



ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ШЕЛЬФА РОССИЙСКОГО СЕКТОРА СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Ю.К.Бурлин, А.В.Ступакова (МГУ им. М.В.Ломоносова)

Общая площадь всего арктического шельфа превышает 26 млн км². Площадь перспективной акватории российского сектора Арктики составляет не менее 5 млн км². Почти все пространство Арктики расположено на блоке дорифейской континентальной коры (Е.Е.Милановский). Последующие события (рифтогенез, формирование зон каледонид, мезозойский тектогенез, раскрытие океанических котловин и др.) определили формирование современной структуры этого региона. В пределах арктического шельфа выделились два крупных блока земной коры. Евразийский, Норвежско-Баренцево-Карский, блок охватывает одноименные моря, западную часть моря Лаптевых, архипелаги и острова (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новая Земля и др.). Амеразийский блок включает восточную часть моря Лаптевых, Восточно-Сибирское море с Новосибирскими островами и Чукотское море с островами Врангеля и Геральда. Блоки разделены рифтовой зоной подводного хребта Гаккеля, ответвлениями этой зоны на юге, а также смежными с хребтом глубоководными котловинами. На режим и особенности нефтегазоносности выделенных в пределах этих блоков осадочных бассейнов существенное влияние оказывает рифтогенез.

В пределах арктической акватории выделяются крупные прогнозируемые участки с повышенными толщами отложений и поднятия, перспективные для поиска месторождений нефти и газа. На основе тектонического и литолого-стратиграфического анализов выявлены крупные участки, которые можно рассматривать как отдельные провинции, включающие эти осадочные бассейны. Некоторые из них являются доказанными нефтегазоносными, другие рассматриваются как весьма перспективные [1].

Нефтегазоносные бассейны западного, евразийского, блока содержат значительные ресурсы нефти и газа, что доказано открытием гигантского Штокмановского газового месторождения в Баренцевом море, газонефтяных месторождений Приразломное, Северо-Долгинское и другие в Печорском море, газовых Русановское и Ленинградское в Карском море. В норвежском секторе Баренцева моря залежи УВ приурочены к нефтегазовому месторождению Сновит и нефтяному месторождению Голиас. По оценкам, проведенным ВНИИОкеангеологией, ИГиРГИ и другими организациями, российская часть западно-арктического шельфа, включая Баренцево, Печорское и Карское моря, составляет более 75 % разведанных запасов всего российского шельфа — 8,2 млрд т усл. топлива (Ледовских А.А., 2006). В пределах восточного, амеразийского, сектора российской Арктики еще не пробурено ни одной скважины и не открыто ни одного месторождения нефти и газа, но перспективы имеются, судя по наличию крупных месторождений в тех же

толщах в смежных районах Аляски. В восточной части шельфа Чукотского моря американскими компаниями пробурено несколько скважин, показавших признаки нефтеносности.

Методика исследований.

Основным методом прогнозирования нефтегазоносности недр является историко-геологический, который связывает процессы нефтегазообразования с геологическими стадиями развития бассейна. Такой подход учитывает не только современное строение региона, но и предшествующую его историю за длительный период геологического времени, позволяет установить динамику и последовательность изменения геологических событий.

Большое значение для формирования нефтегазоносности имеют процессы рифтогенеза, т.е. растяжения земной коры, приводящие к образованию серии глубинных разломов и системы грабенов и горстов. Впоследствии на месте грабенов и горстов унаследованно развиваются прогибы и впадины, заполненные комплексами отложений с большими толщами. Экстремальные толщины осадочного чехла унаследованных впадин достигают 15-20 км. Гранитный слой значительно утоннен или в отдельных участках, возможно, совсем отсутствует, что приводит к формированию так называемых базальтовых окон.

Растяжение земной коры с резким увеличением скорости погружения является причиной формирования зон перенапряженного

состояния на определенных уровнях, что приводит к генерации УВ в зоне катагенеза. При достижении предельного избыточного давления происходит переток флюидов в зоны пониженного давления. Глубинные разломы в осевых зонах рифтогенеза служат путями для перемещения вверх горячих флюидных потоков. Это способствует как вовлечению в процесс генерации новых нефтематеринских толщ, так и активной дифференциации и миграции УВ из нефтематеринской толщи в коллектор.

Каждая структурно-тектоническая зона обладает своим собственным флюидодинамическим режимом, и в ее пределах зарождаются самостоятельные УВ-системы, т.е. совокупность и генетическое единство процессов генерации, миграции и аккумуляции УВ в определенных интервалах разреза. Генетическая связь источника или источников УВ, их состав и местоположение приводят к проявлению фазовой зональности в распределении УВ по площади и разрезу.

Тектоническое строение российского сектора Арктики. Основная часть акватории и сопредельной территории суши Арктики расположена на дорифейской коре континентального типа. Глубина подошвы земной коры (граница Моховичича) изменяется от 40-42 км, уменьшаясь под зонами континентального рифтогенеза до 33-35, иногда до 25 км. Граница Конрада фиксируется на глубине 20-25 км.

В геологической истории бассейнов Арктики на удаленных участках выделяется несколько этапов рифтогенеза, часто синхронных (Леонов Ю.Г., 2001). Синхронность проявления рифтогенеза позволяет наметить региональные зоны, протягивающиеся на сотни и тысячи километров и, как следствие, обуславливающие сходство геологической истории и прогноз нефтегазоносности на первый взгляд разобщенных тектонических блоков (рис. 1).

Принципиальное различие западного и восточного блоков российской Арктики заключается в их развитии на мезозойском этапе геологической истории. Западный, евразийский, блок, в большей степени развивавшийся синхронно с Восточно-Европейской платформой и ее арктическими окраинами, не претерпел повсеместной складчатости. При относительно небольших размерах растяжения формировались обширные рифтовые впадины (Центрально-Баренцевоморская и Южно-Карско-Ямальская зоны рифтогенеза, Печоро-Колвинский и Енисей-Хатангский рифты) с большими толщинами осадочного чехла от 7 до 10-13 км и более. Их последующая инверсия не завершилась интенсивной складчатостью, а лишь послужила причиной формирования линейных валообразных поднятий, к которым относятся инверсионные валы центральной части Баренцева моря, Печорской синеклизы, Южно-Карской впадины и севера Западной Сибири, а также Енисей-Хатангского прогиба. Инверсией, приведшей к интенсивной складчатости, были затронуты лишь отдельные линейные зоны, такие как байкалиды в пределах Тимано-Печорского бассейна, каледониды Шпицбергена, герциниды Западной Сибири, киммериды Новой Земли, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли и Таймыра (рис. 2).

Амеразийский блок, который первоначально представлял собой северо-восточное продолжение Сибирской платформы (по Е.Е.Милановскому), превратился в платформенно-складчатую область, где большая часть затронута позднекиммерийской складчатостью умеренного сжатия с рядом крупных остаточных срединных массивов.

