

ПРОГНОЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО БАССЕЙНА И РАЗВИТИЕ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Н.О. Сорохтин¹, Н.Е. Козлов¹, В.Н. Глазнев²
¹ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты; ²ВГУ, г. Воронеж

Определение масштабов проявления, временных эпох генерации и зон локализации углеводородного сырья в пределах западной части Арктического шельфа России связано с выявлением и обоснованием особенностей развития региона в прошлые геологические эпохи. Карско-Баренцевоморский нефтегазоносный бассейн достаточно хорошо изучен геолого-геофизическими методами, однако закономерности пространственно-временного распределения УВ в его пределах и историко-генетические аспекты развития региона остаются на сегодняшний день практически неисследованными.

В процессе эволюции Восточно-Европейской платформы (ВЕП) в ее северной и северо-западной (в современных румбах) оконечностях в постархейское время, по-видимому, периодически имели место раскол и коллизионное сочленение с Северо-Американской литосферной плитой (Хаин, 2001). На это, в частности, указывает сопоставимость структурно-вещественных комплексов свекофеннид Балтийского щита и кетилид Южной Гренландии и Канады, сформированных около 1,9–1,8 млрд лет назад во время закрытия Свекофеннского палеоокеана при формировании суперконтинента Мегатея (1,9–1,8 млрд лет назад). По раннему и среднему рифею (1650 – 1350 млн лет назад) достоверные геологические данные в этой части платформы отсутствуют, что может косвенно указывать на процессы раскрытия океана Палеояпетус, разделившего некогда единые Канадско-Гренландские континентальные образования и родственные им структурно-вещественные комплексы Балтийского щита.

В Перитиманской области и в Кандалакшско-Двинском бассейне в интервале 1350–1050 млн лет назад развивались структуры прогибания фундамента и накопления континентальных терригенных осадков с примесью вулканитов (Хаин, 2001). В это же время на северо-востоке ВЕП начинают формироваться шельфовые и склоновые осадочные комплексы пассивной окраины континента (Негруца и др., 1993). Данные события хорошо согласуются с фактическим материалом о времени распада суперконтинента Мегатея (Штилле) около 1,7 млрд лет назад, продолжавшегося вплоть

до позднего рифея (около 1000 млн лет назад), когда был сформирован следующий в истории Земли суперконтинент Мезогея (Сорохтин, Ушаков, 1991). В это время в северо-западной периферической зоне ВЕП формируется Дальсландская складчатая область, являющаяся продолжением Гренвильского пояса в Канаде и Гренландии и маркирующая зону закрытия океана Палеояпетус.

В венде (650–570 млн лет назад), процессы пенеппенизации привели к формированию комплекса континентальных терригенных осадков со следами тиллитов на северо-западе (Чумаков, 1978) и прибрежно-морских образований на севере в районе п-ова Варангер (Raaben *et al.*, 1995). В это же время продолжалось накопление осадочного комплекса шельфовых и континентально-склоновых образований на северной и северо-восточной пассивных окраинах ВЕП. Дальсландский орогенез на западе ВЕП привел к формированию целого ряда закономерно расположенных в пространстве рифтовых систем в ее северо-восточных районах. При этом тектонические условия их формирования носили явный отраженный характер, что закономерно сказалось на практически полном отсутствии магматической составляющей в разрезах рифтов и на плечах структур. Лишь на северной оконечности Кольского п-ова и на п-овах Средний и Рыбачий отмечены редкие тела и дайки долеритов, относимые к данному времени.

Условия относительного тектонического покоя в восточной и северо-восточной частях ВЕП в течение очень продолжительного отрезка времени (около 780 млн лет– с 1350 по 570 млн лет назад) свидетельствуют о возможном накоплении огромных масс, потенциально нефтегазоносных осадочных образований на склоне и у подножия континента. В эту эпоху континент последовательно мигрировал из приэкваториальной зоны Земли, где он находился в момент формирования Мезогеи (около 1,0 млрд лет назад), в высокоширотные и приполярные области (около 800–650 млн лет назад) (Сорохтин, Ушаков, 2002).

