

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ТОЛЩ

На основе изучения содержания микроэлементов в породах и битумоидах, изотопного состава углерода карбонатов, соотношения между радиогенными изотопами ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$), характере распределения урана в шлифах и анализа вариаций радиоактивности пород показано, что в формировании углеродисто-кремнисто-карбонатных доманиковых пород франского яруса верхнего девона Волго-Уральской нефтегазоносной провинции принимали участие глубинные газовые эманации, имевшие восстановленный характер, а источником их явились области остывающих основных магм, выплавление которых в среднем девоне происходило из деплетированного мантийного резервуара.

В основании геологических разрезов многих нефтегазоносных бассейнов залегают толщи, характеризующиеся аномальными геохимическими характеристиками, выражающимися, прежде всего в повышенном содержании в них органического вещества (ОВ) и значительной металлоносности. На протяжении многих лет эти толщи являются предметом детального изучения как «рудников», так и геологов-нефтяников. Первых, в связи с пространственной ассоциацией пород такого состава с месторождениями металлов (неметаморфизованные аналоги черносланцевых формаций), вторых – с залежами нефти и газа, рассматривая их в качестве нефтематеринских, ответственных за генезис и формирование углеводородных (УВ) скоплений.

Из многочисленных работ, посвященных условиям образования металлоносных углеродсодержащих отложений, сошлемся на некоторые из них. Вероятными причинами периодичности накопления в геологических разрезах пород с аномальными геохимическими характеристиками, согласно (Добрецов, 1997; Грачев, 1998) являются грандиозные проявления вулканизма в истории Земли. Базальтовый вулканизм сопровождался выбросом в атмосферу огромных количеств углерода (в виде CO_2 и CH_4) с одновременным поступлением в седиментационные бассейны F, Cl, P, летучих элементов (Se, As, Sb, Hg), а также U, Re, Mo, Au, Ag (Неручев, 1986). Совокупный эффект влияния этих факторов приводил сначала к бурному развитию органической жизни, а затем к массовой гибели морских организмов (Макмод, 2005).

Целью настоящего исследования явилось получение экспериментальных доказательств участия глубинных флюидов в процессах формирования углеродсодержащих толщ в геологических разрезах осадочных бассейнов Волго-Уральской провинции. Объектом изучения явились семилукско-бурегские отложения франского яруса верхнего девона, вскрываемые скважинами в пределах Южно-Татарского свода.

Доманиковые отложения представлены глинисто-кремнисто-карбонатными породами, в той или иной степени насыщенными органическим веществом. Мощность горизонта составляет 15–20 м. Карбонатный материал органических известняков сложен преимущественно мелкозернистым кальцитом (от 10 до 98 %) от афанитовой до крупнозернистой размерности. Кроме того, отмечаются диагенетические образования сидерита (до 3 %) и доломита (от 0.1 до 10–80 %) в отдельных прослоях. Содержание органического вещества изменяется от 2 до 15–20 %.

Представлено оно преимущественно синие-зелеными коккоидными и нитчатыми бактериальными матами, образующими слои от долей миллиметра до 1–1.5 см., обуславливающими слоистую текстуру отложений. Литогенная часть первичных осадков представлена глинистыми минералами (смектит, 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, слагая слои мощностью от миллиметра до десяти, «съедающая» при этом известковую матрицу, ассимилирует бесструктурное бактериальное вещество и образует углеродисто-кремнистые разности пород.

Изучаемые породы отличаются от ниже и выше лежащих повышенной радиоактивностью, обусловленной накоплением в них урана при низких содержаниях тория и калия (Рис. 1). Из анализа диаграмм спектрометрического гамма-каротажа скважин следует, что изучаемые разрезы достаточно неоднородны. При общей высокой ураноносности наблюдаются колебания в содержании 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. Наряду с ураном, рассматриваемые отложения значительно обогащены по отношению к верхней земной коре V, Ni, Co, Cu, Zn, As, Se, Y, Mo, Ag, Cd, Re. В целом наблюдается общая тенденция увеличения концентрации микроэлементов в породах по мере накопления в них урана, что наиболее четко выражено в карбонатных разностях (Рис. 2) и позволяет в дальнейшем рассматривать в качестве показателя геохимической контрастности обстановок осадконакопления данные по содержанию в породах урана.

