



УДК 551.3.051: 550.42

РОЛЬ ЭНДОГЕННЫХ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ В ФОРМИРОВАНИИ НЕФТЕНОСНОСТИ ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОЛГО-УРАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Р.П.Гомтух (Всероссийский научно-исследовательский институт геологических, геофизических и геохимических информационных систем), **Е.Б.Грунус** (ОАО «Институт геологии и разработки горючих ископаемых»), **Б.И.Писоцкий** (ФГБУН «Институт проблем нефти и газа РАН»)

Рассмотрены вопросы формирования доманиковых отложений Волго-Урала. Геохимические исследования показали, что отдельные горизонты геологического разреза, помимо повышенной радиоактивности, отличаются высокими концентрациями As, Te, Hg, Au, Ag, Re, Pd, Pt, отражающими специализацию основного вулканизма. Поступление в бассейн седиментации металлоносных растворов обеспечило формирование геохимических аномалий. Доступность регистрации содержания урана в породах методами ГИС позволяет выделять зоны трещиноватости, сопряженные с разломами в фундаменте, как в радиальном разрезе, так и площадном плане. Выделение аномалий способствует рациональному заложению горизонтальных скважин для добычи сланцевой нефти и разведке уже выявленных скоплений УВ.

Ключевые слова: доманиковые отложения; металлоносные растворы; горизонтальные скважины; сланцевая нефть.

В основании геологических разрезов многих нефтегазоносных бассейнов залегают толщи, характеризующиеся аномальными геохимическими характеристиками, выражающимися прежде всего в повышенном содержании ОВ и значительной металлоносности, чем они резко отличаются от горючих сланцев (богхедов, сапроколлитов и т.п.). На протяжении многих лет эти толщи являются предметом детального изучения с позиций как рудной геологии, так и нефтяной.

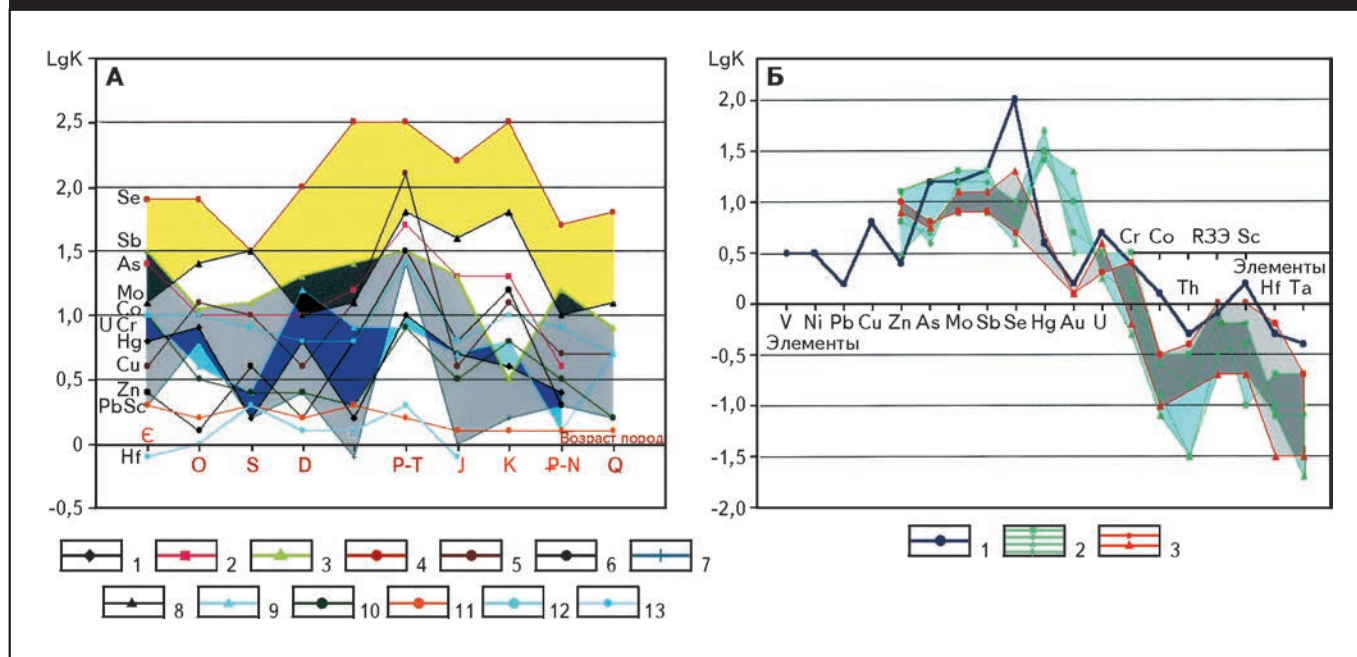
Согласно существующим представлениям, развиваемым исследователями, причиной появления подобных образований является проявление базальтового вулканизма как в геологической истории развития Земли, так и в пределах отдельных регионов (А.А.Маракушев, И.Н.Томсон, Н.Л.Добрецов и др.). Вулканизм приводит, с одной стороны, к изменению состава атмосферы и гидросферы за счет увеличения в ней концентрации эндогенного углерода в виде CO_2 и CH_4 , а также Cl и F, с другой — к пульсационному поступлению в бассейны седиментации глубинных флюидных эманаций, в состав которых входят U, Se, Sb, As, Hg, и др. Совокупный эффект влияния таких факторов в определенных условиях приводит к одновременному накоплению в осадках широкого комплекса элементов и значительных масс ОВ, преимущественно в виде бактериальных сооб-

ществ (синезеленых водорослей), обеспечивающих как их начальное бурное развитие, так и последующее массовое вымирание [1-4]. Одной из особенностей строения подобных толщ является присутствие в них повышенных содержаний кремнезема, независимо от представления их глинисто-карбонатными или чисто карбонатными образованиями. Как отмечают многие исследователи, проявление подобной дефлюидизации недр может как предшествовать внедрению магм, так и následовать магматический процесс.

Рассмотрим роль эндогенных флюидных систем в формировании отдельных интервалов геологического разреза доманиковых отложений Волго-Урала и выделение геолого-геофизических критериев для рационального поиска и разведки сланцевых скоплений нефти.

Доманиковые отложения представлены серыми и бежевыми глинисто-кремнисто-карбонатными породами, в той или иной степени насыщенными ОВ. Мощность горизонта составляет 15-20 м. Карбонатный материал органогенных известняков сложен преимущественно мелкозернистым кальцитом (от 10 до 98 %) от афанитовой до крупнозернистой размерности. Кроме того, в отдельных прослоях отмечаются диагенетические образования сидерита (до 3 %) и доломита

Рис. 1. ВАРИАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДАХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ФОРМАЦИЙ ФАНЕРОЗОЯ [5-7] И КРИВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДАХ ДОМАНИКА



А – микроэлементы: 1 – Hg, 2 – As, 3 – Sb, 4 – Se, 5 – Cu, 6 – Zn, 7 – Pb, 8 – Mo, 9 – U, 10 – Cr, 11 – Sc, 12 – Co, 13 – Hf, Б – 1 – средняя проба черных сланцев; доманикоидные образования: 2 – Зеленогорской площади, 3 – Миннибаевской площади; нормировано на верхнюю юру [8]

(от 0,1 до 10-80 %). Содержание ОВ изменяется от 2 до 15-20 %. Оно представлено преимущественно синезелеными коккоидными и нитчатыми бактериальными матами, образующими слои от долей миллиметра до 1,0-1,5 см, обуславливающими слоистую текстуру отложений. Литогенная часть первичных осадков представлена глинистыми минералами (сметтит, гидрослюда), количество которых не превышает 7 %, кислыми полевыми шпатами (до 6 %) и аморфным кремнеземом. Кремнистый материал (преимущественно опал и халцедон), содержание которого в некоторых случаях достигает 70-80 %, развивается по напластованию пород, входит в состав отдельных пачек, слагая локальные слои мощностью от 1 до 10 мм и «съедая» при этом известковую матрицу, ассимилирует бесструктурное бактериальное вещество и образует углеродисто-кремнистые разности пород черного цвета.

