовом этапе развития региона Харьковская кольцевая структура в целом противостояла погружению (вовлечению в рифтовый процесс) Центральной части Северного борта ДДА, то на пострифтовом этапе уже отдельные зеленокаменные структуры сдерживали развитие структур растяжения, что и обусловило формирование здесь зон сжатия со сложной системой несогласных сбросов. Перечисленные особенности строения позволяют прогнозировать формирование в условиях сжатия линзовидных зон расслоения между замковой

частью синклинальной зеленокаменной структуры и подошвой осадочного чехла (рис. 5).

Приведенные данные могут свидетельствовать о том, что в условиях длительного (поздний протерозой – ранний палеозой) перерыва в осадконакоплении в пределах различных блоков фундамента, прежде всего в областях развития зеленокаменных структур (синформ), вследствие активного горсто- и грабенообразования, процессов выветривания, эрозии и переотложения могли сформироваться межреперные гетерогенные комплексы. Области распространения зеленокаменных структур являлись зонами преобладающего сжатия с неоднократными проявлениями тектогенеза (в том числе на протяжении всего каменноугольного этапа). Все перечисленные факторы могли обусловить неоднородное строение межреперных образований под воздействием геодинамических, тектонофизических и гидротермально-метасоматических процессов. Наличие сдвиговых дислокаций способствовало активности и длительности

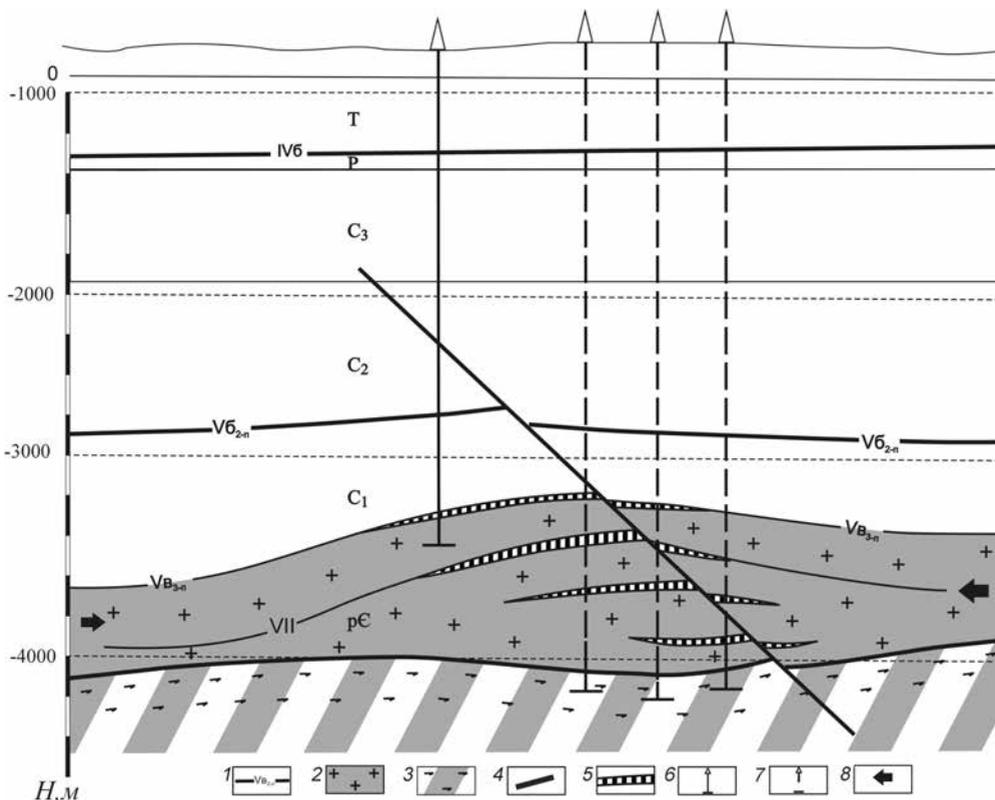


Рис. 5. Принципиальная схема формирования разуплотненных зон фундамента между осадочным чехлом и зеленокаменными структурами (ГГП "Укргеофизика", 2011 г.)

1 – отражающий горизонт по данным МОГТ; 2 – гетерогенный фундамент; 3 – зеленокаменная структура; 4 – несогласный сброс; 5 – зоны разуплотнения в фундаменте; 6 – скважина, предполагавшая параллельное изучение осадочного чехла и фундамента; 7 – рекомендуемые скважины для изучения разуплотненных зон фундамента скважины; 8 – направление сжатия

Fig. 5. Principal scheme of forming of the zones of deconsolidation within crystalline basement between sedimentary cover and greenstone structures (SGE "Ukrgeophysics", 2011)

1 – reflecting horizon after CDPM data; 2 – heterogenous basement; 3 – greenstone structure; 4 – discordant fault; 5 – zone of basement deconsolidation; 6 – well intended for parallel study of sedimentary cover and basement; 7 – wells recommended for study of deconsolidated basement zones; 8 – direction of tectonic compression

этих процессов, поскольку сдвиговые дислокации являются основными аккумуляторами геодинамической энергии. Именно формирование самых поздних по времени зон трещиноватости и вторичных коллекторов могло обеспечить условия миграции УВ и формирования существующих в настоящее время месторождений с залежами различного фазового состояния в КФ.