Связь микроэлементов с минеральной и органической составляющими пород изучена с использованием метода f-радиографии. Исследования показали, что в плотных, массивных, разнозернистых, часто обломочных доломитизированных известняках содержание урана близко к кларковому (1–1.5 г/т), в бактериально обогащенных участках увеличивается до 3.5–4.0 г/т, в совокупности составляя 2.0–3.0 г/т. Повышенные концентрации металла (3.5–4.5 г/т) приурочены к хемогенным, плитчатым, слоистым и слоисто-флюидальным органогенным известнякам с характерной тонкозернистой структурой, что свидетельствует о совместном накоплении карбонатного материала и урана (Рис. 3а). В бактериальных матах таких пород содержание урана

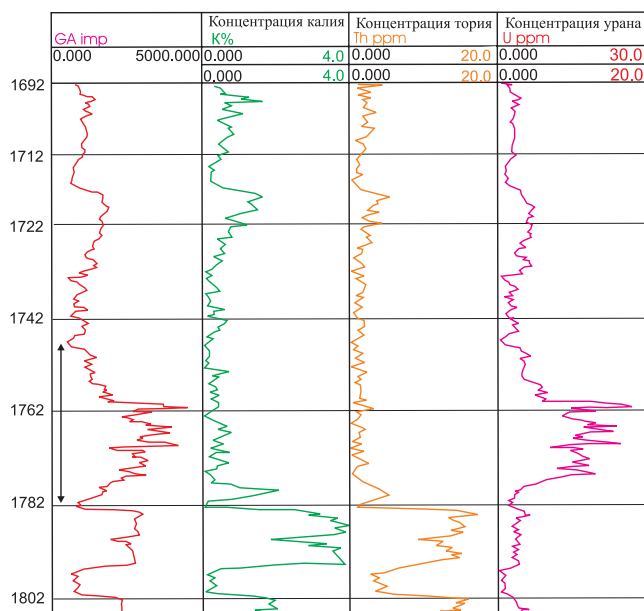


Рис. 1. Данные спектрометрического гамма-картажа скважины для пород доманикового горизонта (выделено стрелкой).

достигает 5.0 – 7.5 г/т (Рис. 3б). Диагенетическая и катагенетическая перекристаллизация карбонатов приводила к перераспределению вещества, отражающемуся как в укрупнении кальцитовых зерен и доломитизации субстрата, так и в сегрегации органического вещества с образованием отдельных слоев, ветвистых новообразований, огибающих средне-крупнозернистые фаунистические остатки, участки преобразованных известняков. Одновременно происходила и дифференциация урана с формированием высокоураноносных органогенных прослоев (Рис. 3в). Количество подобных прослоев и уровень накопления металла в них и определяют современное содержание его в породах. Нельзя не отметить присутствие в последних секреторных смолистых выделений, не ясной природы, идиоморфных, округлых, концентрация урана в которых достигает долей процента и обусловлена процессом ассимиляции металла на стадии формирования осадка. Наличие корреляции между ураном и другими элементами позволяет считать рассмотренный процесс универсальным.

Привнос в бассейн седиментации МЭ, значительно отличающихся своими геохимическими характеристиками, мог осуществляться преимущественно в составе газовых эманаций. Об этом свидетельствуют материалы петрографических и литологических исследований, показавшие отсутствие в породах фундамента и низах осадочного чехла изучаемого региона значительной гидротермальной переработки субстрата, осуществляемой бинарными углекислотно-водными системами. Кроме того, проникновение именно газовых систем в нелигифицированные осадки фиксируется по текстурным особенностям пород. В некоторых образцах керна из отложений доманика отмечаются вертикальные зоны, мощностью до 2 – 4 см, выполненные тонкозернистым карбонатным материалом без признаков перекристаллизации, в котором «плавают» комки аналогичного по составу афанитового материала и разноориентированные сгустки бактериальных матов. Это, так называемые флюидизиты, выраженные также в виде «вторжения» в карбонатный ил глинистого материала более глубоких осадков при локальных поступлениях газов. В осадочных породах эндогенный углерод в резуль-

тате интенсивной биологической ассимиляции превращается в ОБ сапропелевого типа, которое обеспечивает извлечение «избыточных» МЭ и накопление их, главным образом, в результате сорбционных процессов.