В настоящее время рифейские образования пассивной окраины севера и северо-востока (в современных румбах) Русской плиты обнажены в пределах п-ова Варангер в Северной Норвегии, п-овах Средний, Рыбачий и о-ве Кильдин на северной оконечности Кольского п-ова, а также на Канином носу и Тиманском выступе Архангельской области. В геологической литературе эти образования выделяются как Тимано-Варангерская система байкалитид (Милановский, 1996; Симонов и др., 1998) и представляют собой моноклиналиное напластование средне-, позднерифейских и вендских

метаморфизованных осадочных комплексов, тектонически взброшенных, местами надвинутых на архейские и раннепротерозойские образования Балтийского щита и Русской плиты (Сейсмогеологическая модель..., 1997). Поверхность моноклинали полого погружается в сторону Южно-Баренцевоморской впадины под углом $2-5^{\circ}$, а затем угол наклона увеличивается до $5-10^{\circ}$ (Симонов и др., 1998). Осадочные комплексы среднего рифея представлены сероцветными полимиктовыми конглобрекциями, конгломератами и гравелитами с прослоями алевролитов и псаммитов. В верхних частях разреза наблюдается переслаивание сероцветных аргиллитов, алевролитов, полимиктовых псаммитов и конгломератов с линзами и конкрециями карбонатных пород. Позднерифейские и вендские образования представлены переслаиванием разноцветных кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, алевролитов, пелитов и доломитов. В разрезе встречаются прослои полимиктовых конглобрекций с обломками фосфоритов и карбонатных стяжений. Вторичные преобразования соответствуют стадии метагенеза – начального метаморфизма (Чикирев, 1995). Геодинамические условия накопления перечисленных комплексов отвечают единому латеральному ряду шельфовых, континентально-склоновых и подножно-континентальных образований (Негруца и др., 1993).

Присутствие в разрезе фосфоритов и карбонатных стяжений указывает на существование в указанный период времени эпиконтинентальных морских условий в северо-восточной части литосферной плиты и наличие зоны апвеллинга. Следует подчеркнуть, что фосфоритообразование в этих зонах характерно исключительно для тропических областей океана, тогда как Восточно-Европейская платформа лишь к позднему рифею и венду сместилась в более низкие широты из приполярных областей (Сорохтин, 2007). Факт обнаружения незначительных концентраций фосфоритов только в верхах разреза свидетельствует о начальном этапе их образования и о нахождении континентальной плиты в умеренной климатической зоне. Это же касается и карбонатных стяжений, которые способны формироваться за счет выпаривания солей карбоната на мелководье и в умеренных, субтропических или аридных климатических условиях. Практически полное отсутствие наложенных процессов магматизма, метаморфизма и складчатости свидетельствует об отсутствии в этой части ВЕП каких-либо признаков активной окраины континента как на стадии эволюции окраинно-континентального бассейна, так и в последующие эпохи.

В позднем венде – раннем кембрии, около 620–540 млн лет назад, произошло сочленение северной и северо-восточной оконечностей ВЕП с Баренцево-Печорской плитой (БПП), которая впоследствии была разделена на Свальбардскую, Северокарскую и Печорскую (Хаин, 2001). При этом к северо-западу от нее еще существовал океан Ялетус, сформированный после распада суперконтинента Мезогея (Сорохтин, Ушаков, 1991). Процесс приращения ВЕП протекал без интенсивной складчатости и магматизма, что указывает на касательное сдвиговое приращение или единой литосферной плиты, или серии эшелонированных островных дуг докембрийского возраста. На это указывает и неоднородный характер строения ее фундамента, заключающийся в сопряжении участков коры континентального (гранитного) и субокеанического типов (Сорохтин, Козлов, 2010).

Процесс сочленения двух плит привел к надвиганию шельфовых и континентально-склоновых образований среднего и позднего рифея и венда на окраину ВЕП и к формированию в районе п-овов Средний и Рыбачий крупных правосторонних сдвиговых и взбросо-надвиговых структур (рис. 1). А.П. Симонов с соавторами (1998) отмечает, что процессы формирования Тимано-Варангерской шовной зоны сопряжены с резким уменьшением мощности разреза в северо-западном (Кольско-Канинском) сегменте, тогда как в юго-восточном (Тиманском) сегменте наблюдается многократное его увеличение. К этому следует добавить, что в разрезе отсутствуют образования раннего рифея и лишь в самой юго-восточной части Тимано-Варангерской шовной зоны присутствуют осадки данного возраста (Хаин, 2001).