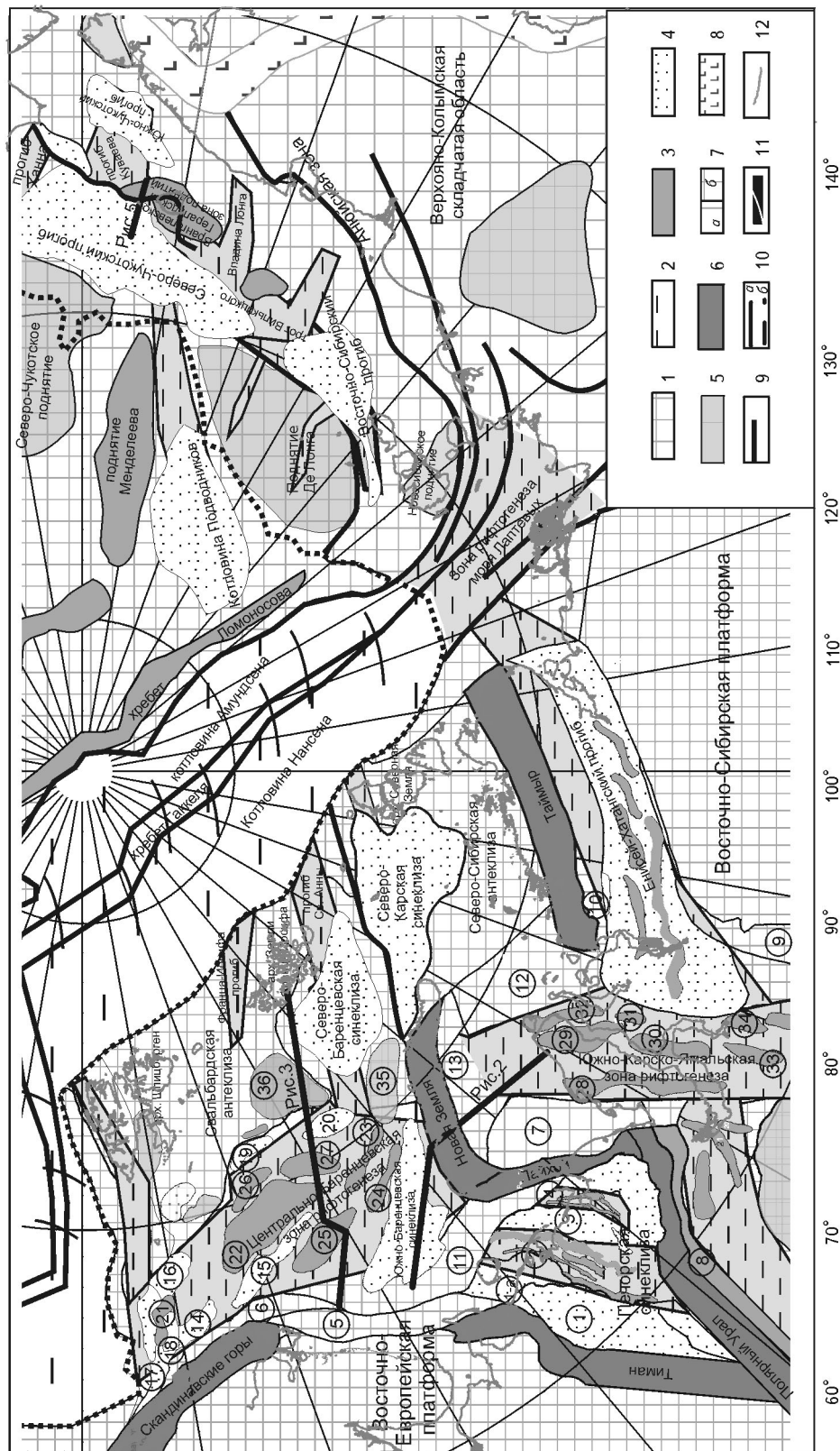
Отдельные реликты рифтогенных прогибов палеозойского возраста можно проследить в пределах Чукотского моря, моря Лаптевых, Аляски, где верхнепалеозой-ниж-

немезозойские терригенно-карбонатные толщи формируют линейные валообразные поднятия. Часто инверсия приводила к образованию складчатости с широким развитием чешуйчатых надвигов (Врангелевско-Геральдская гряда, Верхоянский складчатый пояс). Новая эпоха позднемелового (палеоцен-эоценового) растяжения привела к сбросовым смещениям и формированию крупных прогибов (Северо-Чукотский и Восточно-Сибирский).

В результате территорию, а также акваторию всего амеразийского блока следует рассматривать как единую сложнопостроенную киммерийскую плиту со складчатым основанием разной интенсивности сжатия досеноманского возраста. Акваториальная часть этой плиты в литературе часто называется "Гиперборейской платформой". Большая часть этого основания обнажена на юге и представлена складчатыми зонами, расположенными вокруг древних срединных массивов, которые также затронуты киммерийской складчатостью. Фрагменты допозднемелового плитного покрова сохранились лишь в отдельных участках, прогибание которых унаследовано от предыдущей эпохи (прогибы в пределах Врангелевско-Геральдской складчато-надвиговой зоны Чукотского моря, в западной части архипелага Новосибирских островов (Иванова Н.М., 2006; Секретов С.Б., 2001)).

В силу деструкции нижнего палеозой-мезозойского комплекса осадочного чехла, районирование восточного сектора российской Арктики ведется по структуре верхнемелового — кайнозойского плитного чехла. В его пределах выделяются Северо-Чукотский и Южно-Чукотский прогибы, разделенные Врангелевско-Геральдской складчато-надвиговой зоной. В юго-восточной части Восточно-Сибирского моря расположен крупный одноименный прогиб.