Одним из аргументом в пользу внешнего источника металлов для рассматриваемых отложений может служить анализ хондритнормализованных спектров распределения лантанидов.

Несмотря на то, что содержание редкоземельных элементов в доманиковых породах остается ниже кларка для верхней коры, относительное накопление их и в карбонатном материале вытекает из величины отношения суммы лантанидов к торию, который может быть принят в качестве меры «терригенности» пород. В случае «чистых» известняков ($Th < 1.0$ г/т) это отношение составляет ~ 15. Такая же величина получена и для аргиллитов кыновского времени, подстилающих доманиковые отложения, где содержание REE составляет 122.6 г/т, а тория – 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 указывает с одной стороны, на повышенное содержание лантанидов в морской воде, а с другой, на контролируемую роль органического материала в их накоплении. Последнее вытекает из распределения элементов по литотипам пород (табл. 1) и из наличия корреляции их с ураном.

Если в терригенных породах редкоземельные элементы являются индикаторами состава областей сноса, то в карбонатных они характеризуют, главным образом, условия осадконакопления. Тренды распределения REE в различных карбонатных породах близки между собой и представлены пологонаклонными кривыми с небольшим обогащением LREE относительно HREE (Рис. 4). Если в каче-

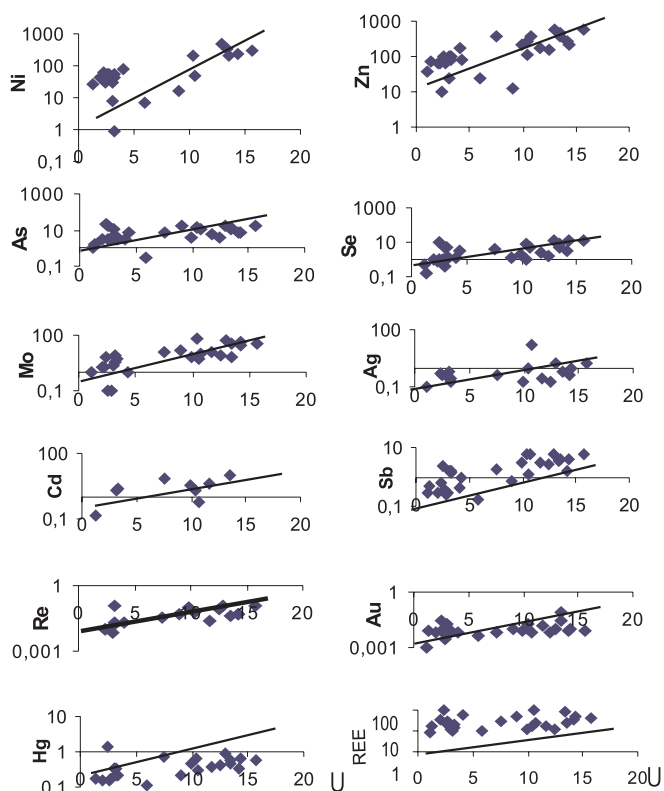


Рис. 2. Диаграммы соотношения микроэлементов в углеродокремнисто-карбонатных породах доманика по мере накопления в них урана (данные ИНАА, г/т).

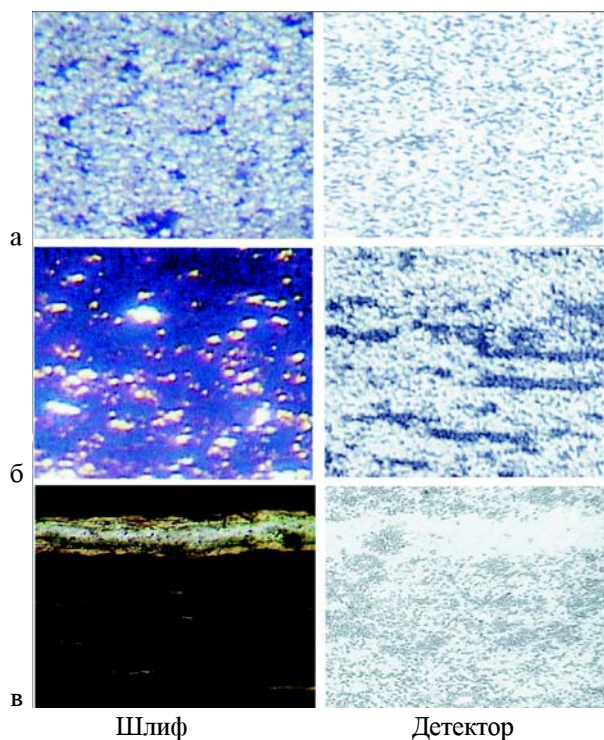


Рис. 3. Характер распределения урана в породах доманика.