Описанные факты мы связываем с правосторонне-сдвиговым сочленением двух литосферных плит, при котором разделяющий их океанический бассейн был закрыт без субдукционного поглощения на большей части территории. При этом наиболее молодые фрагменты разреза шельфовых и континентально-склоновых образований Восточно-Европейской платформы были взброшены на край плиты, а частью срезаны, перемещены и сгружены в юго-восточном направлении. Более древние, раннерифейские комплексы, слагавшие нижние уровни склона и подножия континента, скорее всего, были захоронены в нижней части сформированной шовной зоны. Эти процессы привели к увеличению степени складчатости и метаморфизма, вплоть до зеленосланцевой фации в пределах Канинской и Тиманской частей разреза, а также к проявлению контрастного магматизма, от гранитоидного и гранодиоритового до габбро-диабазового. Еще южнее (в Предуралье)

эта зона переходит в конвергентную структуру, о чем свидетельствует вскрытый бурением комплекс магматических пород островодужного типа (Хаин, 2001).

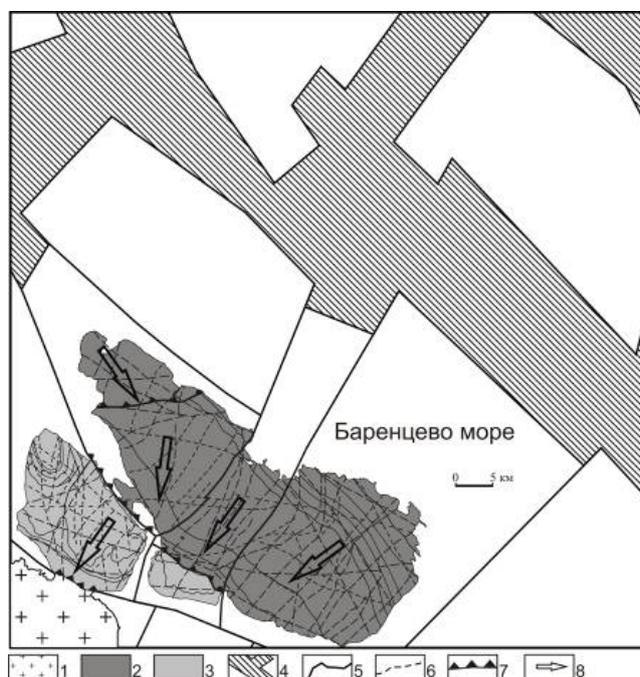


Рис. 1. Геолого-кинематическая схема блокового строения прибрежной зоны северо-восточной оконечности Балтийского щита

1– нерасчлененный комплекс фундамента неoarхея; 2,3– осадочные отложения рифея (венда): 2– средний рифей: баргоутская серия – цыпнаволоцкая, скарбеевская, зубовская, майская свиты; эйновская серия – перевальная, лонская, мотовская свиты; 3– верхний рифей (венд): волоковская серия – пуманская, куйканская свиты; кильдинская серия – каруярвинская, землепахтинская, поропелонская, палвинская, пряярвинская свиты; 4– структурные ограничения блоков коры, штриховкой показаны структуры проседания; 5– крупные разрывные нарушения; 6– оперяющие разрывные нарушения; 7– взбросо-сдвиги и надвиги; 8 – направление перемещения блоков коры

Изучение закономерностей геодинамической эволюции западной части Арктического шельфа России позволяет заключить, что в его пределах можно выделить четыре возрастных интервала нефтегенерирующих процессов, которые закономерно распределены в пространстве и отражают специфику развития континентальной коры и океанических бассейнов. Как уже отмечалось выше, к наиболее ранним потенциально нефтегазоносным образованиям следует относить структурно-вещественные комплексы рифея, которые развиты в зоне сочленения Русской, Тимано-Печорской и Баренцевоморской литосферных плит. Позже возникли потенциально нефтегазоносные

площади, связанные с закрытием океана Япетус в раннем ордовике – позднем девоне (505–362 млн лет назад) и локализованные в западной части Баренцевоморской плиты, а также к северу от каледонид Балтийского щита. Еще позже, в результате закрытия Палеоуральского океана в раннепермское – раннетриасовое время (290–241 млн лет назад), были сформированы нефтегазоносные области к западу и востоку от Уральской складчатой системы по линии Полярный Урал – Пай-Хой – Новая Земля – п-ов Таймыр (рис. 2).

