

## **ПОНЯТИЙНАЯ БАЗА И ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ОБЪЕКТЫ НЕТРАДИЦИОННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

О.М. Прищепа, О.Ю. Аверьянова  
ФГУП «ВНИГРИ», e-mail: ins@vnigri.ru

В последнее время добыча нефти в России достигла и даже превысила запланированные показатели по самым благоприятным вариантам развития, предусмотренным стратегическими документами. Значительно хуже складывается ситуация с воспроизводством запасов углеводородов (УВ) и, тем более, с расширением сырьевой базы как в России в целом, так и в отдельных ее регионах.

Сокращение активных запасов нефти в традиционных районах добычи приводит к необходимости изучения новых районов со сложным геологическим строением, а также ведения поисков резервов добычи, в том числе освоения трудноизвлекаемых запасов. Поэтому в последнее время все большее внимание уделяется наращиванию сырьевой базы нефти за счет нетрадиционных источников УВ.

Единого подхода к разделению скоплений УВ на традиционные и нетрадиционные в России официально не закреплено (Прищепа, Аверьянова, 2013б). При этом отнесение к группе трудноизвлекаемых, выделяемых в действующей классификации и учитываемой в Государственном балансе РФ, проводится по одному из показателей, а не по их совокупности (свойств нефтей или свойств коллектора, не учитывающих их совокупность).

Понятие традиционных и нетрадиционных ресурсов УВ не имеет однозначного определения. Большинство исследователей, понимая, что природные процессы и образования часто не имеют четких разграничений, предлагают использовать при определении нетрадиционных запасов и ресурсов такие понятия, как трудноизвлекаемые запасы, добычной потенциал которых практически не используется (по сути, мало чем отличающиеся от традиционных запасов нефти и газа, за исключением ухудшения их геолого-промысловых характеристик), и собственно нетрадиционные ресурсы УВ, к которым относятся принципиально отличные от традиционных как по физико-химическим свойствам УВ, так и по формам и характеру их размещения во вмещающей породе (среде).

В широком смысле, нетрадиционные – это гораздо более «дорогие» ресурсы УВ, по сравнению с традиционными. Поэтому часто при отнесении к тем или иным группам

сырья рассматриваются не только сугубо геологические и геолого-технические причины, но и, например, географо-экономические, социальные, конъюнктурные, стратегические и пр.

С точки зрения технологии извлечения наиболее емкое определение делит все виды УВ на:

- подвижную нефть и газ в недрах, для извлечения которых имеются современные эффективные технологии освоения, обеспечивающие себестоимость добычи ниже текущего мирового уровня цен на УВ;

- неподвижную или плохо подвижную часть УВ сырья в термодинамических условиях недр, для добычи которой нужны дополнительные технические средства или специальные технологии, обеспечивающие не только его извлечение из недр, но также и его переработку и даже транспорт. Неподвижность в недрах нетрадиционного УВ сырья может быть связана как с его качеством, так и, как уже указывалось, с геолого-промысловыми свойствами вмещающей продуктивной среды.

К группе традиционных, но малоиспользуемых источников УВ относятся (Лисовский, Халимов, 2009): по нефти – трудноизвлекаемые нефти, сверхвысокая нефть и природные битумы, запасы нефтяных оторочек газонефтяных залежей, нерентабельные, технически недоступные, возвратные; по газу – заземленный, низконапорный и отчасти попутный.

В отдельную группу выделяются не востребуемые запасы (О.М. Прищепа, 2009 г.; Прищепа, Халимов, 2011). К ним отнесены запасы неразрабатываемых горизонтов месторождений, вовлеченных в освоение, запасы законсервированных месторождений (как после этапа освоения, так и без него), запасы на участках санитарных, водоохраных и прочих ограничений, малодобитные, мелкие и мельчайшие по крупности скопления запасы. Большая часть таких уже разведанных запасов находится в хорошо освоенных регионах – Уральском (70,4%), Приволжском (10,3%) и Северо-Западном ФО (7,7%).

