

## НЕФТЕГАЗОНОСНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ДОМАНИКОВОГО ТИПА – РЕЗЕРВ ПОДДЕРЖАНИЯ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОМЫШЛЕННО ОСВОЕННЫХ РАЙОНАХ

Тимано-Печорская и Волго-Уральская провинции Восточно-Европейской платформы относятся к промышленно освоенным районам нефтедобычи с ухудшающейся структурой остаточных запасов углеводородов, что вынуждает искать новые резервы роста сырьевой базы, в том числе в нетрадиционных источниках углеводородов – сланцевых толщах. Первоочередными для изучения и оценки на их территориях являются комплексы доманиковых и доманикоидных сланцевых отложений.

*Ключевые слова:* нефтегазоносные сланцевые отложения, доманиковый тип отложений, доманикоиды, углеводороды, Восточно-Европейская платформа.

Сланцевые комплексы России характеризуются огромным многообразием как по возрастным, коллекторским и литологическим свойствам пород, вмещающих углеводороды, так и собственно составу и формам органического вещества (керогена) и непосредственно нефти и газа, в них содержащихся. Однако в России низкий уровень изученности сланцевых комплексов связан с тем, что для надежной оценки требуется существенный объем бурения глубоких поисковых и оценочных скважин, проведение в них специальных технических мероприятий и видов исследований, существенно отличающихся от традиционных.

До применения новых технологий горизонтального бурения и многостадийного разрыва пласта добыча нефти и газа из сланцевых формаций в США не была экономически выгодной, только благодаря использованию новейших технологий и произошла широко обсуждаемая «сланцевая революция» (Прищепа, Аверьянова, 2013). Речь идет как о газе, так и о нефти. Очевидно для всех, что, имея высокую степень изученности осадочных бассей-

нов (в некоторых штатах США она достигает 400 м/кв. км), американцы знали, из каких сланцевых отложений можно извлекать нефть и газ, для чего и были разработаны специальные технологии добычи, которые совершенствуются и поныне. Начав 30 лет назад с бурения на сланцевых полях мелких скважин, США к 2010 г., используя горизонтальное многоступенчатое разрывное бурение, добыли из сланцевых формаций почти 70 млрд. куб. м газа. В США к 2013 г. выявлено более 20 полей развития сланцевых формаций, в различной степени перспективных для открытия в них углеводородов. Извлекаемая нефть сланцевых формаций США (23 сланцевых поля в 48 штатах) оценивается геологической службой страны в 7,82 млрд. т (EIA, 2013).

Также очевидно, что в России до сих пор не принята программа изучения и оценки перспективных нефтегазоносных сланцевых формаций в основных нефтегазоносных провинциях страны. В противовес американской степени изученности, в России этот показатель в 20 раз ниже.

Несомненна необходимость комплексного подхода к проблеме выявления нетрадиционных резервуаров нефти и газа, а также нетрадиционных источников углеводородов, о чем свидетельствует положительный американский опыт.

Отличие нетрадиционных ресурсов углеводородов от традиционных, в широком смысле, состоит, в первую очередь, в том, что добыча их обходится гораздо дороже по сравнению с традиционными (Прищепа, Аверьянова, 2013). Важнейшим аспектом с точки зрения технологии разработки является подвижность УВ. С этих позиций нетрадиционные УВ можно подразделить на две основные группы.