Четвертый, завершающий, этап формирования нефтегазового потенциала рассматриваемого региона связан с зоной накопления углеводородов биогенного и абиогенного (газогидратного) типов в основании материкового склона на пассивной окраине континента в кайнозое (55–0 млн лет назад). Все перечисленные этапы генерации и накопления УВ в осадочном чехле континентальной коры европейской части Арктического шельфа России привели к возникновению ряда крупных, закономерно расположенных в пространстве нефтегазоносных областей с гигантским совокупным потенциалом.

Вслед за А.Н. Дмитриевским и М.Д. Белониным (2004), описываемая территория была разделена нами на ряд закономерно расположенных в пространстве нефтегазоносных бассейнов и провинций (рис. 3). При этом изучение пространственно-временных закономерностей размещения типов УВ, а также геолого-геодинамический анализ корообразующих и преобразующих процессов показали, что бассейны Северного, Норвежского и Западно-Баренцевского морей резко отличаются от Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций и, скорее всего, могут быть разделены на два крупных генетических типа (Сорохтин и др., 2010).

К первому типу можно отнести те, которые в процессе эволюции нефтегазоносных бассейнов прошли один (каледонский) или два (каледонский и герцинский) этапа тектоно-магматической активизации, а ко второму типу – те, которые прошли только один, герцинский этап. Кроме того, в пределах южной части Баренцево-Северо-Карской и Тимано-Печорской провинций, на границе с архейскими комплексами Балтийского щита выделяется самостоятельная зона потенциального нефтегазонакопления рифейского возраста, что подчеркивает их уникальность и возможность существенного приращения УВ потенциала региона. Эта область примечательна тем, что процессы генерации углеводородного сырья в ней протекали на протяжении наиболее продолжительного

времени, а общий потенциал был сформирован в течение трех тектоно-термальных эпох: байкальской, каледонской и герцинской.

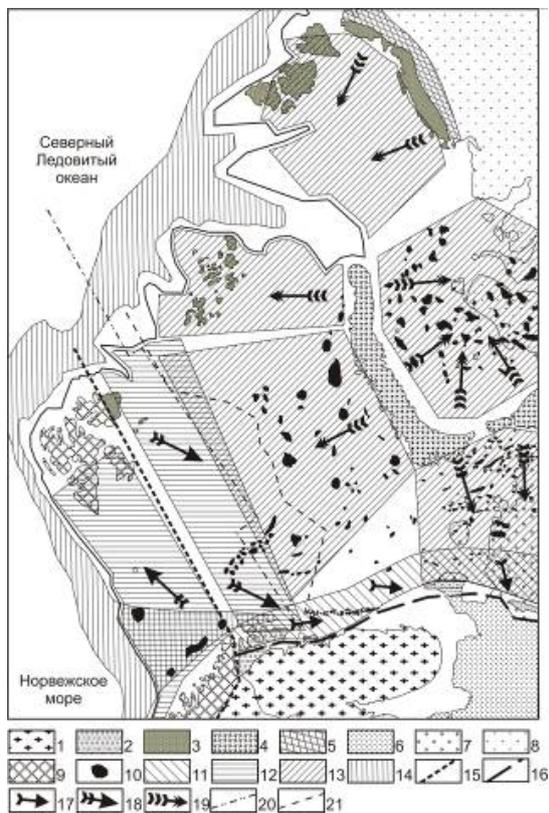


Рис.2. Схема потенциальной нефтегазоносности Баренцевоморско-Карского шельфа России (Сорохтин и др., 2011)