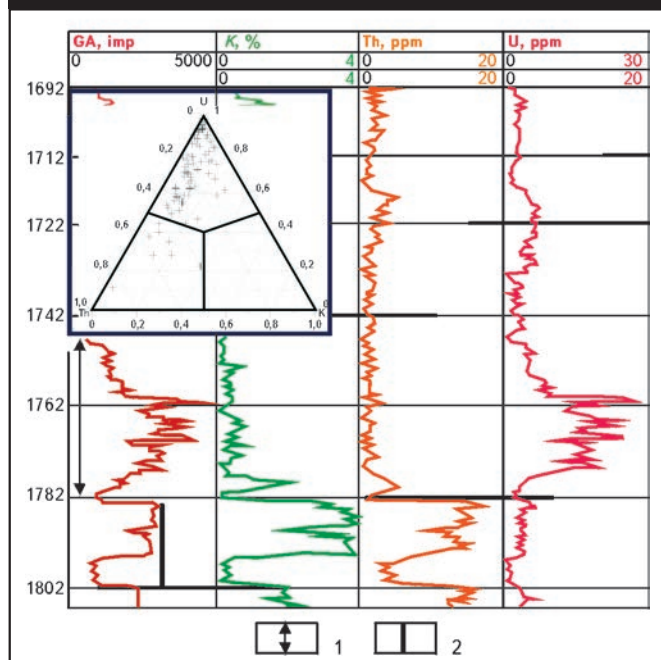
Первые определения микроэлементного состава пород показали, что они, как и другие черносланцевые отложения фанерозоя, обогащены по отношению к верхней континентальной коре Zn, As, Mo, Sb, Se, Hg, Au, Cr и U (рис. 1). Постоянное присутствие U в составе практически всех черносланцевых формаций, наличие экспрессных методик определения его содержания позволило использовать геохимию данного металла в качестве индикатора при некоторых геологических построениях.

Многолетнее изучение радиоактивности пород осадочного чехла Волго-Уральской провинции показало, что породы доманика отличаются от ниже- и вышележащих отложений повышенной радиоактивностью, обусловленной накоплением в них преимущественно U при низких содержаниях Th и K. При этом из анализа диаграмм спектрометрического гамма-каротажа скважин следует, что изучаемые разрезы достаточно неоднородны. При общей высокой ураноносности наблюдаются колебания содержания элемента от 2 до 35 г/т, что значительно превышает кларк как для карбонатных, так и глинисто-карбонатных пород, формировавшихся в условиях нормального морского бассейна седиментации (рис. 2). В ряде работ ураноносность некоторых осадочных толщ объясняют низкими скоростями седиментации и извлечением металла из вод, в которых его концентрация была повышенной [6], при этом не указываются причины избыточных содержаний U в водах и не рассматриваются концентрации других микроэлементов.

Преимущественно урановую природу радиоактивности отложений подтверждают и данные лабораторного гамма-спектрометрического анализа керн (см. рис. 2).

Пространственное распределение металла и его связь с различными компонентами пород изучены с использованием метода f -радиографии (рис. 3). Ис-

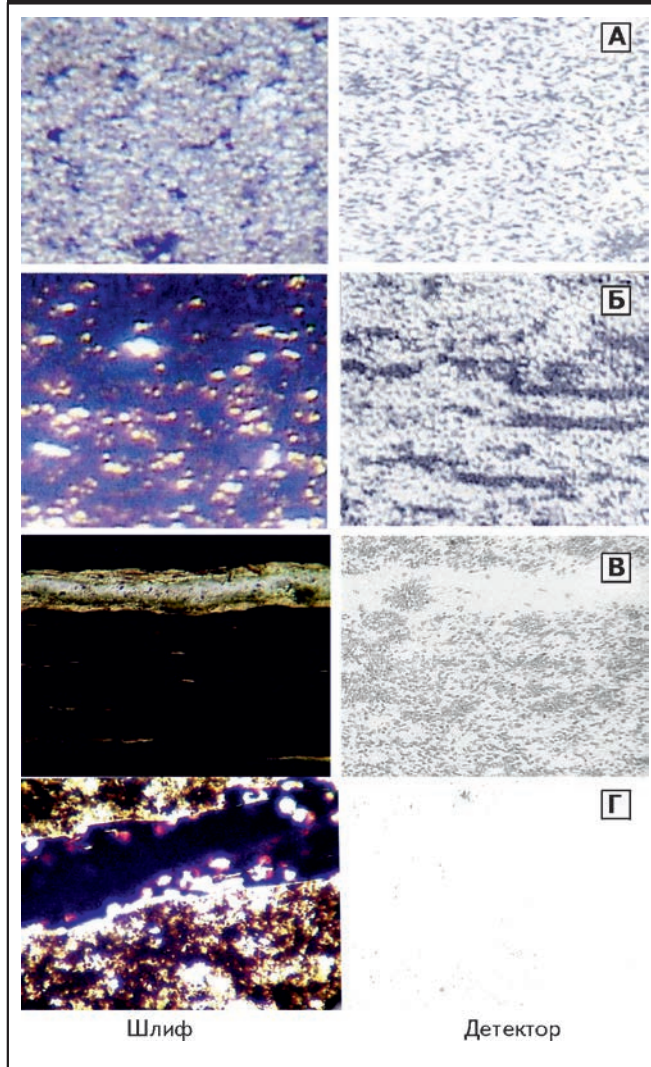
Рис. 2. ДАННЫЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ГАММА-КАРОТАЖА



1 – доманиковый горизонт; 2 – кыновские глины; на врезке – дискриминационная диаграмма К-U-Th для пород доманика; результаты 90 лабораторных гамма-спектрометрических определений

следования показали, что в плотных, массивных, разнозернистых, часто обломочных доломитизированных известняках содержание урана близко к кларковым (1,0-1,5 г/т). Повышенные концентрации металла (3,0-3,5 г/т) приурочены к хемогенным, плитчатым, слоистым и слоисто-флюидалным органогенным известнякам с характерной тонкозернистой структурой, что свидетельствует о совместном накоплении карбонатного материала и урана (см. рис. 3, А). В бактериально обогащенных участках пород содержание урана увеличивается до 3,5-4,0 г/т, в совокупности составляя для породы 2,5-3,0 г/т (см. рис. 3, Б), а в самих бактериальных матах достигает 5,0-7,5 г/т (см. рис. 3, В). Диагенетическая и катагенетическая перекристаллизация карбонатов приводила к перераспределению вещества, отражающегося как в укрупнении кальцитовых зерен и доломитизации субстрата, так и сегрегации ОВ с образованием отдельных слоев, ветвистых новообразований, огибающих средне-крупнозернистые фаунистические остатки, участки преобразованных известняков. Одновременно происходила дифференциация урана с формированием высокоураноносных органогенных прослоев (см. рис. 3, В). Количество подобных прослоев и уровень накопления металла в них и определяют его современное содержа-

Рис. 3. ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ U В ПОРОДАХ ДОМАНИКА (f-радиография)



А – хемогенный тонкозернистый известняк с $C_U = 3,5-4,5$ г/т, Б – перераспределение металла с бактериальными матами, В – приуроченность U к прослою матов, Г – выделение сланцевой нефти

ние в породах. Нельзя не отметить присутствие в последних секреторных смолистых выделений, неясной природы, идиоморфных, округлых, концентрация U в которых достигает долей процента и обусловлена процессом ассимиляции металла на стадии формирования осадка. В сланцевой нефти в доломитовом прослойке доманиковых отложений выделение урана составляет $n \cdot 10^{-6(-7)} \%$, а из известкового карбонатного материала металл был перераспределен при доломитизации, что и отражено на лавсановом детекторе по отсутствию треков от вынужденного деления ядер урана (см. рис. 3, Л).