К первой относятся подвижные нефть и газ. Для их извлече-

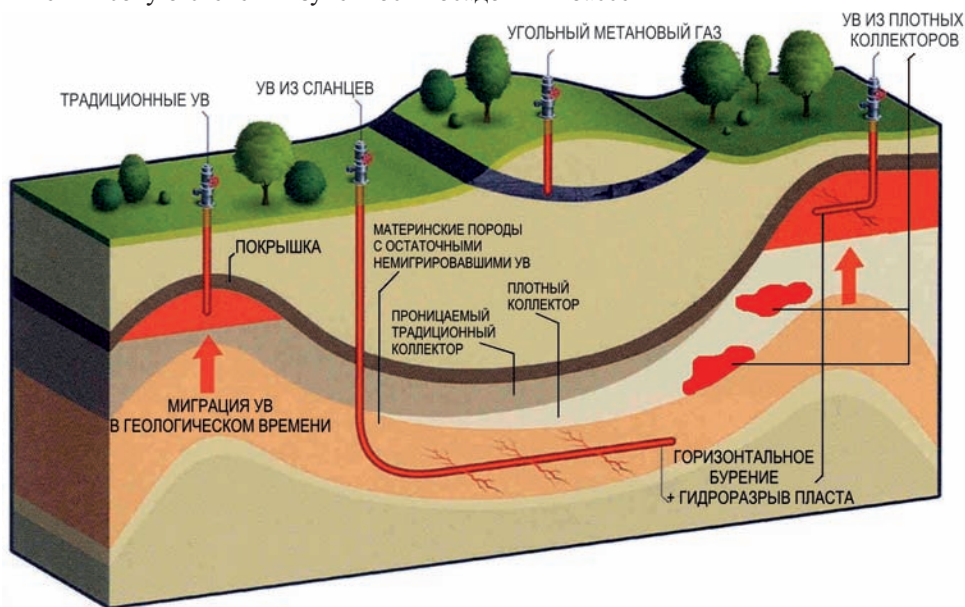


Рис. 1. Унифицированная схема распространения углеводородов в различных резервуарах (Total, 2012, с изменениями и дополнениями).

ния имеются современные эффективные технологии освоения, обеспечивающие себестоимость добычи ниже текущего мирового уровня цен или приближающуюся к ним.

Ко второй группе относится неподвижная или плохо подвижная часть углеводородного сырья. Для ее добычи нужны дополнительные технические средства или специальные технологии, обеспечивающие не только извлечение углеводородов из недр, но также их переработку и транспортировку, которые требуют огромных затрат. Возможность вовлечения в промышленное использование часто зависит не только от потенциала углеводородов и экономических показателей его разведки и освоения, но и от комплекса условий: доминирующие геолого-технические, также географо-экономические, социальные, конъюнктурные, стратегические и, что крайне важно в густонаселенных районах страны, – экологические факторы. Не-

подвижность в недрах нетрадиционного сырья может быть связана как с его качеством, так и с геолого-промысловыми свойствами вмещающей продуктивной среды.

Важно понимать, о каких резервуарах и углеводородах идет речь, когда обсуждаются нетрадиционные УВ, разрабатываемые в США, и есть ли их аналоги в России. Так, в США разрабатываются так называемые «shale oil & gas», «tight oil & gas» и начинается разработка «oil shale».

Сланцевые нефть и газ («shale oil & gas») разрабатывают из нефтегазоматеринских толщ, генерировавших углеводороды, которые не мигрировали либо частично мигрировали в традиционно/нетрадиционные резервуары. Нетрадиционные резервуары представляют собой породы плохопроницаемые, часто низкопоровые, к которым можно отнести плотные песчаники и карбонаты, мергели, аргиллиты и сланцы. Добытые из таких резервуаров нефть и газ называют «tight oil & gas». С другой стороны,

нефтематеринские породы, которые «не дошли» до стадии нефтегазогенерации содержат достаточное количество керогена, который после нагрева при температурах порядка 300-500°C в отсутствие кислорода (пиролиз) перегоняется в нефть и газ («oil shale»).

Добыча нефти из плотных пород в США резко возросла в 2010 г. и связана главным образом с активной разработкой формации Баккен. В 2012 г. она составила 94,3 млн. т (около 30% всех добываемых в стране жидких углеводородов) (EIA, 2013). Формация Баккен является ярким примером самодостаточной нефтегазоносной формации, в которой представлены нефтематеринские породы, традиционные/нетрадиционные коллекторы и сланцы, содержащие кероген.