Рис. 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ АРКТИКИ



1 – относительно стабильно развивающиеся участки древней платформы; 2 – региональные зоны континентального рифтогенеза с последующим развитием глубоких впадин и инверсионных валов; 3 – валы инверсионные; 4 – впадины, наложенные на структуры более древнего заложения; 5 – сводовые поднятия; 6 – складчатые области; 7 – кимберийское основание восточного сектора Арктики; 8 – более дислоцированное; 9 – менее дислоцированное; 10 – глубинные разломы; 11 – линии сейсмогеологического разреза; 12 – береговая линия; 13 – структурные элементы: Печорская синеклиза; 14 – Ижма-Печорская впадина, 15 – Малыземельско-Колтуевская моноклинал, 16 – Печоро-Колвинский авлакоген, 17 – Припайхойская, 18 – Приуральская, 19 – Приенисейская, 20 – Пригаймырская, 21 – Южно-Баренцевская, 22 – Восточно-Карская, 23 – Пахтусовская, 24 – Хаммерфест, 25 – Нордкап, 26 – Бьёрная, 27 – Харстад, 28 – Тромсё, 29 – Св. Ольги, 30 – Малыгинский грабен; валы (инверсионные): 31 – поднятие Лопы, 32 – поднятие Бьярмелэнд, 33 – Демидовско-Лудловский метавал, 34 – Штокмановская седловина, 35 – свод Фельдынского, 36 – поднятие Центральной банки, 37 – поднятие Ферсмана; Южно-Карско-Ямальная зона рифтогенеза: валы (инверсионные): 38 – Нурминский, 39 – Малыгинский, 40 – Ямбургский, 41 – Гыланский, 42 – Преображенско-Зеленомысовский, 43 – Уренгойский, 44 – Тазовский; сводовые поднятия: 45 – Адмиралтейский вал, 46 – поднятие Вернадского

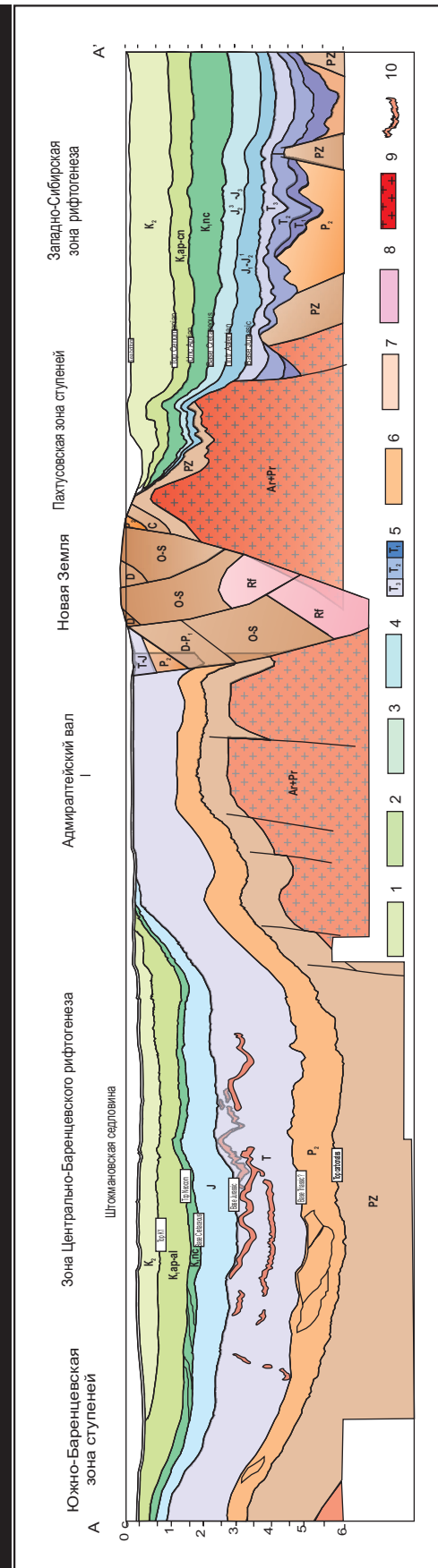
Прогибы выполнены третичными и меловыми, в отдельных участках, может быть, и более древними отложениями. Отдельные грабены ответвляются от основной субширотной оси прогибания восточного сектора Арктики и, видимо, имеют более древнее заложение. В западной части моря Лаптевых выделяется акваториальное продолжение Енисей-Хатангского прогиба. В различных публикациях описаны прогибы и поднятия в южной части моря Лаптевых, которые являются звеньями более крупных субширотных линейментов рифтогенной природы верхнемелового — кайнозойского возраста. В качестве крупных положительных элементов выделяются сводовые поднятия Де-Лонга, Северо-Чукотское, Новосибирское в районе о-ва Котельный и др. Они, по аналогии с Колымским и Омолойским поднятиями на суше, представляют собой, видимо, срединные массивы, осложненные внутренними прогибами, выполненными мезо-кайнозойским вулканогенно-осадочным комплексом [5].

Существенная роль в новейшем тектоническом плане принадлежит арктической рифтовой системе, которая, возможно, привела к образованию океанической коры в районе подводных хребтов Гаккеля и Книповича (?). Кайнозойская рифтовая система, вероятно, уже без разрыва сплошности коры имеет продолжение в пределах моря Лаптевых в виде системы горстов и грабенов, заполненных кайнозойскими осадками. Ее южные ветви прослеживаются на юг и юго-восток в пределах суши, являясь, возможно, естественным продолжением более древних киммерийских структур Верхоянского складчатого пояса.

Говоря о синхронности рифтогенеза в пределах Арктики, можно выделить эпохи активизации процессов образования рифтов на огромных площадях. Зарождение крупных расколов земной коры, по-видимому, произошло еще в рифее. Рифейские прогибы известны в Тимано-Печорском бассейне, их реликты прослеживаются как в Баренцевом, так и Карском морях (Дараган-Сущева Л.А., 2007). Возможно, рифейское заложение имеет и архипелаг Новой Земли, на месте которого в раннем палеозое формировался крупный рифт, не претерпевший инверсию в палеозое. Следующая эпоха активного рифтогенеза приходится на девон, варьируя по времени от раннего — среднего девона в пределах Печорской синеклизы и, возможно, в восточном секторе Баренцева моря до позднего девона — раннего карбона в норвежском секторе Баренцева моря. Девонский рифтогенез существовал и на территории Западной Сибири и имел продолжение в акваторию Карского моря и пределы Енисей-Хатангского прогиба. Реликты девонского рифтогенеза мы можем наблюдать и в восточном секторе российской Арктики, в пределах Врангелевско-Геральдской зоны поднятий, на Аляске.