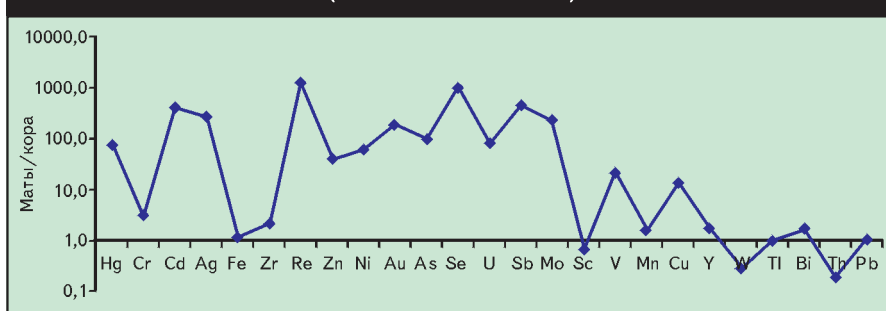
Наряду с U, рассматриваемые отложения значительно обогащены по отношению к верхней земной коре широким спектром других микроэлементов – V, Ni, Co, Cu, Zn, As, Se, Y, Mo, Ag, Cd, Re, что особенно ярко проявлено в бактериальных матах (рис. 4). В целом отмечается общая тенденция увеличения концентрации малых элементов в породах по мере накопления в них U, что свидетельствует о корреляции между микроэлементами и едином источнике их поступления в бассейн седиментации. Следует отметить, что в максимальной степени различные составляющие кремнисто-карбонатных пород горизонта обогащаются элементами, характерными для фумарол и гидротерм, связанных с основным вулканизмом и магматизмом ([8] и др.; Леин и др., 2016). В табл. 1 представлены данные по содержанию некоторых элементов, отражающих базитовый геохимический профиль эволюции вещества.

Одним из индикаторов источника вещества в геологических объектах служат хондритнормализованные спектры лантанидов. К сожалению, имеющихся у авторов статьи данных недостаточно для полноценных заключений, но некоторые предварительные выводы сделать можно (рис. 5).

Несмотря на то, что содержание редкоземельных элементов в доманиковых породах остается ниже кларка для верхней коры, относительное их накопление и в карбонатном материале вытекает из отношения суммы лантанидов к торью, который может быть принят в качестве меры «терригенности» пород. В случае «чистых» известняков ($Th < 1,0$ г/т, $PЗЭ = 13,0-15,0$ г/т) это отношение составляет ~ 15. Такое же значение получено и для аргиллитов кыновского времени, подстилающих доманиковые отложения, где содержание РЗЭ составляет 122,6 г/т, а Th – 8,1 г/т. По мере накопления в породах ОБ это отношение увеличивается и достигает ~ 50 в углеродисто-карбонатных породах с содержанием $C_{орг} > 7\%$, что свидетельствует о контролирующей роли органического материала в их накоплении [10].

Если в терригенных породах редкоземельные элементы являются индикаторами состава областей

Рис. 4. СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В БАКТЕРИАЛЬНЫХ МАТАХ ПОРОД ДОМАНИКА ПО ОТНОШЕНИЮ К КЛАРКУ ВЕРХНЕЙ КОРЫ [7] (данные ICP-MS и INAA)



сноса, то в карбонатных они характеризуют главным образом условия осадконакопления. Тренды их распределения в различных карбонатных породах близки между собой и представлены положоноклонными кривыми с небольшим обогащением легких лантанидов (LREE) к тяжелым (HREE), отношение $LREE/HREE = 1-2$ (см. рис. 5, Б). Спектры РЗЭ в битумоидах из ОБ и в керогене более дифференцированы: $LREE/HREE$ составляет 2,8-13,3 и 2-6 соответственно. В некоторых случаях, как в битумоиде, так и керогене, отношение легких лантанидов к тяжелым составило от 1,80 до 0,05, что свидетельствует о том, что доля HREE в общем балансе РЗЭ в некоторых пробах ОБ выше, чем в породах, где основную роль в их накоплении играл терригенный материал. В этих же пробах, по сравнению с породами и другими пробами ОБ, отмечается понижение цериевой аномалии и увеличение европиевой.