Важной отличительной особенностью традиционных залежей от скоплений в сланцевых («shale reservoir») и в плотных («tight reservoir») коллекторах является то, что последние образуют так называемые залежи непрерывного типа (Морариу, Аверьянова, 2013). Они не контролируются структурными, стратиграфическими, литологическими и прочими традиционными факторами. Отсутствует и не фиксируется ограничивающий подошву залежи водонефтяной контакт. При этом в целом же, для нефтегазовых систем непрерывного типа в сланцевых низкопроницаемых коллекторах (развитых в нефтегазоматеринской толще) флюидоупоры, ограничивающие толщу, как правило, развиты сверху и снизу.

Современные технологии буре-

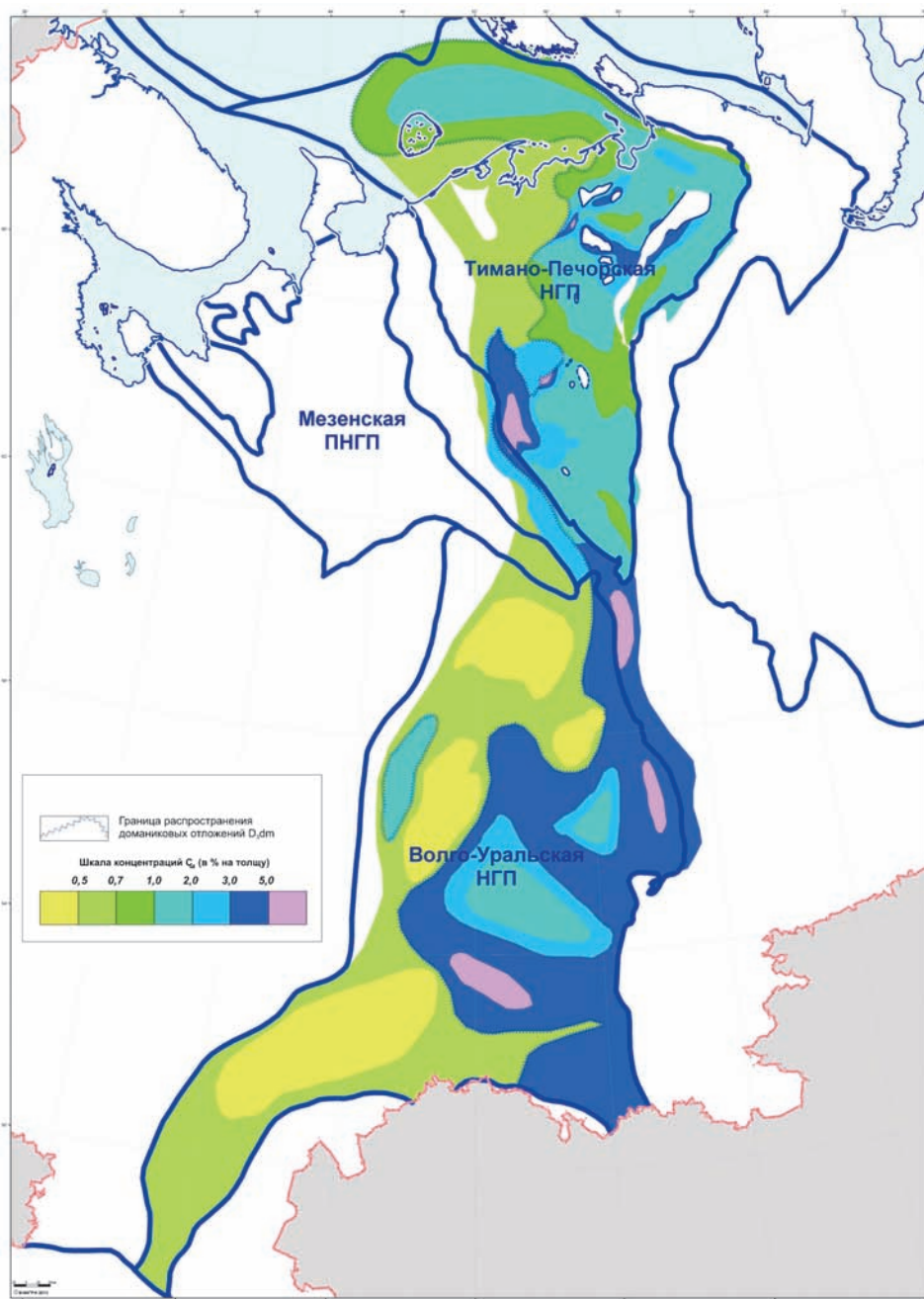


Рис. 2. Карта распространения доманиковых (сланцевых) отложений в восточной части Восточно-Европейской платформы (ФГУП «ВНИГРИ», 2013).

ния горизонтальных скважин, совмещенные с многостадийными гидроразрывами пластов, применимы для освоения широкого спектра нетрадиционных запасов УВ как непосредственно из толщ нефте- и газоматеринских пород, так и из вышележащих или замещающих по латерали низкопоровых и низкопроницаемых коллекторов.

На всех известных схемах применения новых технологий освоения нетрадиционных типов скоплений (Рис. 1) показаны: традиционные скопления (залежи), расположенные в верхней части резервуара под флюидоупором, содержащие нефть и газ, генерированные в расположенной ниже нефтегазоматеринской толще и перемещенные в коллектор (эмигрировавшие) («conventional natural gas & oil»); нетрадиционные нефтегазовые скопления, расположенные непосредственно в нефтегазогенерирующей толще, содержащие УВ в рассеянном состоянии, микроскопления и скопления в наиболее проницаемых и пористых разностях, в зонах трещиноватости и разуплотнения («shale oil & gas»); нетрадиционные нефтегазовые скопления и системы, расположенные в полукolleкторе (ложной крышке) и непосредственно неконтролируемые флюидоупором, генерированные в расположенной ниже нефтегазоматеринской толще и перемещенные (эмигрировавшие) в низкопроницаемый коллектор («tight oil & gas»).