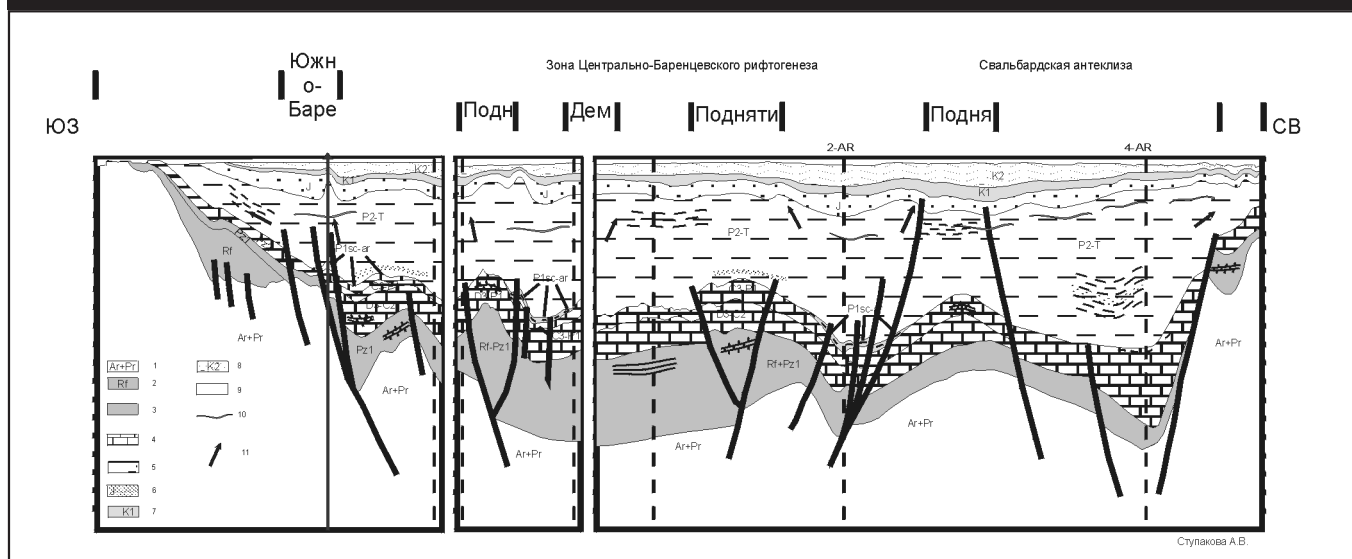
Особое значение в формировании западного сектора Арктики имеет триасовый рифтогенез, который действовал от раннего триаса до рэт-лейса. Он привел к формированию обширных впадин на акватории Баренцева моря с толщинами осадочного чехла до 10 км. Триасовый рифтогенез четко прослежен в пределах Западной Сибири (Сурков В.С., 1984; 2006),

Рис. 2. КОМПОЗИЦИОННЫЙ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА (с использованием данных СМНГ)



Сейсмостратиграфические комплексы: 1 – верхнемеловой, 2 – нижнемеловой апт-альбский; 3 – нижнемеловой неомский; 4 – юрский, 5 – триасовый; 6 – верх-

Рис. 3. СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА ПО ЛИНИИ АР – 1 (по материалам Севморгео)



1 – кристаллический фундамент; комплексы: 2 – рифей-вендский метаморфический (?), 3 – нижнепалеозойский (ордовикский, силурийский, нижне-среднедевонский) терригенно-карбонатный, 4 – верхнепалеозойский (верхнедевонский, каменноугольный, нижнепермский) карбонатный, 5 – пермско-триасовый терригенный, 6 – юрский терригенный, 7 – нижнемеловой терригенный, 8 – верхнемеловой терригенный; 9 – море; 10 – интрузивные тела; 11 – возможное направление миграции флюидов

где он “рассеян” в виде отдельных грабен-рифтов Уренгой-Колтогорской зоны, оперяющих основную восточную ось прогиба Западно-Сибирской зоны рифтогенеза. О повсеместном развитии триасового рифтогенеза свидетельствует наличие туфовых покровов и базальтовых лав в триасовых отложениях в пределах всех крупных прогибов евразийского блока и в отдельных структурах амеразийского блока земной коры (Верхоянская складчатая область, о-в Котельный).

Следующий этап рифтогенеза приходится на меловой – кайнозойский период. Этот этап наиболее характерен для амеразийского блока земной коры. Он обусловил заложение крупных прогибов – Северо-Чукотского и Восточно-Сибирского, а также начало формирования крупной впадины Северного Ледовитого океана. Сказался также этот этап и на формировании отдельных грабен-рифтов западного сектора российской Арктики, оперяющих основную ось растяжения и погружения земной коры в районе хребта Гаккеля.

Каждый из этапов рифтогенеза проявился не только в формировании крупных прогибов и впадин, благоприятных для генерации УВ, но и в образовании линейных инверсионных поднятий различной степени сжатия, часто представляющих крупные зоны нефтегазоаккумуляции.

Осадочный чехол. Разрезы бассейнов арктического шельфа России представлены мощными толщами терригенных и карбонатных пород палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений. Палеозой-мезозойский комплекс хорошо изучен в западном секторе российской Арктики, тогда как в восточном секторе он сильно осложнен киммерийской складчатостью и может быть прослежен лишь по отдельным выходам пород в пределах островов и прилегающей суши.

По данным бурения и сейсмо-разведки, а также характеру волнового поля и изменениям пластовых скоростей в разрезе осадочного чехла бассейнов *западно-арктического шельфа* можно проследить три общих для них структурных

этажа, разделенных границами несогласий (рис. 3).

Нижний структурный этаж представлен отложениями ордовик-девонского и каменноугольно-раннепермского возрастов. В нижних частях также присутствуют протерозойские отложения в пределах отдельных грабенов и сопряженных с ними структур. Верхней его границей служит поверхность карбонатов нижней перми – карбона. Отложения изучены в пределах Печорской синеклизы и на островах, обрамляющих современный баренцево-карский шельф. На акваториях нижний структурный этаж практически не изучен в связи с большой глубиной его залегания – от 5 до 15 км.

В пределах норвежского шельфа нижний структурный этаж выполняют в основном грабены, образовавшиеся в результате верхнедевон-нижнекаменноугольного рифтогенеза. В южной части норвежского сектора (платформа Финмарк) возникли бассейны Тромсё, Хаммерфест и Нордкап, разделенные поднятиями, большая часть которых, по аналогии с Девонским грабеном ар-

хипелага Шпицберген, заполнена отложениями группы Билефьорден, возраст которых определяется в диапазоне от позднего девона до серпуховского яруса карбона. Отложения этой группы представлены в основном терригенными песчаными породами, которые в верхней части разреза сменяются известняками.

В западном секторе Баренцева моря начиная со среднего карбона а в восточном секторе — возможно, и с позднего девона, вся территория Баренцевоморского бассейна представляла собой карбонатную платформу. Отмечено присутствие эвапоритов, образующих диапиры, известные в прогибе Нордкап западного сектора Баренцева моря. Диапировые структуры можно ожидать и в восточной части Баренцева моря, Малыгинском грабене, прогибе Св.Ольги, на продолжении прогиба Нордкап в восточном секторе Баренцева моря. Отличительная особенность каменноугольно-нижнепермского разреза Баренцевоморского шельфа — стратиграфический перерыв по границе башкирского — московского ярусов среднего карбона, который фиксируется в разрезах Новоземельской области, на Адмиралтейском поднятии, Кольско-Канинской моноклинали и по сейсмическим данным предполагается на своде Федынского. Предпермский перерыв также прослеживается в осадконакоплении, который картируется на южном о-ве Новой Земли.