стве фонового взять тренд распределения присущий аргиллитам кыновского горизонта $(Ce/Yb)_N = 9.6$, то в карбонатных породах доманикового горизонта это отношение составляет 1.8, снижаясь в углеродисто-кремнисто-карбонатных разностях до 1.2. Обогащение рассматриваемых литотипов HREE достаточно выражено и в величинах $Sm_N/Yb_N = 2.3$ и 1.3, соответственно. Все это свидетельствует о том, что доля HREE в общем балансе REE в углеродсодержащих карбонатах выше, чем в породах, где основную роль в их накоплении играл терригенный материал. Для окремненных известняков характерно наличие четких европиевых и цериевых минимумов, Eu/Eu^* составляет ~ 0.6 , $Ce/Ce^* = 0.4$ (в аргиллитах – 1,0).

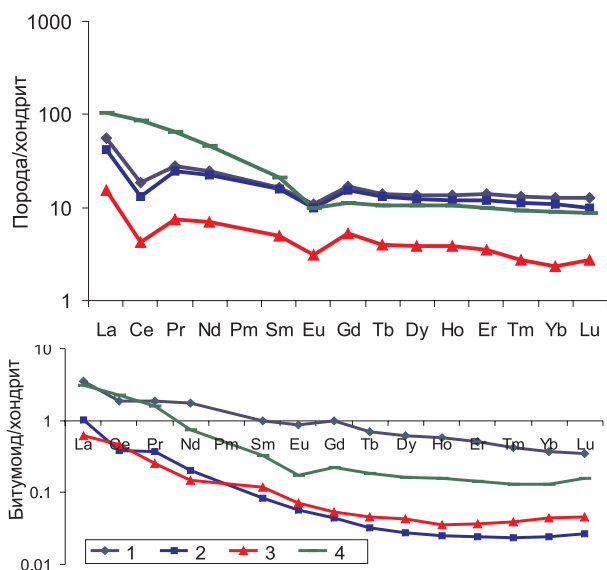


Рис. 4. Распределение редкоземельных элементов в доманиковых породах (а) и битумоидах (б). Нормировано на CI по (Evensen et al., 1978). Примечание. Скважины (породы): 1 – Восточно-Сулеевская (углеродистая глинисто-кремнисто-карбонатная); 2 – Миннибаевская (углеродистая кремнисто-карбонатная); 3 – Бухарская (карбонатная); 4 – Степноозерская (аргиллит).

Тренд распределения нормализованных лантанидов в битумоидах несколько отличен от аналогичных кривых, присущих породам. В экстрактах из пород доманика снизились величины цериевого (до 0,55 – 0,65) и европиевого (до 0,9) минимумов, а в битумоиде из кыновских глин они остались на прежнем уровне. Эти данные позволяют говорить о наличии различных источников РЗЭ в терригенных и углеродсодержащих карбонатных породах верхнего девона франского яруса и формировании последних под влиянием глубинных флюидов – продуктов дегазации магм основного состава. В этом случае происходит частичное отделение европия от соседних лантанидов, а восстановительная среда осадконакопления препятствует переходу церия в четырехвалентное состояние. Об этом же свидетельствует характер и уровень накопления в восстановленной составляющей доманиковых пород, по сравнению с экстрактами из аргиллитов, таких микроэлементов как V, Mn, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Re, Au, Hg, Pb, являю-