1– фундамент Балтийского щита архейского возраста; 2– осадочные комплексы рифея и венда; 3– фундамент Свальбардской и Северо-Карской плит; 4– Складчатые образования Урала и Новой Земли Урало-Монгольского пояса; 5– складчатые образования п-ова Таймыр; 6– чехольные комплексы Восточно-Европейской платформы; 7– чехольные комплексы Печорской плиты; 8– чехольные комплексы Западно-Сибирской и Сибирской платформ; 9– складчатые образования каледонид Северо-Атлантического пояса; 10– потенциально нефтегазоносные (по геолого-геофизическим данным) структуры и выявленные месторождения углеводородов; 11– зона потенциальной нефтегазоносности рифей-вендского возраста; 12– потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием океана Япетус в раннем ордовике - позднем девоне (505–362 млн лет); 13– потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием Палеоуральского океана в раннепермское - раннетриасовое время (290–241 млн лет); 14– зона формирования углеводородов биогенного и газогидратного (абиогенного) типов на пассивной окраине континента в кайнозое (55–0 млн лет); 15– линия ограничения складчатых образований каледонид Северо-Атлантического пояса на шельфе Баренцева моря; 16– краевой шов Тимано-Варангерской системы окраинно-континентального типа; 17– направление миграции углеводородов, сформированных в рифей-вендское время; 18– направление миграции углеводородов, сформированных в раннем ордовике - позднем девоне; 19– направление миграции углеводородов, сформированных в раннепермское - раннетриасовое время; 20– граница ответственности арктического сектора России; 21– срединная линия между территориями России и Норвегии

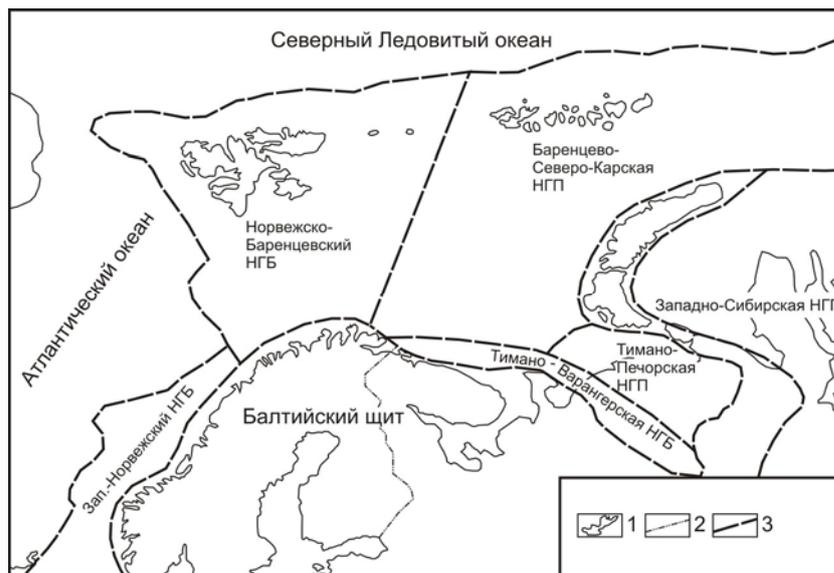


Рис. 3. Нефтегазоносные бассейны и провинции запада Российской Арктики по А.Н. Дмитриевскому и М.Д. Белонину (2004) с изменениями
 1– контур береговой линии; 2– государственная граница и граница ответственности арктического сектора России; 3– срединная линия между территориями России и Норвегии; границы нефтегазоносных бассейнов, областей и провинций

Северная граница выделяемых нефтегазовых бассейнов и провинций, сопряженных с зоной сочленения континентального склона с океанической литосферой Атлантического и Северного Ледовитого океанов может быть проведена по материковому подножию, что, возможно, существенно изменит в будущем их совокупный нефтегазовый потенциал. Здесь же следует отметить, что наименее изученным, ввиду сложных климатических условий, является Северо-Карский бассейн, который, по-видимому, следует считать естественным продолжением Свальбардской плиты, отделенной от Южно-Карского фрагмента Западно-Сибирской нефтегазовой провинции трансформным разломом.