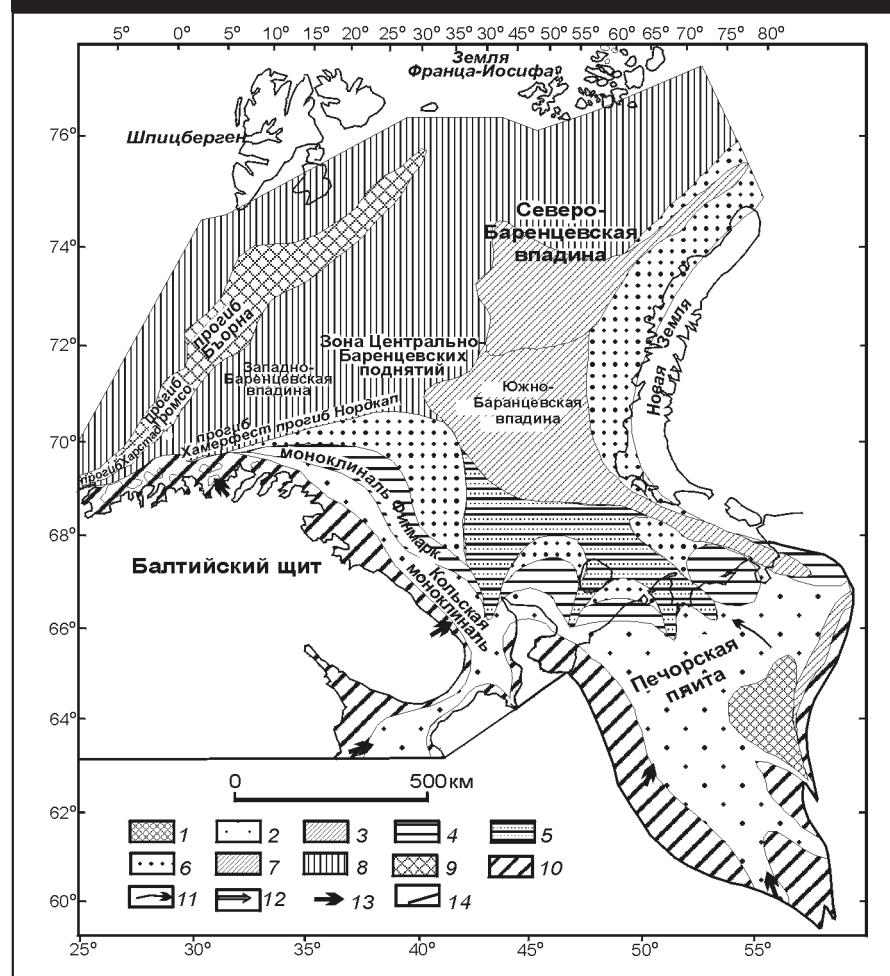
Средний структурный этаж (пермотриасовый) составляет основную часть разреза в восточной части Баренцевоморского бассейна. Его толщины достигают 10 км, что многие исследователи объясняют триасовым рифтогенезом (Верба М.Л., 1996, Ступакова А.В., 2001), несмотря на то, что четких грабенообразных структур в пределах триасового комплекса Баренцевоморского бассейна не выявлено. Ориентировка осей триасового рифтогенеза, видимо, была несколько отлична от предшествующего девонского периода проявления рифто-

генеза и выделяется она, главным образом, по максимальному погружению бассейна и появлению базальтовых интрузий в разрезе. Хотя, надо отметить, что время проявления интрузивной деятельности в пределах Баренцевоморского шельфа связывают как с триасовым, так и меловым периодом — временем окончательного становления складчатости на Новой Земле.

Активное прогибание баренцевоморского шельфа в триасе и большой объем отложений, сносимых со

стороны Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы, обусловили компенсационное осадконакопление и формирование комплекса триасовых отложений с толщинами до 10 км в восточном секторе Баренцева моря. Отложения накапливались преимущественно в условиях обширной дельтовой равнины, периодически заливаемой морем и проградирующей в западном направлении, где существовали условия относительно глубоководного шельфа (Ступакова А.В., 2001) (рис. 4).

Рис. 3. СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА ПО ЛИНИИ АР – 1 (по материалам Севморгео)



1 – кристаллический фундамент; комплексы: 2 – рифей-вендский метаморфический (?), 3 – нижнепалеозойский (ордовикский, силурийский, нижне-среднедевонский) терригенно-карбонатный, 4 – верхнепалеозойский (верхнедевонский, каменноугольный, нижнепермский) карбонатный, 5 – пермско-триасовый терригенный, 6 – юрский терригенный, 7 – нижнемеловой терригенный, 8 – верхнемеловой терригенный; 9 – море; 10 – интрузивные тела; 11 – возможное направление миграции флюидов

Перестройка структурных планов западного сектора российской Арктики связана с началом образования Новоземельского сооружения, которое на протяжении всей геологической истории испытывало несколько этапов рифтогенеза, каждый из которых заканчивался относительным подъемом, но окончательная инверсия произошла лишь в меловом периоде. В строении Новой Земли выделяются структурные элементы, унаследованные от предшествующих этапов развития (Кармакульский поперечный прогиб), указывающие, возможно, направление более ранних структур.

Верхний структурный этаж сложен терригенными породами юры, мела и палеоген — неогена. Юрские и меловые отложения баренцево-карского шельфа относятся к обширному, некогда единому, плитному покрову, перекрывающему различные тектонические площади. Он формировался, когда структурный план бассейнов уже был близок к современному. Изменения структурного плана коснулись, главным образом, зон, сопряженных с формировавшимися в

кайнозойскими впадинами северной части Атлантического океана и Северного Ледовитого океана. На северном краю Баренцева моря, в связи с началом раскрытия глубоководной зоны Северного Ледовитого океана, в конце мелового периода происходит заложение по поперечным к континентальному краю нарушениям прогибов Франца-Иосифа и Св.Анны, выполненных толщами кайнозойских отложений от 2-3 до 5 км. С отложениями верхнего структурного этажа связаны все известные газоконденсатные месторождения Баренцева и Карского морей.