Несмотря на многочисленные существующие оценки объемов российских «сланцевого газа и сланцевой нефти», в большинстве случаев они сводятся к весьма приблизительным оценкам объемов сланцевых пород и «средней концентрации» газа или нефти в них, полученных по значениям из ограниченного количества скважин, пробуренных с целью поиска традиционных скоплений УВ, что трудно назвать надежной или, тем более, достоверной оценкой и, по сути, свидетельствует о гипотетической возможности сделать такую оценку в будущем.

Первоочередными объектами исследований в России

по газу и нефти в низкопоровых коллекторах (сланцевых толщах) должны рассматриваться нефтематеринские породы хорошо изученных нефтегазоносных провинций при наличии большого количества геолого-геофизических и геохимических материалов и высокой степени разбуренности осадочных толщ (Табл. 1).

Сегодня наиболее интересными для изучения на территории Европейской части России (в Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинциях) являются комплексы доманиковых и доманикоидных сланцевых отложений различного типа (Рис. 2). Их формирование связано с длительными этапами трансгрессирующего моря, а формирование происходило в сравнительно глубоководной части морского осадочного бассейна (и/или мористой мелководной части затопляемой на стадии трансгрессии), для которой характерна низкая скорость седиментации и небольшое количество поступающего терригенно-карбонатного материала. Самыми перспективными нефтегазоматеринскими отложениями в ТПП считаются отложения доманикового горизонта верхнего девона, обогащенные ОВ морского генезиса.

Они выделяются в доманиковые фации и отличаются самым высоким содержанием в них органических остатков преимущественно зоо- и фитопланктонного состава, служащих источниками УВ. Именно они считаются основными нефтегазоматеринскими и генерирующими УВ отложениями в ТПП.