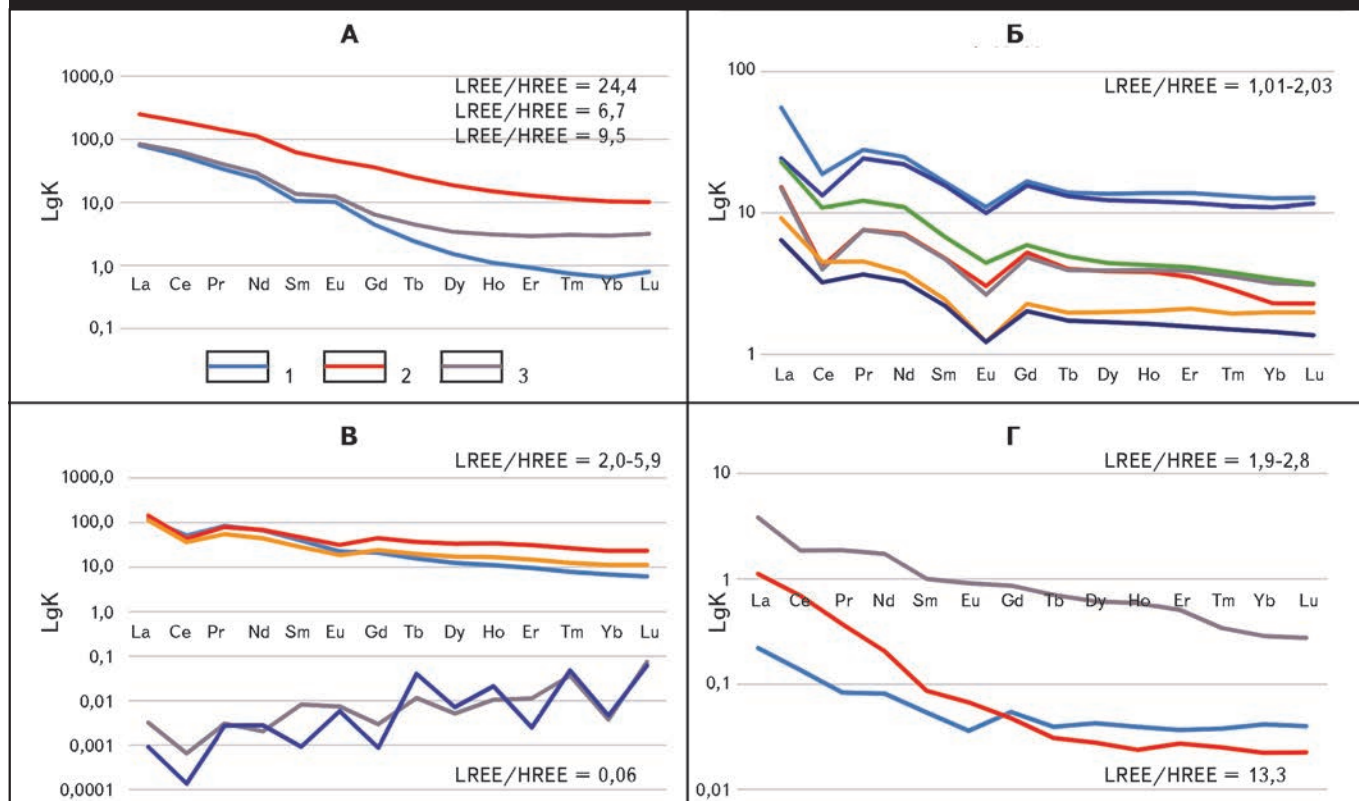
Таблица 1

Содержание некоторых элементов в породах и ОБ, мг/м [9]

| Микро-элементы | ВК | Гранитоиды фундамента (3) | Порода доманика (30) | Кероген (6) | Битумоид (6) |
|----------------|---------|---------------------------|----------------------|-------------|--------------|
| As | 1500,00 | 150 | 11250,0 | 27428,0 | 1800,0 |
| Cd | 98,00 | Н/о | 2600,0 | 14481,0 | 186,0 |
| Te | 1,00 | < 300 | 1600,0 | Н/о | 1233,0 |
| Hg | 83,00 | Отс. | 550,0 | 50576,0 | 3473,0 |
| Re | 0,50 | < 14 | 66,0 | 432,0 | 245,0 |
| Ag | 50,00 | < 300 | 950,0 | Н/о | 338,0 |
| Au | 1,80 | 13,0 | 27,0 | 32,0 | 5,5 |
| Pd | 0,50 | Н/о | Н/о | 680,0 | 16,0 |
| Pt | | " | " | 12,2 | 2,5 |
| Ir | 0,02 | " | " | 1,4 | 0,2 |

Примечание. В скобках – число исследованных проб, ВК – кларк элемента для верхней коры [7]; н/о – элемент не определялся.

Рис. 5. ХОНДРИТНОРМАЛИЗОВАННЫЕ СПЕКТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАНТАНИДОВ В НЕКОТОРЫХ ПОРОДАХ ФУНДАМЕНТА, ИЗВЕСТНЯКАХ ДОМАНИКА И ОВ (нормировано по Evensen N.M. et al., 1978)



А – породы фундамента, ряды: 1 – КПШ-гранит, 2 – Ви-Амф-кристаллосланец, 3 – Рf-гранит, пробы доманика из разных скважин; Б – доманика, В – керогена, Г – битумоида

Предварительно можно говорить о наличии различных источников РЗЭ как в отдельных пробах углеродсодержащих карбонатных пород, так и в некоторых пробах ОВ из них. Такими источниками могли быть пестрые по составу кристаллические породы фундамента, подвергшиеся воздействию глубинных флюидных систем, либо сами флюиды – продукты дегазации магм основного состава. В этом случае происходит частичное отделение европия от соседних лантанидов, а восстановительная среда осадконакопления препятствует переходу церия в четырехвалентное состояние. Кроме того, спектр лантанидов в таких флюидных системах характеризуется существенным преобладанием тяжелых РЗЭ над легкими.

Дополнительным аргументом в пользу участия глубинных флюидов в формировании отдельных прослоев в доманиковых отложениях региона служат изотопные данные Rb-Sr и Sm-Nd систематик (табл. 2). Изотопный состав стронция морских вод фанерозоя хорошо изучен, а отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ служит надежным критерием выявления проявлений эндогенной активности в регионах, во время которых данное отношение снижается по отношению к фону. В известняках, залегающих выше

семилуцкого горизонта, это отношение в пересчете на время осадконакопления составило 0,70827, что близко к составу вод данного времени (0,7082-0,7083). Органическое вещество пород доманика должно наследовать изотопные метки среды осадконакопления, что и отмечается на примере экстракта из доманикитов Бухарской площади. В то же время пониженные начальные отношения стронция в битумоиде из пород Миннибаевской площади (0,70794) обусловлены, скорее всего, участием эндогенных флюидов в формировании отложений подобного типа.

Более однозначно источник вещества в рассматриваемых объектах определяется в рамках Sm-Nd изотопной системы. Параметр эpsilon неодима в сланце и битумоидах практически одинаков, характеризует нормальный режим седиментации и источник сноса терригенного материала (см. табл. 2). Вместе с тем в битумоиде, выделенном из максимально металлоносной окремненной породы с высоким содержанием U (Миннибаевская площадь, скв. 20355), указанный параметр отвечает веществу деплетированного мантийного источника. Модельный возраст источника РЗЭ для этой пробы (время отделения лантанидов от мантии) составил 400 млн лет.

Rb-Sr и Sm-Nd изотопные данные пород и битумоидов доманика

| Вещество | Содержание, г/т | | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (измеренное) | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)$ |
|------------------------|-----------------|---------|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| | Sr | Rb | | | |
| Известняк | 385,0000 | 1,5900 | 0,0120...1,0000 | 0,70833...6,000 | 0,70827 |
| Битумоид | 0,1600 | 1,5500 | 0,2960...19,0000 | 0,70973...10,000 | 0,70833 |
| " | 1,8100 | 0,1700 | 0,2692...18,0000 | 0,70934...6,000 | 0,70794 |
| Вещество | Sm | Nd | $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | ENd (0)chur |
| Сланец | 4,9000 | 24,1000 | 0,1230 | 0,512210 | -8,30 (-4,9) |
| Асфальтены Битумоид | 0,0119 | 0,0678 | 0,1060 | 0,512259 | -7,40 (-3,9) |
| То же | 0,8600 | 0,4710 | 0,1105 | 0,512212 | -8,30 (-4,3) |
| " | 0,1530 | 2,3020 | 0,0402 | 0,512681 | 0,84 (8,2) |

Примечание. ENd (0)chur — параметр эpsilon неодима (современное отношение изотопов неодима в пробе к аналогичному отношению в однородном хондритовом резервуаре); в скобках параметр пересчитан на возраст формирования отложений.

Таким образом, приведенные материалы по металлоносности отдельных прослоев в доманиковых отложениях показали, во-первых, хорошую корреляцию между малыми элементами, отражающими базитовый геохимический профиль, с одной стороны, и некоторыми высокорядными, в частности U, элементами — с другой. Во-вторых, изотопные отношения для некоторых проб однозначно свидетельствуют об участии эндогенных компонентов в формировании геохимического облика отложений.