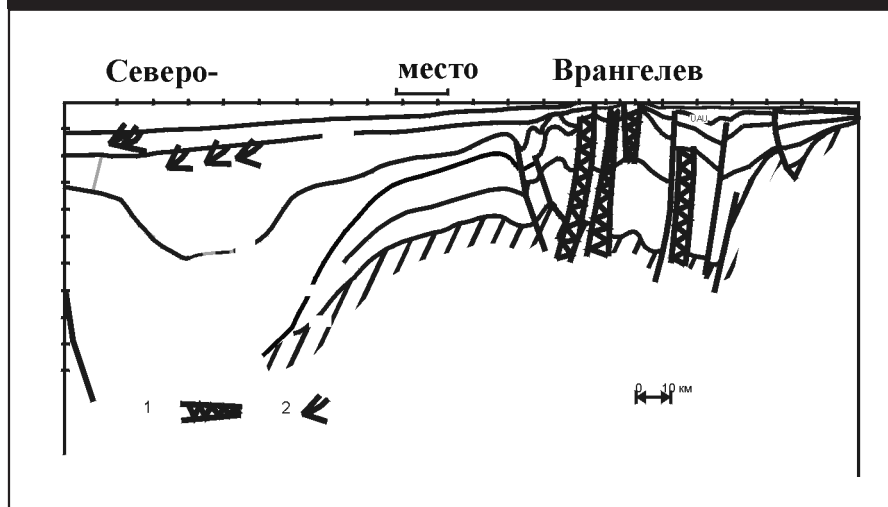
Сведения о характере отложений в пределах российского восточного арктического (амеразийского) блока базируются на материалах многолетних геологических работ сотрудников НИИГеологии Арктики (ныне ВНИИОкеангеология), сейсмических исследований треста "Дальморнефтегеофизика" в российской части шельфа и геологической службы США в американском секторе Чукотского моря. В пределах восточно-арктического сектора относительно более изученными являются бассейны моря Лаптевых и Северо-Чукотский.

В пределах чукотского шельфа разрез выделяющихся здесь осадочных бассейнов начинается со среднедевонских отложений, залегающих на более древнем дислоцированном франклинском комплексе в американском секторе и на возможных его аналогах в российском секторе. Более молодые отложения слагают два крупных структурных этажа. Предположительно, они характеризуются различными структурными планами. Нижний структурный этаж представлен верхнепалеозойскими и мезозойскими (досреднеюрскими) образованиями, которые, по мнению Ю.К.Бурлина и Ю.В.Шипелькевича (2006), выполняют отдельные прогибы на шельфе Чукотского моря (рис. 5). Возможно, это те поперечные ответвления, о которых упоминает С.Ю.Соколов (2008). Нижние части разреза, предположительно, сложены верхнепалеозойскими терригенно-карбонатными и триас-нижнеюрскими терригенными отложениями (элсмирский комплекс), содержащими продуктивные горизонты в крупнейшем на Аляске месторождении Прадхо-Бей. Общая их мощность может достигать 6-7 км. Палеозойские и триасовые отложения, которые можно параллелизовать с элсмирским комплексом Аляски, изучены и описаны М.К.Косыко и др. [3]. На склонах поднятий, разделяющих эти прогибы, мощность отложений сильно уменьшается и они выклиниваются (рис. 6).

Нижний структурный этаж отделяется от верхнего региональным нижнемеловым стратиграфическим и угловым несогласием Lower Cretaceous Unconformity (LCU), возраст которого в разрезах пробуренных в акватории американского сектора Чукотского моря скважин составляет 128 млн лет. Это примерно соответствует глобальному событию общего изменения уровня мирового океана на шкале Вейла.

Верхний структурный этаж подразделяется на две части. Нижняя

Рис. 5. СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ СЕВЕРО-ЧУКОТСКОГО ПРОГИБА (по Ю.К.Бурлину, Ю.В.Шипелькевичу, 2006)



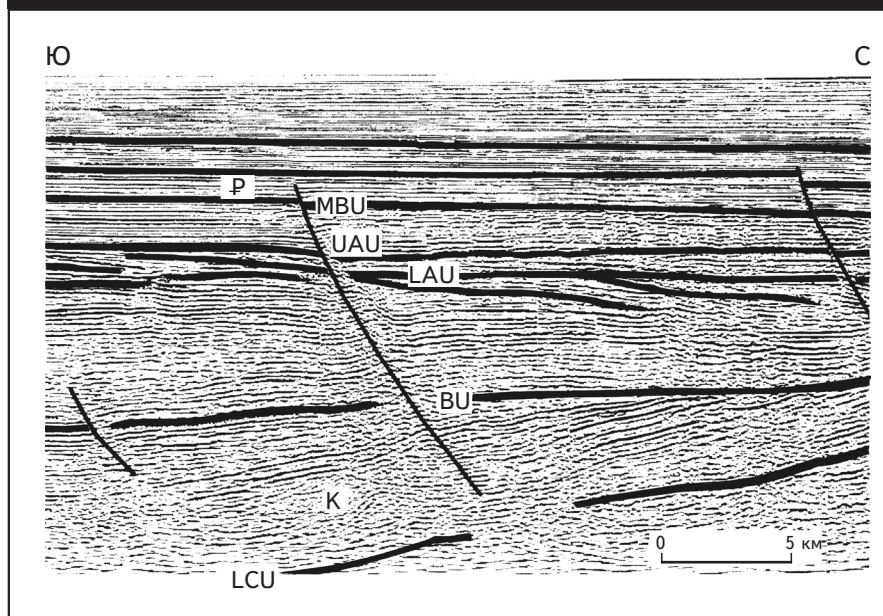
1 — зона отсутствия корреляции, вероятные региональные разрывные нарушения;
2 — отложения потоков

часть этажа, возможно, по возрасту соответствует раннемеловому этапу мезо-кайнозойской стадии рифтогенеза, проходившего в Канадской котловине (Grantz A., May S., 1987). Заложение Северо-Чукотского прогиба субширотной протяженности, возможно, явилось откликом на это событие. Прогиб выполнен толщей осадочных пород нижнего и верхнего мела и кайнозоя мощностью не менее 16-18 км. С.Б.Секретов (2001), М.К.Косыко (2003) и другие рассматривают Северо-Чукотский прогиб как часть Восточно-Сибирского прогиба или трога Вилькицкого.

Верхняя часть этажа сложена отложениями, выделяющимися как аналог комплекса Бруклин позднемел-кайнозойского возраста на Аляске, представленного терригенными отложениями. Верхнемеловые отложения (нижний Бруклин) сильно деформированы и образуют крупные отрицательные и положительные структурные формы, среди которых выделяются поднятия протяженностью 2-3 км и амплитудой более 1 км. На южном борту Северо-Чукотского прогиба в толще нижнего Бруклина на сеймопрофилях видны зоны выклинивания отдельных пачек и стратиграфические несогласия. Осадки верхнего кайнозоя залегают субпараллельно и не подвержены дислокациям и нарушениям.

Южное ограничение Северо-Чукотского прогиба связано с Врангелевско-Геральдской подвижной зоной инверсионных поднятий. Возможно, эти поднятия поставляли материал для заполнения прогиба в меловое и кайнозойское время. Отложения нижних частей разреза, в том числе и верхнего палеозоя во Врангелевско-Геральдской зоне, приподняты и находятся на глубине, доступной для бурения. Судя по разрезу о-ва Врангель, в составе этих отложений могут присутствовать аналоги нефтеносных горизонтов Аляски.