Специфика отложений доманикового типа заключается в их принципиальной возможности генерировать углеводороды, способные к эмиграции (перемещению в вышележащие и совмещенные толщи), и сохранению (аккумуляции) генерированных в этой толще углеводородов при относительно недалеком их перемещении, т.е. практически в одном месте. При наличии качественных экранирующих слоев над и под горизонтом, обогащенным ОВ в пе-

Регион	Толщи (свиты) способные содержать сланцевые УВ	Возраст отложений	Площадь распространения, км <sup>2</sup>	Эффективная мощность отложений (м)	Эталонный участок // удельная плотность ресурсов (млн. м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup> )	Коэффициент аналогий	Ресурсы, газ (млрд. м <sup>3</sup> )
Восточная Сибирь	малгинская, шунтарская, аянская	рифей	119373	20	Вудфорд // 10,5	0,1	125
Восточная-Сибирь	куонамская	ранний кембрий	274504	30	Вудфорд // 10,5	0,1	288
Западная Сибирь	куонамская	ранний кембрий	62578	30	Вудфорд // 10,5	0,1	65
Восточная Сибирь	граптолитовые сланцы	ранний силур	73606	20	Энтрим // 19,3	0,2	284
Русская плита	доманик	поздний девон	236576	30	Энтрим // 19,3	0,1	457
Западная Сибирь	баженовская, яновстанская	поздняя юра	561384	35	Хейнесвил // 30,4	0,3	5119
Предкавказье	кумская, худумская	эоцен олигоцен	285945	100	Файеттвил // 52,0	0,2	2974
Сахалин Камчатка	даехуреинская уйминская вивентекская кулувинская	неоген	46197	100	Файеттвил // 52,0	0,1	240

Табл. 1. Оценка ресурсов с применением эталонов сланцевого газа основных нефтегазоматеринских формаций России.

риод фазы нефтегазогенерации и после нее, образовавшиеся УВ способствуют «консервации» оставшихся или сформированных коллекторов, и, соответственно, в отложениях доманикового типа образуются залежи традиционного типа на месте генерации, нередко с АВПД (например, Салым в Западной Сибири). При отсутствии верхней и/или нижней покрывок происходит отток флюидов вверх

или вниз. В результате доманиковые отложения значительно уплотняются, теряют традиционные коллекторские свойства и могут быть отнесены к нетрадиционным источникам УВ, либо покрывкам. Этот аспект до сих пор не рассматривается ни в процессе проведения ГРП, ни при лицензировании. Поэтому при изучении скоплений в отложениях доманикового типа необходимо привлечение дан-