Наряду с уже выявленными и частично разведанными крупными и уникальными месторождениями нефти и газа в пределах Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций, можно выделить потенциально богатую углеводородным сырьем и недостаточно исследованную область, которая при обнаружении в ней промышленно значимых скоплений может существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона. Она находится на северной оконечности Мурманской области в пределах п-ова Рыбачий, в непосредственной близости от областного центра и является частью Тимано-Варангерского пояса (рис. 4).

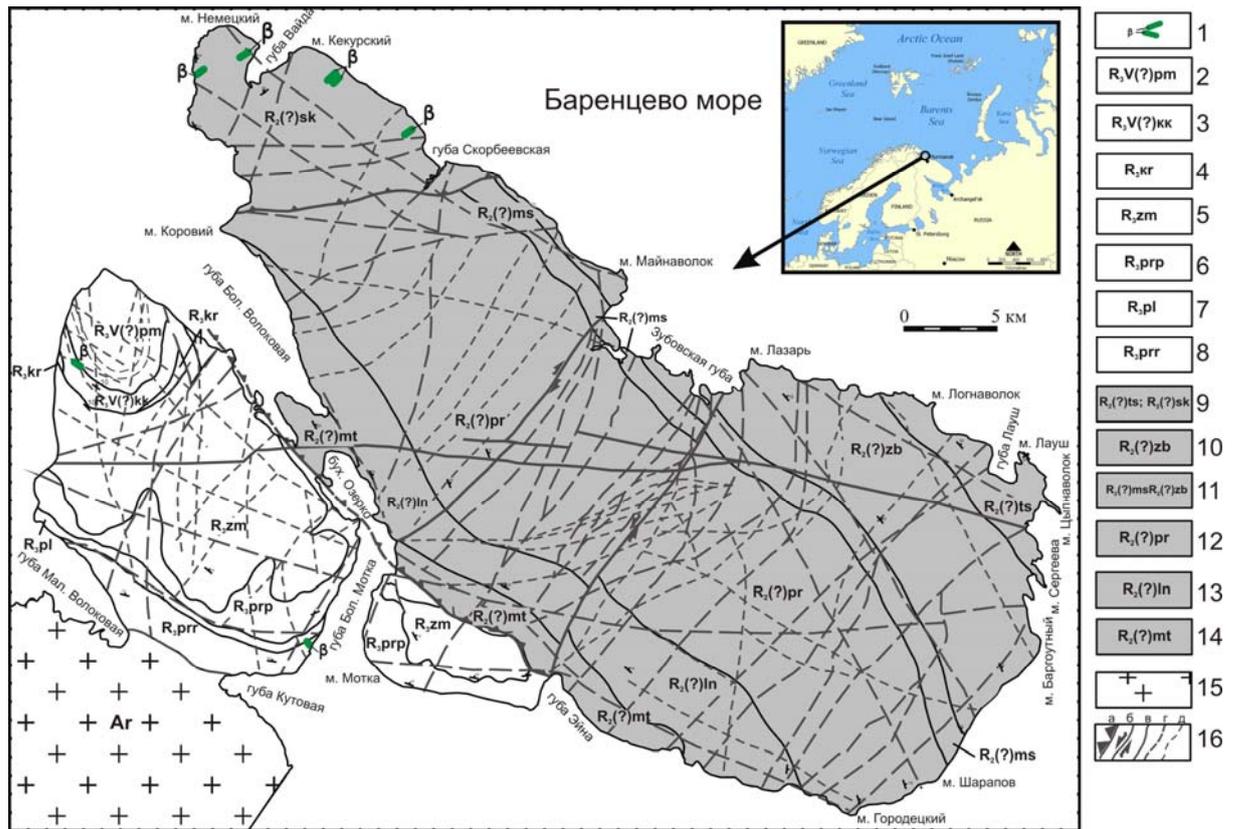


Рис. 4. Геологическая карта п-овов Средний и Рыбачий

1– дайки долеритов; 2–8 – верхний рифей (венд?): 2,3– волоковая серия: 2– пуманская свита – переслаивание желтовато-серых аркозовых псаммитов, алевролитов и темноцветных пелитов; 3– куяканская свита – желтовато-серые полимиктовые конглобрекции с обломками фосфоритов, аркозовые гравелиты и псаммиты с маломощными прослоями темноцветных алевролитов и пелитов; 4–8– **кильдинская серия**: 4– каруярвинская свита – переслаивание пестроцветноокрашенных аркозовых и олигомиктовых псаммитов, алевролитов и доломитов; 5– землепахтинская свита – желтовато-серые аркозовые псаммиты с маломощными прослоями алевролитов и пелитов с линзами фосфоритсодержащих пород; 6– поропелонская свита – переслаивание серо-зеленых аркозовых псаммитов и темноцветных алевролитов; 7– палвинская свита – переслаивание разноцветных кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, алевролитов, пелитов и доломитов; 8– пярярвинская свита – переслаивание серо-зеленых и кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, темноцветных алевролитов и пелитов; 9–14 средний рифей: 9–11– баргоутная серия: 9– цыпнаволоцкая (R_{2ts}) и скарбеевская (R_{2sk}) свиты – переслаивание аргиллитов и алевролитов с линзами карбонатных пород; 10– зубовская свита – переслаивание сероцветных полимиктовых псаммитов, алевролитов, пелитов; 11– майская свита – переслаивание сероцветных кварцевых и полимиктовых конгломератов с полимиктовыми псаммитами; 12–14– эйновская серия: 12– перевальная свита – толща сероцветных полимиктовых псаммитов и гравелитов с редкими прослоями полимиктовых конгломератов, алевролитов и пелитов; 13– лонская свита – переслаивание сероцветных полимиктовых конгломератов, гравелитов, псаммитов с редкими прослоями алевролитов и пелитов; 14– мотовская свита – сероцветные полимиктовые конглобрекции и гравелиты с прослоями полимиктовых псаммитов с редкими прослоями и линзами алевролитов и пелитов; 15– нерасчлененный комплекс тоналит-гранодиоритов неорархей; 16– тектонические нарушения: *a–в* – разрывные нарушения первого ранга: *a*– надвиги и всбросо-сдвиги, *б*– сдвиги, *в*– разломы с неясной кинематикой, *г*– разрывные нарушения второго ранга; *д*– разломы третьего ранга