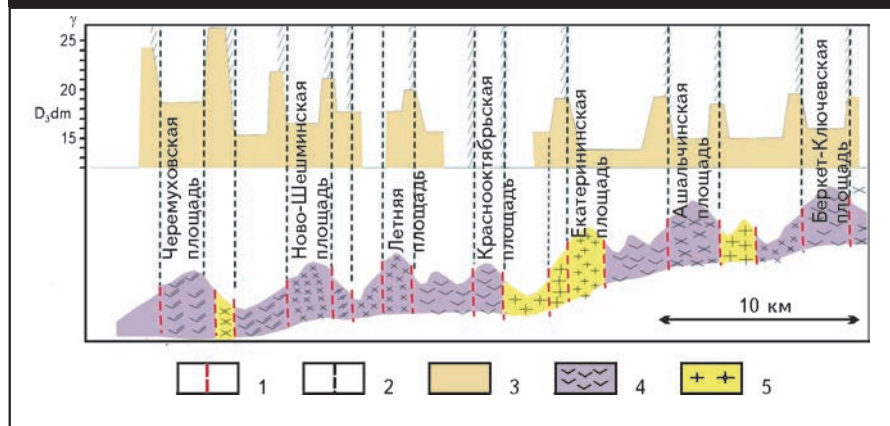
В низах геологического разреза Южно-Татарского свода и его склонов, а также в породах кристаллического фундамента неоднократно отмечались дайки долеритов и диабазов, а в северо-восточной части свода в створе профиля Гранит в нижней и средней консолидированной коре выделена мощная геофизическая аномалия плотности и магнитной восприимчивости пород, которая может быть сопоставлена с промежуточным базитовым очагом [10].

Проявление толеитового базитового магматизма и вулканизма девонского времени в рассматриваемом регионе не случайно. Многочисленные палеомагнитные реконструкции показывают, что на рубеже силура и девона (около 400 млн лет назад) в результате коллизионного события со стороны Северо-Американской плиты в пределах Восточно-Европейского сегмента в среднем — позднем девоне произошла регенерация заложенных древних разломных зон как палеопротерозойского, так и рифейского возраста. Нахождение же в это время Балтии над африканским горячим полом послужило основой развития в пределах платформы внутриплитного

магматизма. Так, в это время закладывалась Припятско-Днепровская рифтовая структура с широко проявленным щелочным магматизмом в основании рифта и отложением сопряженных с магматизмом черных сланцев; произошло внедрение толеитовых и щелочных серий в пределах Тимано-Печорского региона с параллельным формированием доманикоидных отложений; максимальное выражение плюмового процесса в истории Земли отразилось во внедрении гигантских ультращелочных массивов на Кольском полуострове (Хибинский и Лавозерский массивы).

Эндогенный процесс дефлюидизации глубинных зон мог проходить по разным сценариям. С одной стороны, обогащенные сидерофильными и халькофильными элементами флюиды, недосыщенные Si, Al, K и Na, фильтруясь через консолидированную кору обогащаются указанными элементами за счет разложения кварца и алюмосиликатов кристаллического основания и привносят данные элементы в водную среду осадочных бассейнов [11]. Часть элементов, в силу низкой растворимости, отлагается на дне бассейна (Al_2O_3 , SiO_2), часть — остается в растворенном виде (Na, K), а часть — «связывается» с ОВ, представленным бактериальными матами, интенсивно развивающимися в зонах поступления растворов. С другой стороны, углекислотно-водные флюиды могут выщелачивать из фундамента, представленного перемежающимися чешуями контрастных по составу пара- и ортопород большечеремшанской и отрадненской серий, как редкоземельные элементы со своеобразными хондритнормализованными спектрами (из ортопород), так и U из парагранитоидов (S-границы).

Рис. 6. СХЕМА ВАРИАЦИЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ПОРОД ДОМАНИКА ПО ОТНОШЕНИЮ К СТРУКТУРЕ И РАЗЛОМНЫМ ЗОНАМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА



1 – проекции разломов в породах доманика; 2 – продолжение разлома фундамента в осадочный чехол; 3 – интенсивность γ -поля пород доманикового горизонта; 4 – рельеф кристаллического фундамента; 5 – гранитоиды

ты). Уран в данном случае будет вышелеачиваться и переноситься в виде уранил-карбонатных комплексов, которые, попадая в восстановленную среду осадконакопления, распадаются с выделением микролитов настурана, а CO_3^{2-} -комплекс уходит на образование карбонатного материала. Учитывая тот факт, что в породах большечеремшанской серии повсеместно отмечаются корродированные чешуйки графита с $\delta^{13}\text{C} = -22(-24) \text{‰}$, наблюдаемый облегченный изотопный состав известняков с повышенным содержанием U может быть объясним взаимодействием эндогенных флюидов с графитосодержащими кристаллосланцами фундамента. Так, в известняках с содержанием U 1,0-2,0 г/т $\delta^{13}\text{C}$ варьирует от 0,1 до -5,5 ‰, а в известняках с $\text{C}_U = 6,0-18,5 \text{ г/т}$ — изменяется от -8,6 до -13,2 ‰.

Поступление глубинных флюидов в осадочный чехол, естественно, могло осуществляться лишь по зонам нарушений сплошности пород, а присутствие во флюидах U позволяет использовать его в качестве индикатора путей разгрузки.

Проведение детальных работ вдоль восточного окончания отрезка регионального сейсмического профиля, секущего в широтном направлении зоны сочленения Мелекесской впадины и западного склона Южно-Татарского свода, позволило оценить сопряженность флюидодинамических процессов в кристаллическом основании и осадочном чехле.

На основе анализа диаграмм радиоактивного каротажа скважин, расположенных в 10-км зоне вдоль линии отрезка профиля, составлены карты вариаций гамма-поля для доманиковых отложений (рис. 6). Сопоставление площадных вариаций гамма-поля с картой

рельефа поверхности фундамента, полученной по данным геофизических исследований В.П.Степановым, и картой вещественного состава, построенной по результатам петрографического изучения пород Т.А.Лапинской, А.В.Постниковым, Л.П.Поповой, подтвердило определяющую роль дизъюнктивно-блоковой раздробленности кристаллического основания в формировании структуры осадочного чехла.