Рис. 6. СЕЙСМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ НИЖНЕМЕЛОВОГО СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО И УГЛОВОГО НЕСОГЛАСИЯ ЧУКОТСКОГО МОРЯ (по Ю.К.Бурлину, Ю.В.Шипелькевичу, 2006)



1 – глины, алевролиты; 2 – песчаники; 3 – глины; 4 – переслаивание глин и песчаников; 5 – глинистые диапировые структуры

Нефтегазоносность

С позиций бассейнового анализа все надпорядковые отрицательные тектонические элементы представляют собой осадочно-породные бассейны – области устойчивого и длительного погружения земной коры с мощным осадочным чехлом, где создаются условия, благоприятные для генерации, миграции и аккумуляции УВ, в результате осадочно-породному бассейну соответствует нефтегазоносный бассейн. В пределах западно-арктического шельфа выделяются Баренцевоморский, Тимано-Печорский, Южно-Карский, Западно-Сибирский, Северо-Карский, Енисей-Хатангский, Южно-Лаптевский нефтегазоносные бассейны, восточного сектора российской Арктики – Восточно-Сибирский и Чукотский.

Баренцевоморский нефтегазоносный бассейн наиболее изучен, в его пределах выявлены только газовые и газоконденсатные месторождения (Штокмановское, Ледо-

вое, Лудловское, Северо-Кильдинское и Мурманское).

В пределах акваториальной части Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна выявленные месторождения приурочены к зонам продолжения авлакогенов: Варандей-Адзвинского (Варандей-море, Мединское-море, Долгинское и Приразломное) и Печоро-Колвинского (Поморское газовое месторождение). Северо-Гуляевское нефтегазовое месторождение связано с акваториальным продолжением Хорейверской впадины, а нефтяные Песчаноозерское и Ижемко-Таркское месторождения – с акваториальным продолжением Малоземельско-Колгуевской моноклинали.

В пределах Южно-Карского и севера Западно-Сибирского нефтегазоносных бассейнов выявлены уникальные и крупные месторождения на суше п-ова Ямал, а в акваториальной части открыты два уникальных месторождения газа (Русановское и Ленинградское) в Обской и Тазовской губах.

Методика комплексного учета критериев нефтегазоносности и составления карт перспектив акваторий шельфовых морей на поиск нефти и газа подробно рассмотрена в работах Ю.Н.Григоренко (2002), Е.В.Захарова (1996), О.И.Супруненко (1990) и других, где учитываются как количественные (толщины, пористость, гидрохимические и термобарические условия), так и качественные критерии (границы распространения, этапы формирования, фациальные условия и т.д.). Особое внимание уделяется поиску крупных и уникальных месторождений нефти и газа [4].

Наиболее благоприятными для формирования нефтегазоносности бассейна оказываются зоны рифтогенных прогибов и сформированных на их месте “сверхглубоких де-

прессий”. Такие зоны выделяются повсеместно в пределах Арктики. Высокий тепловой поток и наличие нефтематеринских толщ в разных горизонтах осадочного чехла обуславливают генерацию как газовых, так и нефтяных УВ. Газовые УВ преобладают и, захватывая при миграции жидкие фракции, образуют нефтегазовые скопления в верхних горизонтах осадочного чехла.

Преимущественно газовые месторождения связаны с инверсионными антиклинальными поднятиями. Они располагаются цепочками в пределах валов и образуют линейные зоны нефтегазонакопления. К таким перспективным зонам в пределах Баренцевоморской зоны рифтогенеза следует отнести все инверсионные структуры (Демидовско-Лудловский мегавал, Штокма-

новская седловина, поднятия Центральной банки и Ферсмана).

Интересной, с точки зрения нефтегазоносности, является область развития соляного тектогенеза в пределах Центрально-Баренцевской зоны рифтогенеза. К соляным куполам могут быть приурочены газовые скопления в подсолевом комплексе или же небольшие нефтяные скопления в надсолевом комплексе отложений.

В пределах Южно-Карско-Ямальной зоны рифтогенеза наиболее перспективны на поиски нефтегазовых месторождений инверсионные валы (Нурминский, Малыгинский, Ямбургский, Гыданский, Преображенско-Зеленомысовский, Новопортовский, Уренгойский, Тазовский, Часельский, Верхне-Толькинский, Харампурский).

Реклама Казань

Для формирования нефтяных скоплений наиболее благоприятными оказываются бортовые участки крупных прогибов или отдельные сводовые поднятия в пределах зон рифтогенеза, претерпевшие значительный подъем, который мог повторяться несколько раз в течение геологической истории развития бассейна. В результате мощный мезозойский разрез оказался размытым, а палеозойский разрез осадочного чехла залегает на глубине, доступной для бурения. К таким перспективным структурам на нефть можно отнести свод Федынского, бортовые участки Адмиралтейского вала (Кирюхина Т.А., Ступакова А.В., 2006). О возможности сохранения в палеозойских породах нефти свидетельствуют находки в них жидких битумов на крайнем севере Новой Земли, на о-ве Пионер (Клубов Б., 1983), в западной части Енисей-Хатангского прогиба, на Северной Земле и Таймыре.

Перспективы Северо-Чукотского прогиба оцениваются в основном, по аналогии с Аляской, на основании предполагаемой близости характера разрезов. В северной части Аляски известно около 40 месторождений, разрабатываются около 10. Крупнейшим месторождением в бассейне арктического склона является месторождение Прадхо-Бей, приуроченное к поднятию размером 21х52 км. Начальные промышленные запасы этого месторождения составляли 1,78 млрд т нефти и 735 млрд м³ газа. Основная залежь находится в пермотриасовых отложениях, песчаниках триаса и нижних горизонтов юры (формация Ивишак группы Садлерочит и вышележащие формации Шублик и Саг-Ривер). Вокруг Прадхо-Бей расположена целая группа более мелких месторождений-сателлитов. Западнее находится месторождение Купарук-Ривер, запасы нефти в песчаниках неоконма оцениваются в 200 млн т. В скважинах, пробуренных на шельфе Чу-

Based on study of Russia's Arctic shelf structure it was concluded the following:

1. Generation of all sedimentary-rock basins on the crust of continental type with subsequent transformation as a result of multistaged synchronous rift genesis resulted in formation of regional linear zones favourable for the complete cycle of hydrocarbon systems formation.

2. Probable unity of Eurasian and Amerasian sectors of Arctic in Paleozoic, and their tectonic segregation at Late-Mesozoic-Cenozoic stage.

3. Large thickness of sedimentary layer from 10 to 20 km in linear-elongated rift zones, so called "deep depressions" – the main objects of oil and gas exploration.

4. Effect of active Jurassic-Cretaceous and Cenozoic rift genesis on Arctic shelf margins resulted in similarity of structural-stratigraphic framework of the whole margin of oceanic basin of North Arctic Ocean.