Несмотря на разнообразие подходов, в отдельную группу обособлены трудноизвлекаемые нефти (аномальные по свойствам, расположенные в неблагоприятных коллекторах, в контактных зонах, в труднодоступных горно-геологических условиях, остаточные запасы выработанных залежей). Их можно разделить, в свою очередь, на три основные группы:

- тяжелые высоковязкие нефти, природные битумы и битуминозные пески. К этой категории относятся нефти с плотностью более  $904 \text{ кг/м}^3$ . В России их геологические

запасы оцениваются в млрд т. Основная доля запасов такой нефти промышленных категорий сосредоточена в Западно-Сибирской, Волго-Уральской, Тимано-Печорской нефтегазоносных провинциях (ТПП). Эти нефти часто обогащены ценными примесями, и освоение их должно быть комплексным;

– нефть и газ в сложных коллекторах с низким коэффициентом извлечения, угольные газы, нефти и газы в глинистых трещиноватых коллекторах (типа доманиковых отложений), плотных песчаниках, глинистых сланцах, меловых породах, породах промежуточного комплекса и др.;

– остаточные запасы УВ в нерационально освоенных месторождениях с осложненными геолого-промысловыми условиями. Такими «недоосвоенными» ресурсами богаты Урало-Поволжье, Предкавказье, ТПП. Характерным примером также является Оренбургское газоконденсатное месторождение.

Большая часть мероприятий, также как и предложений по стимулированию добычи, направлена исключительно на указанную выше группу – трудноизвлекаемых нефтей и газов. Собственно же нетрадиционные ресурсы УВ находятся на втором плане внимания.

В перечень собственно нетрадиционных источников УВ (Нетрадиционные источники..., 1989) следует отнести нефти и газы черносланцевых комплексов. Объемы, как самих сланцевых комплексов, так и возможного содержания в них УВ сегодня в России не оценены, поскольку для проведения такой оценки требуется существенный объем бурения глубоких скважин и проведения в них специальных технических мероприятий. Несмотря на предпринимаемые попытки оценить объемы «сланцевого газа», в большинстве случаев они сводятся к весьма приблизительной оценке объемов сланцевых комплексов и «средней концентрации» газа в них, что является несравненно менее надежным, чем, например, количественные оценки прогнозных ресурсов УВ и, тем более, не позволяют оценить их промышленную значимость.

При всем сегодняшнем внимании наиболее неоднозначными понятиями нетрадиционных источников УВ, которые при этом широко используются как в популярной, так и специальной литературе в России, являются такие, как «сланцевая нефть» и «сланцевый газ». Неоднозначность понятия распространяется как непосредственно на вмещающие УВ породы, различающиеся по составу (глины, мергели, сланцы, глинистые известняки, и т. д.), коллекторским свойствам (низкопоровый

коллектор, не коллектор, плохо проницаемый коллектор, и т. д.), так и на собственно состав и формы залегания УВ.

Существует большая неоднозначность в понятийной базе «сланцевой» нефти и газа, используемой в России (Прищепа, Аверьянова, 2013а). Авторами для нетрадиционных непрерывных УВ скоплений предлагается использовать следующие термины, соответствующие англоязычным: «oil shale» – сланец, содержащий кероген, «shale oil» – нефть глинистых сланцев; «shale gas» – газ глинистых сланцев; «tight oil» – нефть низкопроницаемых (плотных) пород = низкопроницаемый полуколлектор, содержащий нефть; «tight gas» – газ плотных пород = низкопроницаемая (плотная) порода, содержащая газ.

Важнейшей характеристикой, принципиально отличающей традиционные скопления от нетрадиционных, особенно применительно для сланцевых разнофациальных комплексов, является система контроля (отсутствие ловушки в традиционном понимании и залежи как таковой, контролируемой этой ловушкой). Наиболее приемлемое понятие, которое можно использовать для нетрадиционных скоплений, – непрерывная нефтегазовая система, включающая рассеянные УВ, содержащиеся в породах с низкой проницаемостью матрицы вне зависимости от проницаемости трещин (естественной или в результате использования методов стимуляции для добычи). Эта система не имеет четко определенных по падению водо-нефтяных контактов, и они не локализованы плавучестью нефти или природного газа в воде. Отсутствует контроль распространения системы, связанный с наличием структурного или стратиграфического фактора. Флюидоупоры развиты, как правило, и сверху, и снизу нефтегазовой системы. Примерами непрерывных скоплений являются плотные газовые коллекторы, газ угольных пластов, нефть и газ в сланцевых и глинисто-карбонатных породах. В отличие от традиционной добычи, добыча нефти из непрерывной нефтегазовой системы обычно требует применения горизонтального, совмещенного с методами стимулирования, отбора нефти и, в меньшей мере, вертикального бурения (Морариу, Аверьянова, 2013).