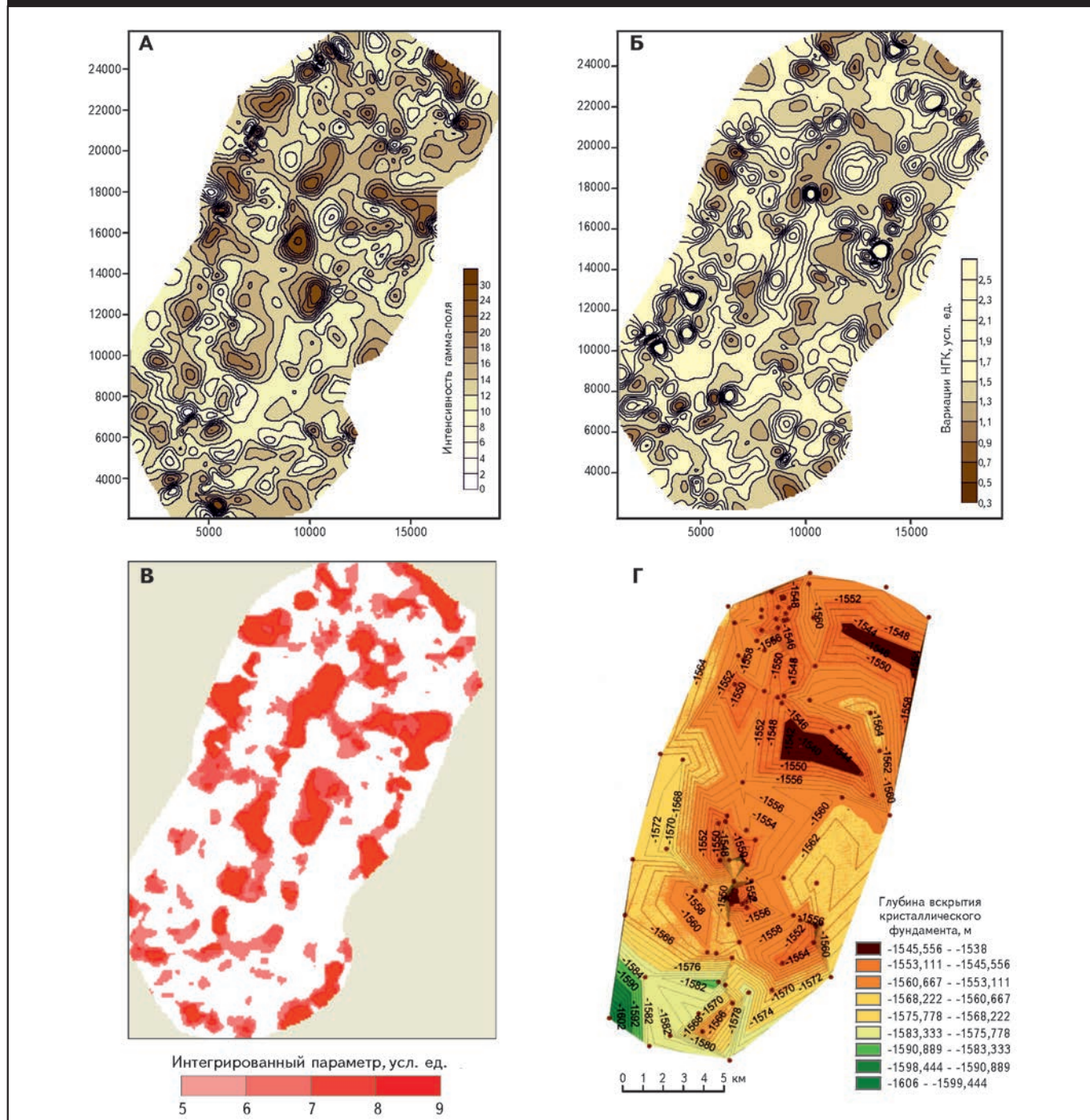
Выявлена устойчивая пространственная согласованность повышенной естественной радиоактивности пород с тектоническими нарушениями в фундаменте, ограничивающих блоки нефтеносных структур (пробел данных на профиле в створе Краснооктябрьской площади вызван отсутствием каротажных материалов). Таким обра-

зом, разрывы, ограничивающие блоки фундамента, подновлялись постоянно, но не приводили, как правило, к значительным смещениям пластов осадочного чехла, а выражались в развитии вертикальных, унаследованно развивающихся зон трещиноватости, в пределах которых наблюдались активные процессы пульсационного поступления глубинных флюидов. Таким образом, кристаллический фундамент и осадочный чехол выступают как взаимосвязанные элементы, представляющие единую флюидодинамическую систему.

Образовавшиеся зоны трещиноватости в верхних частях фундамента и низах осадочного чехла с соответствующим поступлением глубинных флюидов и формированием геохимических аномалий периодически подновляются в периоды тектонической активизации региона. Тектоническая активизация может приводить как к подтоку, так и перераспределению нефтяных компонентов в трещинном пространстве карбонатов. Следует также обратить внимание и на то, что в бассейн седиментации поступает, кроме указанного широкого спектра элементов, и Mg, выщелоченный из пироксенов и амфиболов кристаллических пород фундамента. В стадии позднего диагенеза — раннего катагенеза происходит перераспределение элемента с образованием доломитовых прослоев (см. рис. 3, л). Таким образом, зоны развития геохимических аномалий можно рассматривать в качестве областей пород с улучшенными коллекторскими свойствами.

Проведенные ранее авторами статьи комплексные (с использованием петрографии и лабораторной гамма-спектрометрии) исследования по созданию основ интерпретации ГИС в семилукско-бурегских отложениях

Рис. 7. СХЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ГАММА-ПОЛЯ (А), НЕЙТРОННОГО ГАММА-ПОЛЯ (Б) И ИНТЕГРИРОВАННЫХ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ И НЕЙТРОННОЙ ГАММА-АКТИВНОСТИ ПОРОД ДОМАНИКА (В) АБДРАХМАНОВСКОЙ ПЛОЩАДИ В СОПОСТАВЛЕНИИ С РЕЛЬЕФОМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА (Г)