The conclusion is that in the central most downwarped parts of sedimentary basins of Arctic the major oil and gas resources are concentrated. Most downwarped parts of basins due to displacement of oil fluids by gas ones in edged zones of troughs are predominantly gas-bearing. Primary oil potential is associated with Meso-Cenozoic complex of north-eastern shelf as well as with relatively uplifted blocks not subjected to submersion at depths of 5-6 km of Arctic's western sector. These regularities within individual structures of different nature could be revealed only in regional, wide approach to investigation of Arctic and its consideration as a single unit over long history of geological evolution.

котского моря, известны многочисленные нефте- и газопроявления из известняков формации Лисберн в скв. Попкорн и Даймон, из формации Ивишак триасового возраста в скв. Клондаик получены притоки нефти. Многочисленные нефтепроявления отмечены выше мелового несогласия в породах свит Пейл Шейл, Торок и Нанушук.

В разрезе Чукотского моря выделяются благоприятные структуры, в том числе крупные линейные поднятия, с которыми могут быть связаны зоны нефтегазонакопления. Широко развиты зоны выклинивания и стратиграфического срезания (Бурлин Ю.К. и др., 2004). В пределах Северо-Чукотского прогиба есть благоприятные для нефтегазонакопления структурные формы многих типов (складки, зоны литологического выклинивания, стратиграфического срезания, возможно, диапировые складки),

которые являются объектами поиска нефти и газа. Этот крупный прогиб можно рассматривать как нефтегазоносный бассейн, представляющий в восточном секторе российской Арктики наибольший интерес [2]. Перспективы нефтегазоносности следует связывать с надвигами Врангелевско-Геральдской зоны поднятий, где на доступной глубине могут быть вскрыты отложения триаса и верхнего палеозоя. Глинистые породы альба (формация Торок на Аляске) служат эффективным флюидоупором.

В пределах сверхглубоких депрессий максимальной продуктивностью обладают "тектонические узлы", т.е. участки, которые попадают в область пересечения зон континентального рифтогенеза разной направленности, а возможно, и разного возраста. Эти "тектонические узлы" отражают пересечение зон с высокой глубинной

энергией, что вызывает аномальность всех происходящих в них процессов, в том числе и нефтегазообразования и последующей миграции УВ. К таким участкам в пределах Баренцевоморского бассейна можно отнести область пересечения палеозойской субширотной зоны рифтогенеза и наложенной на нее субмеридиональной зоны триасового рифтогенеза, протягивающейся вдоль Новоземельской складчатой области и сформировавшей Южно-Баренцевскую и Северо-Баренцевскую впадины. В эту область попадают гигантское газовое Штокмановское месторождение и два крупных месторождения газа (Лудловское и Ледовое).

В пределах Южно-Карско-Западно-Сибирского бассейна к таким тектоническим узлам можно отнести участки пересечения Енисей-Хатангского прогиба как с Южно-Карско-Ямальской зоной рифтогенеза, так и с рифтом моря Лаптевых. В пределах Западной Сибири к подобному тектоническому узлу приурочена большая часть газовых гигантов Ямала.

В западной части моря Лаптевых наиболее перспективны для поисковых работ на нефть и газ зоны пересечения двух рифтогенных прогибов, рифтогенеза моря Лаптевых и восточной части Енисей-Хатангского прогиба.

Вблизи пересечений рифтовых прогибов находится крупное Трофимовское поднятие, расположенное частично в дельте Лены, намечены и другие благоприятные структуры.

Перспективы Северо-Чукотского, Восточно-Сибирского прогибов, котловины Подводников и, возможно, Амундсена и других сверхглубоких впадин Восточной Арктики связаны, прежде всего, с верхнемеловыми и кайнозойскими отложениями. Их мощность достигает 10 км и более. Помимо центральных частей прогибов перспективами обладают также и их бортовые зоны,

такие как склоны поднятий Де-Лонга и Северо-Чукотского. Кроме того, высокие перспективы имеют и инверсионные поднятия палеозойских прогибов там, где они доступны для бурения (Врангелевско-Геральдская зона поднятий).

Выводы

Основными особенностями строения арктического шельфа России являются.

1. Зарождение всех осадочно-породных бассейнов на коре континентального типа с последующим преобразованием в результате многоэтапного синхронного рифтогенеза, приведшего к формированию региональных линейных зон, благоприятных для полного цикла формирования УВ-систем.

2. Возможное единство евразийского и амеразийского секторов Арктики в палеозое и тектоническая разобщенность их на поздне-мезозой-кайнозойском этапе.

3. Большая толщина осадочного слоя от 10 до 20 км в линейно-вытянутых рифтовых зонах, так называемых глубоких депрессиях — основных объектах поиска нефти и газа.

4. Влияние активного рифтогенеза юрско-мелового и кайнозойского возраста на окраины арктического шельфа, что привело к сходству структурно-стратиграфического строения всей окраины океанической впадины Северного Ледовитого океана.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что в центральных, наиболее прогнутых частях осадочных бассейнов Арктики сосредоточены главные потенциальные ресурсы газа и нефти. Преимущественно газонасны наиболее прогнутые части бассейнов из-за вытеснения нефтяных флюидов газовыми в бортовые зоны прогибов. Преимущественная нефтеносность связана с мезо-кайнозойским комплексом

северо-восточного шельфа, а также с относительно приподнятыми блоками, не испытывавшими погружения на глубину 5-6 км западного сектора Арктики. Эти закономерности в пределах отдельных структур различной природы могут быть выявлены только при региональном, широком подходе к изучению Арктики и рассмотрении ее как единого целого на протяжении длительной истории геологического развития.

Литература

1. **Грамберг И.С.** Нефтегазоносность Арктического супербассейна / И.С.Грамберг, О.И.Супруненко, К.Г.Вискунов и др. // Разведка и охрана недр. — 2000. — № 12.
2. **Клещев К.А.** Основные направления поисков нефти и газа в России // Геология нефти и газа. — 2007. — № 2.
3. **Остров Врангеля:** геологическое строение, минерагения, геоэкология / Под ред. М.К.Косыко, В.И.Ушакова // Тр. НИИГА-ВНИИОкеангеология. — Т. 200. — СПб.: Изд. ВНИИОкеангеология, 2003.
4. **Ровнин Л.И.** Перспективные направления поиска крупных и уникальных месторождений нефти и газа на шельфе морей в Западной Арктике / Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа. — М.: ООО "Геоинформ-марк", 2004.
5. **Филатов Н.И.** Тектоника Восточной Арктики / Н.И.Филатов, В.Е.Хаин // Геотектоника. — 2007. — № 3.

© Ю.К.Бурлин, А.В.Ступакова, 2008