Эл-г г/т	В.Сулеевская скв. 30075	Миннибаевская скв.20355	Бухарская скв.750	Степноозерская скв.1001
Ti	748.17	30,81	202,92	25,31
V	576.47	226,55	1258,47	805,55
Cr	100.32	2,16	31,93	4,14
Mn	931.66	26,43	221,99	212,38
Co	4.07	0,83	2,06	0,85
Ni	465.20	115,63	241,89	412,20
Cu	326.02	211,02	147,04	105,61
Zn	561.31	550,9	251,51	105,90
Ga	3.94	2,32	1,36	0,67
As	16.40	0,62	18,80	0,41
Se	11.80	8,32	12,90	10,81
Rb	22.66	10,46	6,49	0,17
Sr	97.28	21,57	549,41	1,91
Y	37.44	1,53	27,95	0,96
Zr	40.03	3,48	29,68	1,30
Nb	2.15	0,071	1,43	0,045
Mo	48.31	45,49	40,99	17,96
Ru	н/о	0,0036	н/о	0,0024
Pd	н/о	0,023	н/о	0,016
Ag	0.74	0,263	0,63	0,164
Cd	2.58	0,560	2,02	0,411
Sb	5.95	1,100	4,15	0,186
Cs	1.02	0,021	0,29	0,005
La	13.53	0,857	10,17	0,250
Ce	11.99	1,187	8,45	0,240
Pr	2.69	0,179	2,36	0,036
Nd	11.76	0,819	10,47	0,097
Sm	2.54	0,153	2,41	0,013
Eu	0.64	0,049	0,58	0,004
Gd	3.41	0,201	3,18	0,009
Tb	0.52	0,026	0,49	0,001
Dy	3.47	0,155	3,12	0,007
Ho	0.78	0,033	0,68	0,001
Er	2.30	0,084	1,96	0,004
Tm	0.34	0,011	0,29	0,0006
Yb	2.09	0,061	1,80	0,004
Lu	0.32	0,009	0,25	0,0006
Hf	0.95	0,048	0,77	0,025
Ta	0.18	-	0,08	-
W	0.57	0,458	0,37	0,195
Re	0.15	2,50	0,05	0,192
Au	0.03	0,09	0,01	0,012
Hg	0.92	3,24	0,63	1,32
Tl	0.71	0,041	0,42	0,014
Pb	20,75	31,75	14,97	31,24
Bi	0.20	0,02	0,13	-
Th	1.99	0,063	0,80	0,030
U	14,28	0,661	12,96	0,290

Табл. 1. Сравнительная характеристика металлоносности пород и битумоидов. Породы: 1-углерод-глинисто-кремнисто-карбонатная; 3- углерод-кремнисто-карбонатная; 5 - карбонатная; 7- аргиллит. Битумоид: 2, 4, 6, 8.

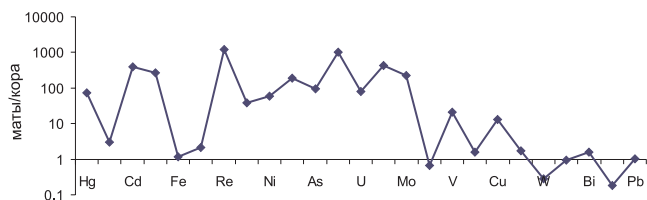


Рис. 5. Содержание микроэлементов в бактериальных матов пород доманика по отношению к кларку верхней коры. Нормировано по (Тэйлор, Мак-Леннан, 1988) (данные in aa и is ms).

щихся типичными представителями продуктов дифференциации базитовых расплавов (табл. 1).

Обогащенность экстрактов из пород доманика микроэлементами объясняется, надо полагать тем, что большая их часть в карбонатных разностях находится или в виде металлоорганических соединений легко извлекаемыми растворителями, или образует их в процессе экстракции. Определяющая роль органического вещества в накоплении микроэлементов вытекает и из анализа самих бактериальных матов. Большинство элементов в нем превышает уровень содержания в породах в 3 – 5 раз, а Ag, Cd, Sb, U в 10 – 15 раз. Имеющиеся у нас данные нейтронно-активационного и масс-спектрометрического анализов приведены к средним значениям и представлены на рисунке 5.

Рассматривая геохимическую характеристику пород, следует остановиться еще на одной их особенности, а именно присутствие в них повышенных содержаний кремнезема, независимо от того представлены они глинисто-карбонатными или чисто карбонатными образованиями.