Опережающее изучение нетрадиционных УВ является требованием сегодняшнего дня, а освоение их будет зависеть от экономических условий и технических возможностей. Первоочередные объекты изучения – нефтегазоносные сланцевые толщи в Западной Сибири – баженовская свита, в европейской части России – доманиковая формация.

Почти все крупные добывающие компании имеют свои пилотные проекты изучения сланцевых комплексов в России, многие работают в кооперации с ведущими мировыми компаниями. Сегодня основные проекты – баженовская свита и ее аналоги в Западной Сибири.

В европейской части, в пределах Восточно-Европейской платформы, широко известны нефтегазоносные сланцевые толщи. В восточной части платформы – это нефтегазоматеринские толщи доманика и доманикоидов (рис. 1).

Доманиковая формация – самостоятельный объект поиска и оценки залежей УВ в Тимано-Печорской и Волго-Уральской провинциях. Площадь распространения формации только в ТПП превышает 200 тыс. км<sup>2</sup>. Стратиграфически отложения доманиковой формации приурочены к отложениям франского и фаменского ярусов верхнего девона (от семилукского горизонта до фаменского яруса).

Отложения доманикового типа образовались в морском бассейне в результате длительного некомпенсированного прогибания с низкими скоростями седиментации. Они представлены темными битуминозными сланцами, переслаиваемыми с темными битуминозными известняками местами окремненными (рис. 2–4). Отмечается высокое содержание органического вещества сопропелевого типа (СНК – 0,5–40%). По содержанию СНК различают доманикиты (5–22%) и доманикоиды (0,5–5%).

В нефтегазоносной ТПП доманик вскрыт большим количеством глубоких скважин. Геохимические базы данных накоплены у ВНИГРИ, ТП НИЦ, ИГ УрО РАН, МГУ, ВНИГНИ и включают тысячи анализов из доманика и доманикитов. Только во ФГУП «ВНИГРИ» (г. Санкт-Петербург) и ТП НИЦ (г. Ухта) описаны детальные разрезы естественных обнажений доманика и его фациальных аналогов, выполнены литолого-фациальные исследования керн по более чем 300 скважинам, биостратиграфический анализ – по более чем 1400 образцам, геохимические исследования – по более чем 100 скважинам (более чем 600 образцам).

Преимуществом доманика в ТПП является возможность его геохимического изучения в естественных обнажениях (рис. 5).

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

Безусловно, оценка объемов ресурсов УВ, как сохранных в толще генерации (доманикитах), так и выдавленных их нее на разных этапах катагенеза, требует уточнения. При этом объем ресурсов доманикоидной формации ТПП, оцененной по методу геологических аналогий в соответствии с количественной оценкой ресурсов, по состоянию на 01.01.2009 г., был оценен по нефти в 3,4 млрд т, по газу в – 0,25 трлн м<sup>3</sup>.

Во ФГУП «ВНИГРИ» (г. Санкт-Петербург), стоявшего у истоков разработки балансовой модели нефтегазообразования, была выполнена в 2013 г. оценка масштабов эмиграции УВ из доманикоидных отложений семилукско-турнейского (D3dm-C1t) нефтегазоносного комплекса. Объемы для жидких УВ оценены от 41 до 120 млрд т, а для газообразных – от 11 до 40 трлн м<sup>3</sup>. Часть этого объема была рассеяна, часть мигрировала по транзитным толщам в зоны аккумуляции УВ, а часть была сохранена как в самой генерирующей толще (в ее более проницаемых частях, карбонатных и терригенных пропластках), так и в сопряженных с ней низкопроницаемых коллекторах. При сегодняшней изученности весьма проблематично оценить как коэффициенты сохранности, так и аккумуляции. Если принять коэффициент сохранности на уровне 10%, то оценка потенциала УВ составит от 5 до 16 млрд т у. т., а плотность ресурсов по зоне развития доманикоидов – 25–80 тыс. т/км<sup>2</sup>.