## Выводы

Сопоставление комплекса данных в пределах Белгородско-Сумского мегаблока, где установлена нефтегазоносность фундамен-

та и сосредоточен его основной углеводородный потенциал, свидетельствует о следующем:

- региональные выступы фундамента (фактически представляющие собой сложные блоковые сооружения с активным проявлением разломной тектоники) и области развития зеленокаменных структур характеризуются инверсионным соотношением структурных планов;

- в пределах зон с инверсионным соотношением структурных планов выявлено преобладающее большинство проявлений нефтегазоносности фундамента. Именно к этим зонам приурочено значи-

тельное количество участков уверенного прослеживания горизонта VII (РЄ). Фрагментарно в пределах этих зон фиксируется горизонт "F";

– структуры сжатия связаны с областями развития зеленокаменных структур (синформ), что позволяет прогнозировать в этих условиях наличие линзовидных зон расчленения между подошвой осадочного чехла и замковой частью синклиналильных зеленокаменных структур;

– на протяжении весьма длительного перерыва, соответствующего несогласию между подошвой осадочного чехла и поверхностью архейско-нижнепротерозойского фундамента, вследствие активной блоковой тектоники, процессов эрозии и выветривания могли сформироваться межреперные гетерогенные комплексы;

– неоднократные и длительные проявления разрывной тектоники могли обусловить неоднородное строение межреперных образований под воздействием тектонофизических, геодинамических и гидротермально-метасоматических процессов;

– именно формирование самых поздних по времени зон трещиноватости и вторичных коллекторов могло обеспечить условия миграции УВ.

В свете всего изложенного основные перспективы нефтегазоносности фундамента Северного борта ДДА следует связывать с территорией Белгородско-Сумского мегаблока (гранито-зеленокаменной областью), многочисленные поисковые объекты в пределах которого обусловлены интенсивной и разнообразной разломно-блоковой тектоникой. Особого внимания заслуживают зоны проявления самых поздних фаз тектоно-термальной активизации и вторичных превращений.

Первоочередными при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ в КФ являются:

– участки Мобильной зоны (области активного проявления рифтогенных процессов в карбоне), в пределах которых в осадочном чехле выявлены поднятия, экранированные несогласными сбросами (бурение на таких объектах должно проводиться со вскрытием зеленокаменных структур, изучением межреперных комплексов и зон проявления несогласных сбросов, связан-

ных с самыми поздними интенсивными активизациями;

– места пересечения крупных разломов разной ориентации, часто сдвигового типа;

– места пересечения Шовной зоны северных краевых разломов девонского рифта с ортогональными неоархейскими зеленокаменными структурами;

– выступы борта в пределах девонского рифта, где отмечаются высокая концентрация разрывных нарушений и интенсивная тектонофизическая и гидротермально-метасоматическая переработка пород;

– места пересечения Шовной зоны северных краевых разломов девонского рифта и ортогональных докембрийских шовных зон, для которых характерна интенсивная интрузивная и вулканическая деятельность;

– интрузивные тела, неки девонских палеовулканов, останцы зеленокаменных пород среди гранитоидов.

## Список литературы

1. Донцов В. В., Лукин А. Е. Об эндогенных факторах формирования нефтяных залежей в кристаллическом фундаменте Кылуонгской впадины на шельфе Южного Вьетнама // Докл. РАН. – 2006. – Т. 407, № 1. – С. 64–67.
2. Леонов М. Г. Тектоника континентального фундамента и вертикальная аккреция консолидированной земной коры // Фундаментальные проблемы общей геотектоники. – М.: Науч. мир, 2001. – С. 91–154.
3. Лукин А. Е. Гипогенно-аллогенетическое разуплотнение – ведущий фактор формирования вторичных коллекторов нефти и газа // Геол. журн. – 2002. – № 4. – С. 15–32.
4. Лукин А. Е. Литогеодинимические факторы нефтегазонакопления в авлакогенных бассейнах. – Киев: Наук. думка, 1997. – 225 с.
5. Лукин А. Е. Проблема нефтегазоносности докембрийских комплексов Восточно-Европейской и других платформ // Докембрий Восточно-Европейской платформы: геология и нефтегазоносность. – СПб.: Недра, 2002. – 392 с.
6. Лукин А. Е. Создание учения о нефтегазоносных кристаллических массивах – насущная проблема геологии XXI века // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина). – М.: ГЕОС, 2011. – С. 405–441.

7. Лукин А. Е., Цеха О. Г., Гейко Т. С., Омельченко В. В. Тектоника Северного борта Днепровско-Донецкого авлакогена в контексте общих закономерностей континентального рифтогенеза // Геол. журн. – 2012. – № 3. – С. 7–38.
8. Поспелов Г. Л. Парадоксы, геолого-геофизическая сущность и механизмы метасоматоза. – Новосибирск: Наука, 1973. – 355 с.
9. Цьоха О. Г., Гейко Т. С., Омельченко В. В. Вплив рифтових и пострифтових активізацій на сучасну структуру Північного борту Дніпровсько-Донецького авлакогену // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. – 2012. – № 4. – С. 83–94.

<sup>1</sup>"Укргеофизика",

Київ

E-mail: geolog@ukrgeofizika.com.ua

Статья поступила

15.07.13

<sup>2</sup>Ин-т геол. наук НАН Украины,

Київ

E-mail: ukrnigri@mail.ru