В настоящее время развиваются представления об определяющей роли глубинных флюидов в существенном окремнении углеродсодержащих пород. В работе (Летников, 2005) образование глинисто-кремнистых отложений Западной Сибири связывается с флюидизацией истощенной мантии сравнительно низкотемпературными восстановленными газовыми системами, недонасыщенными Si, Al, K и Na, но с характерными мантийными «метками» – присутствием в составе Ni, Co, Cr, V, Pt, Pd, Au. Фильтруясь через земную кору, флюиды переводят в свой состав Si, Al, K, и Na за счет разложения кварца и алюмосиликатов кристаллического основания и приносят данные элементы в водную среду осадочных бассейнов, часть которых в силу низкой растворимости отлагается на их дне (Al_2O_3 , SiO_2), а часть остается в растворенном виде (Na, K). Продолжая данную логику можно объяснить как высокую металлоносность, так и широкий спектр микроэлементов в рассматриваемых углеродсодержащих породах, большинство которых в дальнейшем извлекается из морской воды в осадок в результате разнообразных процессов минералобразования, сорбции, восстановления, синтеза элементоорганических соединений и т.д.

Определяющая роль урана в формировании естественной радиоактивности доманиковых пород позволила использовать для выделения возможных путей поступления глубинных систем площадные карты вариаций гамма-поля верхнедевонских отложений, как в региональном плане, так и в пределах локальных объектов (месторождений), построенные с использованием диаграмм радиоактивного каротажа скважин.

Составление схем радиоактивности для ряда площадей ЮТС показало значительную дифференцированность наблюдаемого параметра, достигающая 20 – 25 μ . Причем

положение областей высоких значений не хаотично, имеет четко выраженную направленность и пространственную согласованность с кривизной рельефа поверхности кристаллического основания. Надо полагать, что разрывы, ограничивающие блоки фундамента, выражались в развитии устойчиво ориентированных зон трещиноватости. Приуроченность к ним повышенных значений радиоактивности пород свидетельствует о сопряженности во времени и пространстве седиментационных, геодинамических и миграционных процессов. Несмотря на широкий разнос материала места инъекций выделяются максимальным накоплением урана, а присутствие во флюиде, наряду с ураном, широкой гаммы других элементов приводило к формированию нетипичной для осадочного чехла геохимической аномалии в углерод-кремнистых карбонатных породах. Широкое развитие доманиковых фаций в пределах Волго-Уральской провинции свидетельствует о масштабности данного процесса. Таким образом, кристаллический фундамент и осадочный чехол выступают как взаимосвязанные элементы, представляющие единую флюидо-динамическую систему.

В качестве примера на рис. 6 приведена карта распределения аномальных полей интегрированных значений естественной и нейтронной гамма-активности пород доманиковых отложений Абдрахмановской площади, входящей в состав Ромашкинского нефтяного месторождения, в сопоставлении с рельефом кристаллического фундамента.

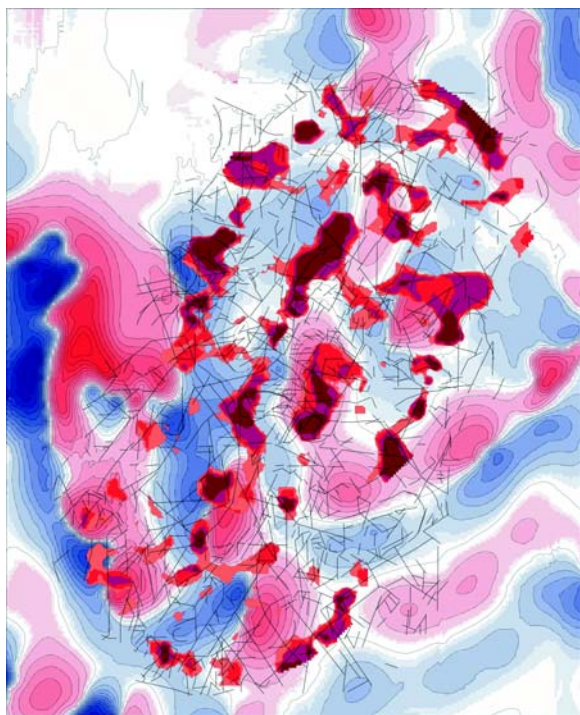
Вклад глубинных флюидов в формирование доманиковых отложений вытекает и из анализа данных по изотопно-