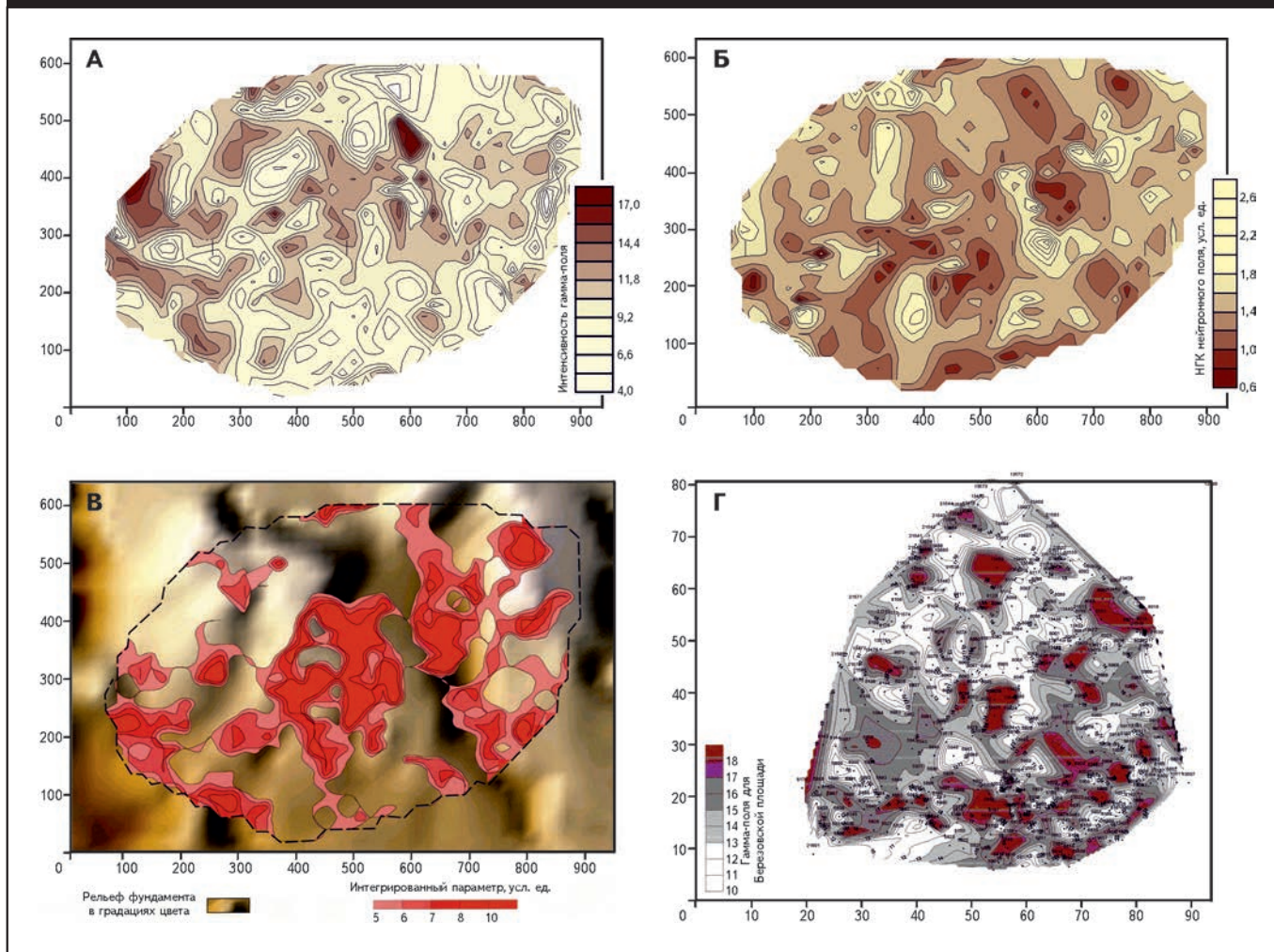


Построения выполнены по данным бурения на кафедре геодинамики МГУ

привели к неопределенным результатам. Выяснилось, что стандартного комплекса ГИС недостаточно для выделения потенциальных коллекторов в карбонатных толщах. К наиболее существенным особенностям раз-

реза, ограничивающим эффективность обычных методик интерпретации, относятся широкое распространение неоднородных тонкослоистых пород с высоким содержанием ОВ, а также их высокая радиоактивность.

Рис. 8. СХЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ГАММА-ПОЛЯ (А), НЕЙТРОННОГО ГАММА-ПОЛЯ (Б) И ИНТЕГРИРОВАННЫХ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ И НЕЙТРОННОЙ ГАММА-АКТИВНОСТИ ПОРОД ДОМАНИКА МИННИБАЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ В СОПОСТАВЛЕНИИ С ЛОКАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РЕЛЬЕФА ФУНДАМЕНТА (В), РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ГАММА-АКТИВНОСТИ ПОРОД ДОМАНИКА БЕРЕЗОВСКОЙ ПЛОЩАДИ (Г)



Первая особенность ограничивает возможность методов электрического каротажа по выявлению пластов с подвижной нефтью. Вторая — может приводить к значимым ошибкам по занижению прогнозной эффективности подобных толщ. Необходим более расширенный комплекс, включающий, помимо стандартных методов, использование многозондовых БК и ИК, плотностной ГГК, ГВ-С, ИНК, широкополостной АК и ЯМК. Использование подобного комплекса ГИС, помимо дополнительных затрат, требует и привлечения высококвалифицированных специалистов.

В связи с изложенным, для выделения в доманиковых отложениях ореолов развития геохимических аномалий и соответственно зон потенциальных коллекторов были построены карты вариаций параметров ГК и НГК по нескольким площадям (рис. 7, 8). Построение осуществлялось средствами ввода цифровой информа-

ции значений радиоактивности в скважинах для горизонта с дальнейшей их интерполяцией к равномерной сети. При выборе шага сети при построении карт учитывалась плотность распределения значений анализируемых параметров на исследуемой площади. Шаг полученной сети составил 20×20 м (построения выполнены С.С.Малиной). Для схем Миннибаевской площади были использованы данные РК по 400 скважинам, Абдрахмановской — 490, Березовской — 350.

В изучаемых отложениях отмечаются достаточно высокие вариации значений гамма-поля на площади, достигающие $26-28\gamma$ (при фоновых $12-16\gamma$). Для построения взяты интервалы разреза, характеризующиеся аномальными значениями ГК. Следует подчеркнуть, что попытки использования материалов ГК скважин для этих целей проводились в Татарии и ранее. Однако отсутствие четких представлений о природе аномальных по-

лей, процессах их формирования, пространственной и генетической связи с залежами нефти значительно затруднило внедрение радиоактивных методов в практику поисково-разведочных работ.

Общей чертой для всех рассматриваемых карт является значительная дифференцированность гамма-поля, причем форма радиометрических аномалий на площадях может быть различной и определяться размерами и структурой блоков. В большинстве случаев области высоких значений радиоактивности пород оконтуривают локальные поднятия, образуя узкие кольца. В случае небольших размеров структур (500×500 м) ореолы «сливаются» в единую область высоких значений. Иногда, если выступ фундамента осложнен серией мелких блоков, то, наряду с кольцевым эффектом, проявляются дополнительные зоны высокой радиоактивности, отвечающие положению дизъюнктивных нарушений различного простирания и более низкого ранга.

Выполненный одновременно анализ вариаций параметров нейтронного гамма-поля показал наличие четкой согласованности положения на площади областей развития пород с повышенной естественной радиоактивностью и пониженной характеристикой нейтронного гамма-поля в карбонатной части разреза. Интегрированная модель суммарных карт, полученных по данным ГК и НГК, отражает пространственную совмещенность очагов развития трещиноватости (или улучшенных емкостных параметров) пород доманика и областей миграции глубинных флюидов. Зоны поступления глубинных флюидных систем уходят своими корнями в кристаллический фундамент, о чем свидетельствует совпадение в плане областей аномального развития полей с разломами, отражающимися в рельефе кристаллического основания.

Исследования ТатНИПИнефти показали, что в пределах Миннибаевской площади в область аномального развития геофизических полей попадает большинство скважин с максимальной гидропроводностью удаленной зоны (> 200 дарси см/спз) и максимальной прони-

цаемостью, полученные для продуктивных горизонтов девона (пласты Д₁ и Д₀). Здесь же расположены как скважины с коэффициентом продуктивности > 40 т /сут, так и большинство скважин, добыча нефти в которых превышает 1 млн т.

Таким образом, рассмотренные материалы дают возможность на основе анализа площадных вариаций величины естественной радиоактивности пород рекомендовать метод выделения областей развития трещиноватости в осадочном чехле; определять простирание сдвиговых систем нарушений и телескопировать их на большие глубины; моделировать флюидодинамические процессы формирования УВ-скоплений. В совокупности с анализом параметров нейтронного гамма-каротажа можно рекомендовать для доразведки отдельные интервалы разреза, корректировать технологию разработки залежей.

В заключение следует отметить, что наличие аномальных геофизических и геохимических полей в разрезе доманиковых отложений, сформированных за счет эндогенных флюидных систем, свидетельствует не о наличии залежей, а о возможности формирования их в пределах ореолов.

Литература

1. **Добрецов Н.Л.** Мантийные суперплюмы как причины главной геологической периодичности и глобальных перестроек / Н.Л.Добрецов // Докл. РАН. — 1997. — № 6.
2. **Грачев А.Ф.** Мантийные плюмы и биологические катастрофы в истории Земли / А.Ф.Грачев / Мантийные плюмы и геодинамика. — М.: 1998.
3. **Неручев С.Г.** Глобальные геохимические аномалии на рубежах активных изменений органического мира / С.Г. Неручев // Геология и геофизика. — 1986. — № 6.
4. **Неручев С.Г.** Уран и жизнь в истории Земли / С.Г.Неручев. — Л.: Недра, 1982.
5. **Юдович Я.Э.** Геохимические особенности минерализации в черных сланцах (обзор) / Я.Э.Юдович. — Сыктывкар: Геонаука, 1990.