Необходимость изучения именно нетрадиционных источников УВ (в первую очередь, сланцевых формаций) в России декларируется на самом высоком уровне и включается в стратегические разработки правительства.

Первоочередные шаги по изучению и освоению нетрадиционных УВ также довольно очевидны. Они были определены Минприроды РФ, по заказу которого ФГУП «ВНИГРИ» проводил следующие работы:

1. Разработка и реализация научно-производственной программы изучения нетрадиционных УВ.
2. Разработка программы опережающей оценки (на специальных полигонах). Первоочередные по сланцевому газу и нефти и низкопоровым коллекторам – баженовская свита в Западной Сибири и доманикоиды Тимано-Печорской и Волго-Уральской НГП.
3. Разработка учетных кондиций, утверждение методик и постановка оцененных запасов на учет (баланс).
4. Стимулирование опытных работ недропользователей по разработке методов как оценки, так и извлечения УВ.

5. Выделение опытных полигонов в нефтегазосланцевых перспективных районах, имеющих опыт инновационных разработок и обеспеченных инфраструктурой.

Проведение комплекса мероприятий наряду с учетом опыта компаний, ведущих освоение сланцевых скоплений УВ, позволит рассматривать их не как умозрительные ресурсы будущего, а как объект промышленного освоения среднесрочной перспективы.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Лисовский Н.Н., Халимов Э.М.* О классификации трудноизвлекаемых запасов // Вестник ЦКР Роснедра. 2009. № 6. С. 33-35.

*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. – Режим доступа: [http://www.ngtp.ru/rub/9/3\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/3_2013.pdf)

Нетрадиционные источники углеводородного сырья / Под редакцией В.П. Якуцени. М.: Недра, 1989. 223 с.

*Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю.* К обсуждению понятийной базы нетрадиционных источников нефти и газа – сланцевых толщ // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2013а. Т. 8, № 3. – Режим доступа: [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. 2013б. № 1. С. 21-24.

*Прищепа О., Халимов Э.* Трудноизвлекаемая нефть: потенциал, состояние и возможности освоения // Нефтегазовая вертикаль. 2011. № 5. С. 24-29.