Площадь скважина	Название породы	U ppm	$\delta^{13}C$ карбоната ‰	$\delta^{13}C$ битумоида
Миннибаевская 20355	известняки	2,0	-4,7	-28,1
		10,5	-10,4	-29,4
		18,5	-13,2	-27,4
Новоелховская 8113	«	1,0	0,1	-27,9
		6,2	-8,6	-25,3
Бухарская 750	«	5,9	-8,6	-29,2
		13,3	-12,6	
В.Ленинградская 28955	«	1,3	-5,5	-29,4
			-12,2	-28,1
		10,7		
Новоелховская 20009, инт 3986 м	Кальцит прожилковый		-14,3	
		4153-4155		-13,9
		4360-4363		-16,4
		4827-4829		-16,9

Табл. 2. Ураноносность, изотопный состав углерода известняков, битумоидов из отложений доманика и прожилковых кальцитов из пород фундамента.

му составу углерода известняков, который значительно облегчен по сравнению с морскими карбонатами. Особенно ярко это облегчение выражено для тех образцов, в которых наблюдается повышенное содержание урана. В этих случаях $\delta^{13}C$ известняков снижается до – 13,2 ‰, что свидетельствует как о поступлении в целом в седиментационный бассейн «легкого» углерода, что подтверждается и данными по прожилковым кальцитам их кристаллического фундамента, так и значительном участии его в процессах карбонатобразования в областях инъекций. Ассимиляция CO_2 и CH_4 микроорганизмами привела к дальнейшему облегчению углерода ОБ и битумоидов (табл. 2).

Для определения источника металлов во флюидах были использованы данные по радионуклидной характеристике пород и битумоидов с использованием Rb-Sr и Sm-Nd систематик. Изотопный состав стронция морских вод палеозоя известен и определяется геодинамическим режимом развития регионов, то есть взаимодействием экзо-



Шкала локальной составляющей рельефа фундамента
 13 9 5 1-1 -5 9 -13

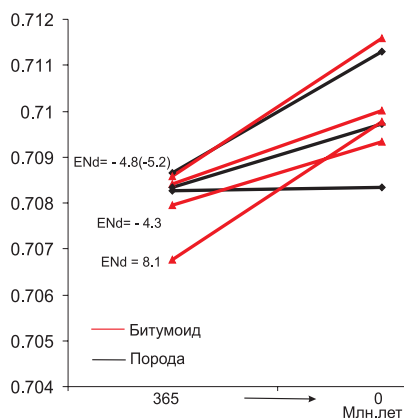
Рис. 6. Схема развития полей интегрированных значений естественной и нейтронной гамма-активности пород и локальной составляющей рельефа фундамента Абдрахмановской площади.

генных и эндогенных факторов. Был изучен состав стронция в чистом известняке, мергеле и аргиллите, а также в битумоидах из пород с различным содержанием урана. Как следует из табл. 3 и рис. 7 начальные значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в породах составляют 0,70827 – 0,70865, что соответствует значениям для вод верхнего девона (McArthur, Howarth, 2004). В эту область попадают и данные по двум битумоидам, что свидетельствует об относительном равновесии между минеральной составляющей осадка и органическим веществом. Вместе с тем, в двух пробах битумоидов отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ниже морских и составляет, соответственно, 0,7079 и 0,7068. Столь низкие начальные отношения стронция в битумоидах из пород девонского возраста могут быть обусловлены лишь участием эндогенных эманаций в формировании отложений подобного типа.

В отличие от стронция поступление редкоземельных элементов в бассейны седиментации происходит с континентов главным образом в виде взвеси, отражая состав пород областей сноса при времени пребывания в океанах порядка 300 лет. Из табл. 4 следует, что мергель и окремненная глинисто-

карбонатная порода, также как и битумоид из нее, близки между собой по

Рис. 7. Эволюция изотопного состава стронция и параметр эpsilon неодиима пород и битумоидов до момента формирования по настоящее время.