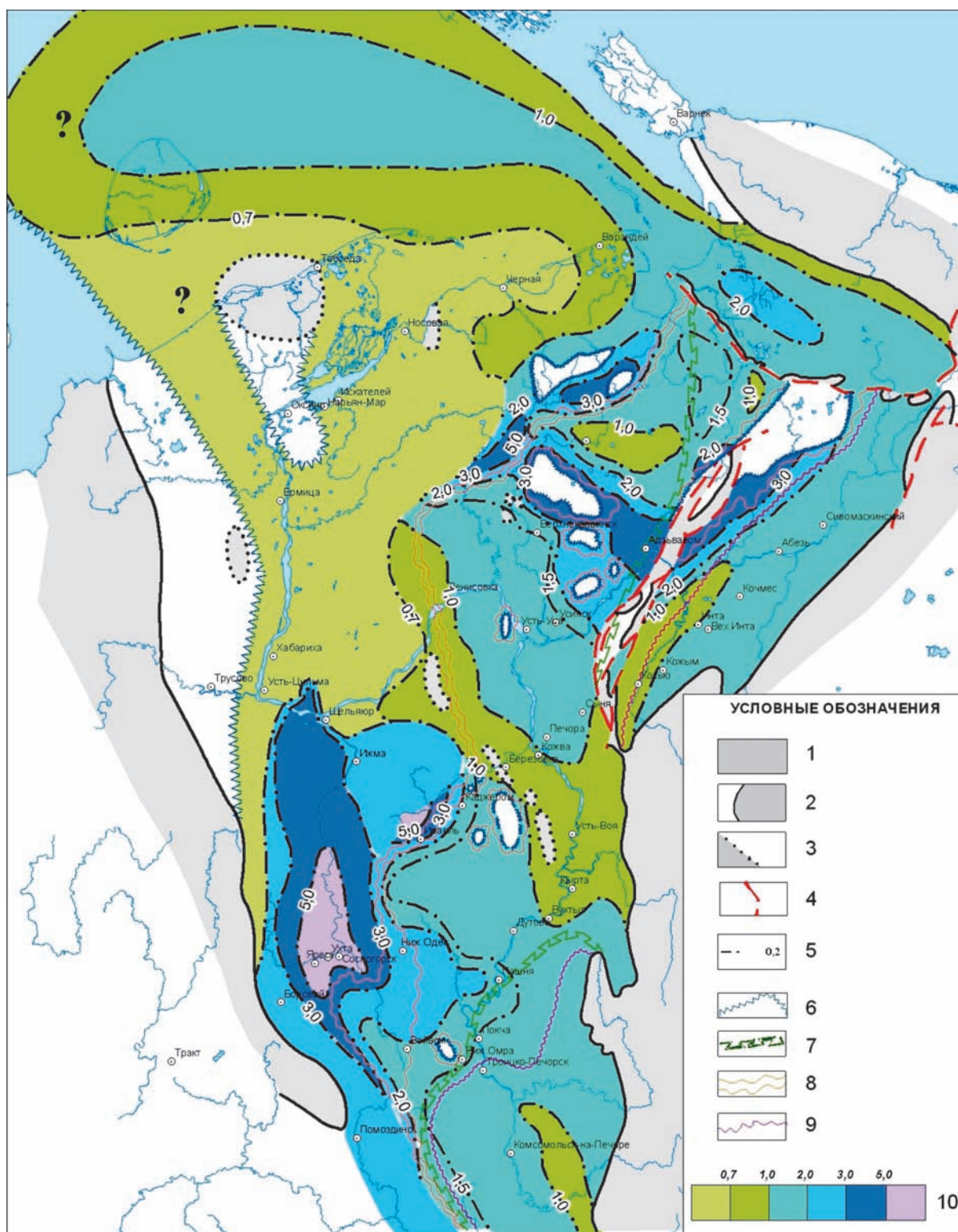


Рис. 3. Развитие доманикового (сланцевого) комплекса в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ФГУП «ВНИГРИ», 2013). 1 – области отсутствия отложений; 2 – обобщенный контур современного размыва отложений; 3 – граница древнего размыва отложений; 4 – дизъюнктивные нарушения; 5 – линии равных концентраций СНК, (в % на толщ); 6-9 – фронтальные границы замещения депрессионных отложений рифогенными и банковыми: 6 – D3sm, 7 – D3fm1(zd), 8 – D3src, D3uch, в общем D3f2, 9 – D3fm2; 10 – шкала концентраций СНК, (в % на толщ).

ных по традиционным и нетрадиционным коллекторам и, соответственно, по подстилающим и перекрывающим толщам.

Наиболее богатой нефтегазогенерирующей толщей традиционно в ТПП считаются отложения доманикового горизонта верхнего девона (Рис. 3), а также вышележащие фациальные аналоги, обогащенные ОВ морского генезиса. Они выделяются в группу отложений доманикового типа и отличаются самым высоким содержанием в них органических остатков преимущественно зоо- и фитопланктонного состава, которые служат источниками УВ. Наиболее обогащенные органическим веществом породы – объединяются в группу доманикоидов (Сорг 0,5-5%) и доманикитов (Сорг 5-25 %).

Нетрадиционные коллекторы часто приурочены к наиболее погруженным и удаленным от берега участкам седиментационного бассейна, где осаждались в основном глинистые частицы и органическое вещество. Для таких коллекторов не разработаны критерии прогноза нефтегазоносности объектов для постановки на них поисково-разведочного бурения, отсутствует прогнозирование продуктивных горизонтов доманикоидных отложений по простиранию.

В общем комплексе исследований, направленных на прогноз нефтегазоносности доманиковых отложений, существенную роль играют геохимические методы.