ПРИЛОЖЕНИЕ

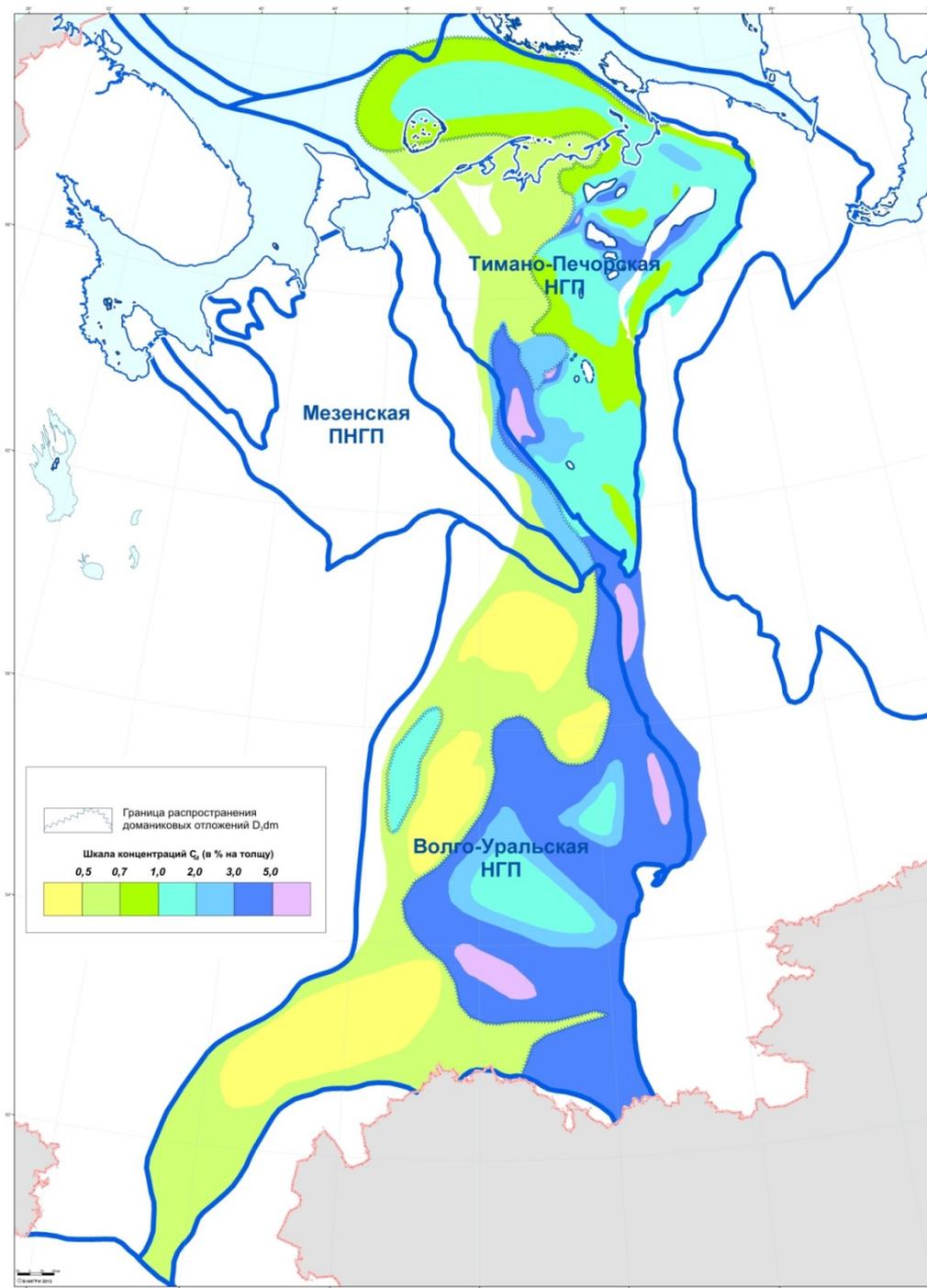


Рис. 1. Карта распространения доманиковых (сланцевых) отложений в восточной части Восточно-Европейской платформы (ФГУП «ВНИГРИ» с использованием материалов МГУ по Волго-Уральской НГП)