Вещество	Содержание, ppm		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (изм.)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,365)	E_{Sr}^T
	Sr	Rb				
Известняк	385	1,59	0,012±1	0,70833±6	0,70827	115
Мергель	285	30,1	0,3050±12	0,71001±3	0,70842	115,8
Аргиллит	14,5	257	0,510±3	0,71130±5	0,70865	120,5
Битумоид	0,16	1,55	0,296±19	0,70973±10	0,70833	115,9
Битумоид	3,77	0,808	0,621±1	0,711593±14	0,70859	119,6
Битумоид	1,81	0,17	0,2692±18	0,70934±6	0,70794	110
Битумоид	12	2,39	0,578±1	0,709764±13	0,70676	93,5

Табл. 3. Rb-Sr-изотопные данные пород и битумоидов.

Вещество	Содержание, ppm		$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$E_{\text{Nd}}^{(T)}$
	Nd	Sm			
Окремненный известняк	4.41	0.966	0.132	0.512230±7	-7.96(-4.9)
Мергель	24.1	4.9	0.123	0.512210±10	-8.3(-4.9)
Известняк	4.16	0.852	0.124	0.512261±10	-7.4(-3.9)
Битумоид	0.471	0.086	0.1105	0.512212±10	-8.3(-4.3)
Битумоид	2.302	0.153	0.0402	0.512681±10	0.84(8.2)

Табл. 4. Sm-Nd-изотопные данные пород и битумоидов.

изотопному составу неодиима (значение параметра $\epsilon_{\text{Nd}}^T = -4.8; -4.9; -4.3$). Вместе с тем, тонкозернистый урансодержащий известняк имеет более высокие значения $\epsilon_{\text{Nd}}^T = -3.9$, а битумоид углеродсодержащей породы, отображенной на максимальном пике значений гамма-каротажа, концентраций урана (35,8 г/т), а, следовательно, и с повышенным содержанием «водородных» REE, характеризуется начальными значениями параметра эpsilon неодиима, присущими деплетированным верхнемантийным источникам. ($\epsilon_{\text{Nd}}^T = 8.2$). Модельный возраст источника (T^{DM}), определенный для данной пробы, составляет 411 млн. лет, что соответствует времени тектоно-магматической активизации в пределах Восточно-Европейской платформы (Масляев, 2003; Грачев и др., 1994).

Полученные материалы позволяют сделать принципиальные выводы о том, что, во-первых, формирование доманиковых пород происходило при участии эндогенной составляющей, во-вторых, глубинные газовые эманации, поступающие в бассейн седиментации, имели частично восстановленный характер, а их источником являлись области (каналы) остывающих основных магм, выплавление которых в среднем девоне происходило из деплетированного мантийного резервуара.

Литература

Грачев А.Ф. Мантийные плюмы и биологические катастрофы в истории Земли. *Метийные плюмы и геодинамика*. М. 1998. 70-76
 Грачев А.Ф., Николаев В.Г., Сеславинский К.Б. *Материалы Межд. Совещ.: «Внутриплитная тектоника и геодинамика осадочных бассейнов»*, фонд «Наука России», Гео-инвекс. М. 1994. 5-42
 Добрецов Н.Л. Мантийные суперплюмы как причины главной геологической периодичности и глобальных перестроек. *ДАН*. № 6. 1997. 797-800.
 Летников Ф.А. Флюидный механизм деструкции континентальной земной коры и формирование осадочных нефтегазоносных бассейнов. *ДАН РФ*. № 2. т. 401. 2005. 205-207.
 Макмод М. Причины массового вымирания организмов, статистическая оценка многофакторных сценариев. *Геология и геофизика*. № 9. т. 46. 2005. 993-1001.
 Масляев Г.А. Стадии пульсационной эндогенной активизации литосферы Русской платформы на плитном этапе ее эволюции. *ДАН*. № 3. т. 391. 2003. 357-360;
 Неручев С.Г. Глобальные геохимические аномалии на рубежах активных изменений органического мира. *Геология и геофизика*. № 6. 1986. 25-32.
 Тэйлор С.Р., Мак-Леннан С.М. *Континентальная кора ее состав и эволюция*. М. Мир. 1988.
 Evensen N.H., Hamilton P.J., O'Nions R.K. *Geochim. Cosmochim. Acta*. v. 42. 1978. 1199-1212.
 McArthur J. M., and Howarth R.J. *Strontium isotope stratigraphy*. (F. Gradstein, J. Ogg, A.G Smith eds.) *A geologic time scale*. Cambridge University Press. 2004. 96-105.