ROLE OF ENDOGENOUS FLUID SYSTEMS IN FORMATION OF OIL POTENTIAL OF THE VOLGA-URAL DOMANIC DEPOSITS ACCORDING TO RESULTS OF GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL STUDIES

Gottikh R.P. (All-Russian Research Institute of Geological, Geophysical and Geochemical Information Systems), *Grunis E.B.* (OAO "Institute of Geology and Development of Combustible Minerals"), *Pisotsky B.I.* (FGBUN "Institute of Oil and Gas Problems, RAN")

Some aspects of formation of the Domanik deposits in the Volga-Ural province are considered. Geochemical studies have shown that in the geological section some horizons of elevated radioactivity are characterized by high concentrations of As, Te, Hg, Au, Ag, Re, Pd and Pt known to correlate with main volcanism events. The metal-enriched solutions entering the sedimentation basin ensured formation of geochemical anomalies. The possibility of deriving the Uranium content of rocks from well logs made it possible to identify fracture zones associated with faults in the basement, both in the «radial section» mode and on maps. Identification of the anomalies contributes to a rational planning of horizontal wells for extraction of shale oil and better contouring of already identified HC accumulations.

Key words: Domanik deposits; metal-enriched solutions; horizontal wells; shale oil.

6. **Занин Ю.С.** Уран, торий и калий в черных сланцах баженовской свиты Западно-Сибирского морского бассейна / Ю.С.Занин, А.Г.Замирайлова, В.Г.Эдер // Литология и полезные ископаемые. — 2016. — № 1.

7. **Тэйлор С.Р.** Континентальная кора ее состав и эволюция / С.Р.Тэйлор, С.М.Мак-Леннан. — М.: Мир, 1988.

8. **Богданов Ю.А.** Гидротермальный рудогенез океанского дна / Ю.А.Богданов, А.П.Лисицын, А.М.Сагалевич и др. — М.: Наука, 2006.

9. **Готтих Р.П.** Роль эндогенных флюидов в формировании углеродсодержащих пород в геологическом разрезе нефтегазоносных территорий / Р.П.Готтих, Б.И.Писоцкий, Д.З.Журавлев // Докл. РАН. — 2007. — Т. 412. — № 4.

10. **Готтих Р.П.** Некоторые генетические аспекты формирования Ромашкинского нефтяного месторождения и его спутников / Р.П.Готтих, Б.И.Писоцкий, Д.К.Нургалиев и др. // Отечественная геология. — 2005. — № 3.

11. **Летников Ф.А.** Флюидный механизм деструкции континентальной земной коры и формирование осадочных нефтегазоносных бассейнов / Ф.А. Летников // Докл. РАН. — 2005. — Т. 401. — № 2.

© Р.П.Готтих, Е.Б.Грунис, Б.И.Писоцкий, 2017

Римма Павловна Готтих,
главный научный сотрудник,
доктор геолого-минералогических наук,
rimgot@list.ru;

Евгений Борисович Грунис,
профессор,
доктор геолого-минералогических наук,
igirgi@orc.ru;

Богдан Иванович Писоцкий,
главный научный сотрудник,
доктор геолого-минералогических наук,
pisotskiy@list.ru.

Заслуженному геологу России Б.А.Соловьеву – 80 лет!

15 марта 2017 г. исполнилось 80 лет доктору геолого-минералогических наук, заведующему отделением перспектив нефтегазоносности и обоснования направлений геолого-разведочных работ ФГБУ «ВНИГНИ» Борису Александровичу Соловьеву и 58 лет его научно-производственной деятельности.

После окончания в 1959 г. с отличием Московского геологоразведочного института Б.А.Соловьев был направлен на работу в Прикаспийскую экспедицию Всесоюзного аэрогеологического треста, где работал сначала геологом, с 1962 г. – начальником партии. В 1964 г. был приглашен во «ВНИГНИ» на должность старшего геолога, затем – старшего научного сотрудника, заведующего сектором и отделом.

За время работы во ВНИГНИ Б.А.Соловьев принимал участие в исследованиях в секторах методики региональных работ, перспективного планирования, отдела прогноза нефтегазоносности Восточно-Европейской платформы. Участвовал в реализации народно-хозяйственных заданий ГКНТ, АН СССР и Госплана СССР по разработке направлений поисково-разведочных работ на X-XII пятилетки в важнейших нефтегазоносных регионах СССР, в подготовке методических указаний по составлению комплексных проектов геолого-разведочных работ и положений об авторском надзоре за реализацией этих проектов по территории деятельности организаций Мингео СССР.

В 1967 г. Б.А.Соловьев защитил кандидатскую диссертацию на тему «Тектоническое положение территории Хобдинского гравитационного максимума в общей структуре Прикаспийской впадины и перспективы его нефтегазоносности».

Особое внимание Б.А.Соловьев уделял прогнозу нефтегазоносности крупных регионов, созданию моделей формирования и размещения зональных и локальных объектов с количественной оценкой их нефтегазового потенциала для районирования территории по степени ее перспективности и определения эффективных направлений геолого-разведочных работ на нефть и газ. При этом детально исследовались соляно-купольные регионы: Прикаспийская, Днепровско-Донецкая и Припятская впадины.

В 1970-1973 и 1975-1979 гг. Б.А.Соловьев был командирован в ГДР, где работал консультантом-руководителем темы в НИИ по разведке и добыче нефти и газа (г.Гоммерн) и главным геологом-консультантом по прогнозной оценке в Центральном геологическом институте (г.Берлин). Во время командировок активно участвовал в поисках и разведке нижнепермских газовых месторождений Среднеевропейского бассейна на территории ГДР. В 1990 г. руководил группой советских экспертов в ПНР. В 2007 и 2009 гг. выезжал с группой специалистов ВНИГНИ для чтения лекций во Вьетнаме и ФРГ.

В результате обобщения проведенных исследований Б.А.Соловьев в 1982 г. защитил докторскую диссертацию «Тектоника и проблемы нефтегазоносности крупнейших соляно-купольных бассейнов Европы».

Б.А.Соловьев ведет подготовку научных кадров, среди которых кандидаты геолого-минералогических наук, активно работающие в настоящее время в Республике Казахстан.

Возглавляемое Б.А.Соловьевым отделение в рамках Государственного задания ФГБУ «ВНИГНИ» готовит информационно-аналитические данные, доклады, материалы по использованию МСБ УВ-сырья по России, федеральным округам, субъектам РФ и шельфовым акваториям на основе обобщения и анализа показателей геолого-разведочных работ на нефть и газ для подготовки рекомендаций по их перспективным направлениям, а также выполнения экспертных заключений на предложения производственных и научно-исследовательских организаций по включению объектов геолого-разведочных работ в планы работ «Роснедра».

Результаты научных исследований Б.А.Соловьева отражены в многочисленных работах. Он участвовал в написании более 40 отчетов, около 200 научных работ: статей, обзоров, монографий, карт и объяснительных записок к ним. Имеет патенты на изобретения, в том числе «Способ поисков скоплений углеводородов в областях развития соляной тектоники», «Ветроэнергетическая установка».

Б.А.Соловьеву в 2009 г. присвоено почетное звание «Заслуженный геолог Российской Федерации». Он награжден медалями: «За трудовое отличие», «Ветеран труда», «В память 850-летия Москвы». Неоднократно награжден ведомственными наградами: «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр», медалями «За заслуги в развитии недр» второй степени и им. Ферсмана «За заслуги в геологии». Он также неоднократно награждался ведомственными наградами Министерства геологии ГДР.

Редколлегия журнала «Геология нефти и газа» поздравляет Б.А.Соловьева с юбилеем, желает ему здоровья, творческого долголетия и новых научных свершений!

Редколлегия журнала «Геология нефти и газа»