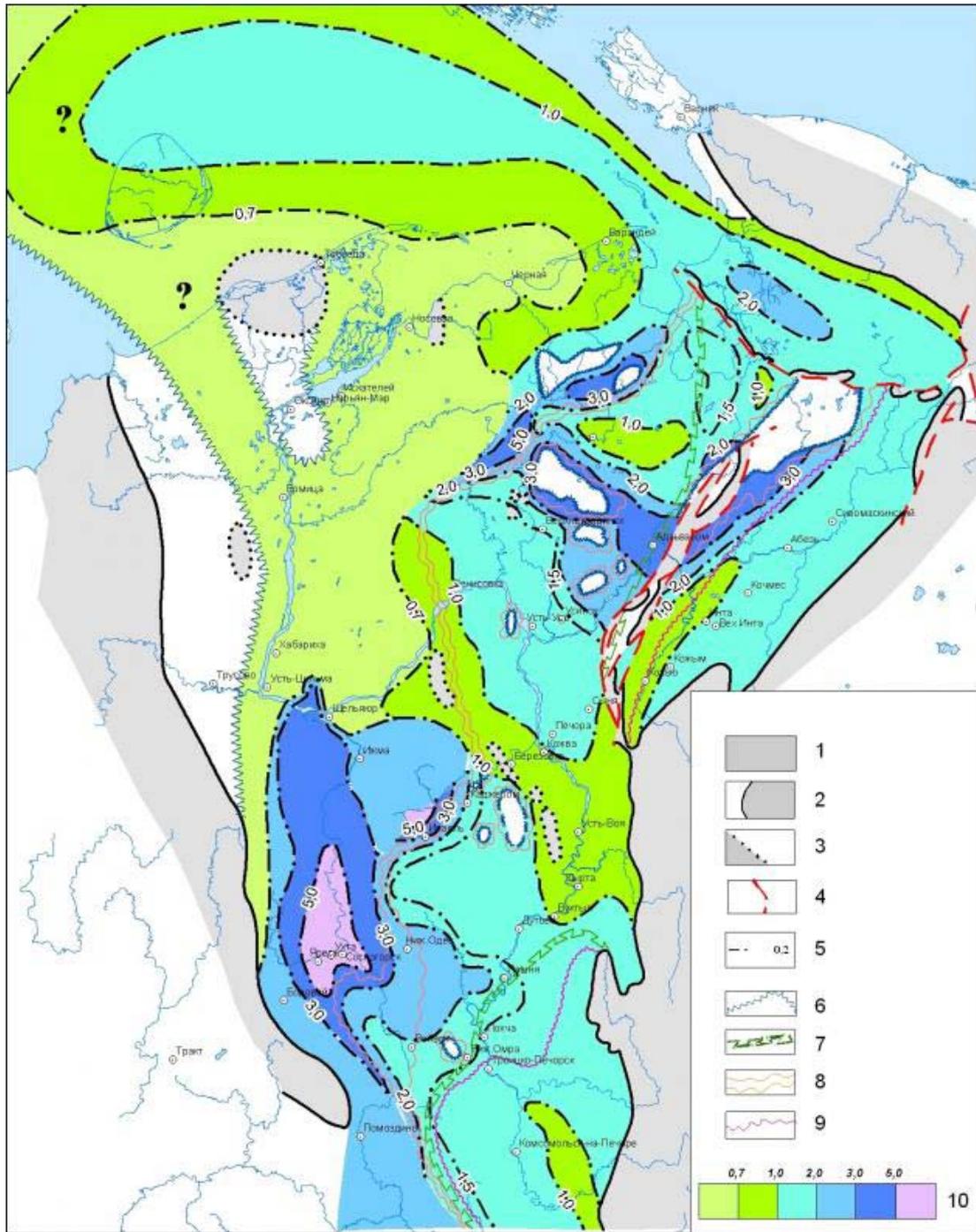


Рис. 2. Карта распространения доманикового (сланцевого) комплекса в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ФГУП «ВНИГРИ»)

- 1 – области отсутствия отложений; 2 – обобщенный контур современного размыва отложений; 3 – граница древнего размыва отложений; 4 – дизъюнктивные нарушения; 5 – линии равных концентраций  $C_{НК}$ , (в % на толщу); 6–9 – фронтальные границы замещения депрессионных отложений рифогенными и банковыми: 6 –  $D_3sm$ , 7 –  $D_3fm^1(zd)$ , 8 –  $D_3sgc$ ,  $D_3uch$ , в общем  $D_3f^2$ , 9 –  $D_3fm^2$ ; 10 – шкала концентраций  $C_{НК}$ , (в % на толщу)