На любых уровнях геохимических исследований первоочередная задача при выявлении наличия нефтегазообразования в нефтегазоматеринских толщах – определение фациально-генетического состава ОВ. Для прогнозирования границ зон нефтегазообразования и фазового состояния УВ в недрах необходимо учитывать фациальные и генетические разновидности ОВ, его тип и содержание в породе, характер и особенности катагенеза ОВ.

Большую роль играют термобарические условия доманикоидных толщ. Как показывает практика, для оценки уровня катагенеза доманиковых отложений специалисты в настоящее время руководствуются данными разных методов. Поэтому одной из задач настоящей работы является выбор оптимального из них для конкретной геологической ситуации.

Важное значение имеют наличие и качество экраняющих толщ над и под доманикитами. Ими определяется возможность формирования традиционных залежей УВ в этих породах или миграция основного объема флюидов в другие отложения. При этом в доманикоидных породах остаются трудноизвлекаемые малоподвижные углеводороды, требующие специальных методик изучения и разработки. Результаты исследований доманиковых отложений могут послужить основанием для пересмотра существующих оценок ресурсного потенциала, выявления и обоснования наиболее перспективных участков с ожидаемыми традиционными залежами для проведения дальнейших геологоразведочных работ и лицензирования недр в пределах Тимано-Печорской и Волго-Уральской нефтегазоносных провинций.

Оценка указанных сланцевых толщ на сегодняшний день не выполнена. Сегодня силами крупных нефтегазодобывающих компаний, имеющих богатый опыт изучения «сланцевых» формаций мира (Shell, Conoco-Phillips) проводятся исследования по оценке потенциала на тер-

ритории обозначенных бассейнов. При этом необходимость изучения именно нетрадиционных источников УВ (в первую очередь сланцевых формаций) в России декларируется уже на уровне стратегических разработок правительства.

## Литература

Морариу Д., Аверьянова О.Ю. Некоторые аспекты нефтеносности сланцев: понятийная база, возможности оценки и поиск технологий извлечения нефти. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2013. Т.8. №1. [http://www.ngtp.ru/rub/9/3\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/3_2013.pdf)

Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю. К обсуждению понятийной базы нетрадиционных источников нефти и газа – сланцевых толщ. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2013. Т.8. №3. [http://www.ngtp.ru/rub/9/27\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/27_2013.pdf)

Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю. Роль нетрадиционных источников углеводородного сырья в минерально-сырьевой политике. Минеральные ресурсы России. *Экономика и управление*. 2013. №1. С.21-24.

EIA. U.S. Energy Information Administration. Дата доступа: март 2013. URL: <https://www.eia.gov/>

О.М. Prischepa, O.Yu. Averyanova, A.M. Zharkov. **Oil and gas deposits of Domanic type – a reserve to maintain hydrocarbons production in commercially developed areas**

Timan-Pechora and Volga-Ural provinces of Eastern European platform are referred to industrial developed areas of oil production with the deteriorating structure of residual hydrocarbon reserves, forcing to search for new reserves of raw materials growth, including unconventional sources of hydrocarbons – shale strata. The top priority for the study and evaluation of their territories are complexes of Domanic and Domanician shale deposits.

Keywords: oil and gas shale deposits, Domanic type of deposits, domanicoids, hydrocarbons, East European platform.

*Олег Михайлович Прищепа*

Доктор геолого-минералогических наук. Генеральный директор Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»).

Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 39,  
тел.: (812) 273-43-83.

*Оксана Юрьевна Аверьянова*

Руководитель информационно-издательской группы Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), ответственный редактор научного электронного журнала «Нефтегазовая геология. Теория и практика».

Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 39,  
тел.: (812) 273-61-47.

*Александр Михайлович Жарков*

Доктор геолого-минералогических наук. Заведующий отделом анализа эффективности ГРП и перспектив освоения УВ Приволжского, Южного и Уральского ФО России Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»).

Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 39,  
тел.: (812) 719-80-06.