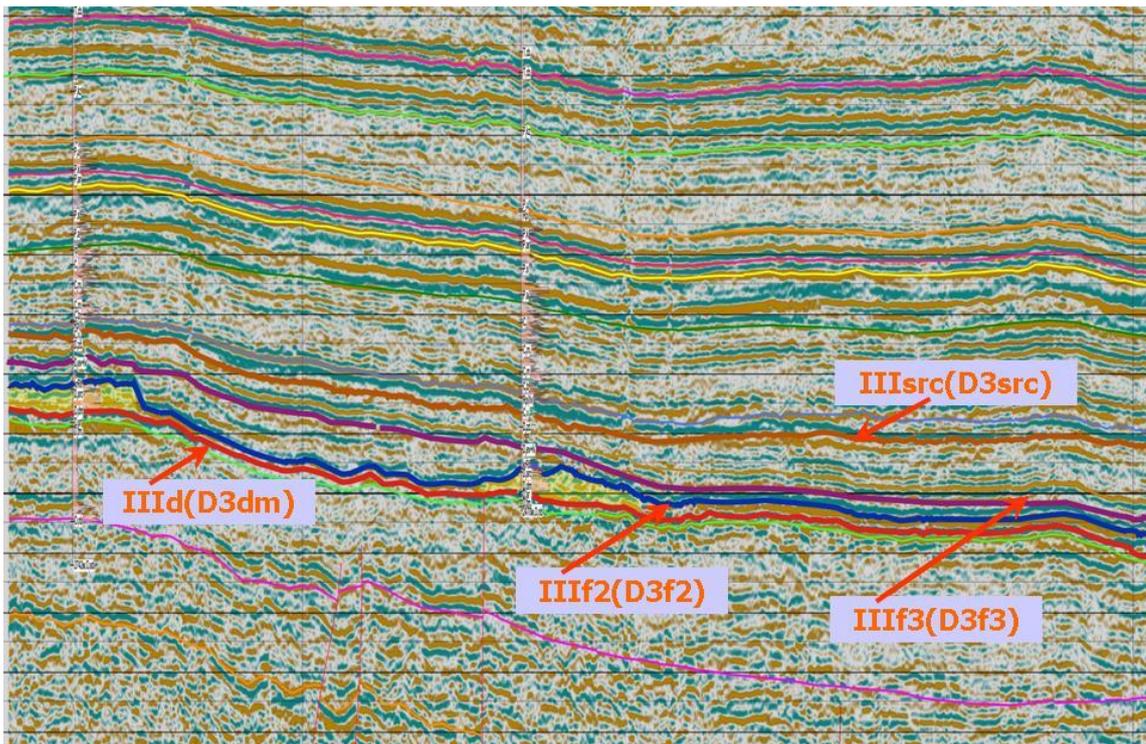


Рис. 3. Пример латерального замещения рифогенных массивов толщами заполнения доманика в центральной части Тимано-Печорской провинции (ФГУП «ВНИГРИ»)

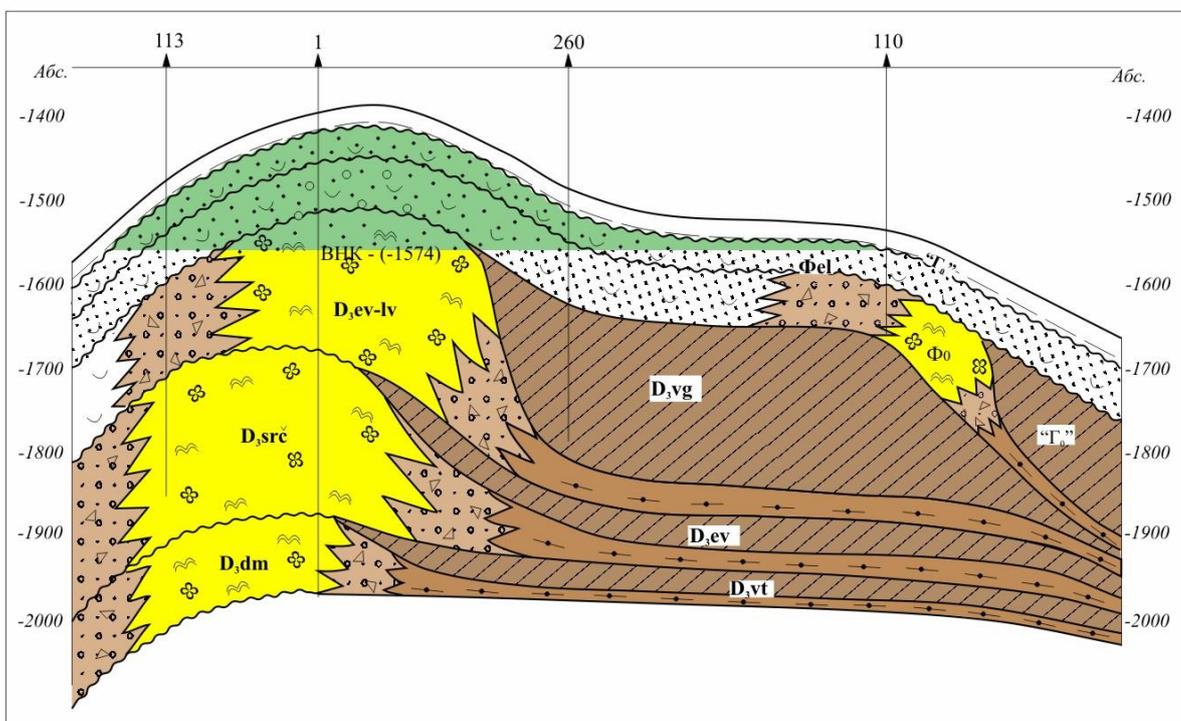


Рис. 4. Модель формирования доманикового бассейна Тимано-Печорской провинции (ФГУП «ВНИГРИ»)