Отложения п-ова Рыбачий простираются в северо-западном направлении (290–310°) и падают на северо-восток под углом 15–35°. Толщи слабо дислоцированы в складки шириной от 400 до 700 м. В замках антиклиналей наблюдаются следы перемещения одних слоев относительно других и растяжение слоев, приводящее к образованию многочисленных трещин излома. Следует особо отметить описанные Т.П. Вронко явления мелких надвигов по северному берегу губы Эйна, в южной части п-ова Рыбачий (Люткевич, Харитонов, 1958). Однако помимо малоамплитудных, имеются и более крупные надвиги, амплитуда смещения по которым может достигать от сотни метров до первых километров.

В результате проведения комплексных геолого-геофизических работ на п-ове Рыбачий были получены новые данные о его геологическом строении, что позволило выделить перспективную на поиски месторождений углеводородов площадь (рис. 5). Процедура моделирования сводилась к задаче классификации в некотором весовом пространстве определенных признаков, главными из которых являются: аномалии и зоны градиентов гравитационного поля; аномалии регионального и локального магнитного полей; аномалии газовой съёмки по метану и пропану; аномалии суммарной интенсивности гамма-фона; поверхностное геологическое строение территории; тектоника изучаемой территории; структурные особенности изучаемой территории; суммарная мощность рифейского осадочного чехла.

Принципиально важным моментом в таком моделировании является выбор системы нормированных весовых функций, которые обеспечивают оптимальность классификации территории по некоторому априорному правилу для набора признаков.

В результате проведенных исследований достаточно уверенно просматривается сопряжение выделенной площади с развитым в центральной части п-ова Рыбачий срединным поперечным грабеном, который был сформирован на стадии активного развития Норвежско-Мезенской системы рифтов в прибрежной акватории Баренцева моря (рис. 1, 4). Этот грабен по значениям комплексного параметра в целом характеризуется как область благоприятного сочетания признаков для поисков залежей углеводородов. В процессе моделирования рассматривалась также степень изменения комплексного признака при вариациях нормированных весовых функций в некоторых разумных пределах. При этом исследовались наиболее устойчивые черты пространственного поведения комплексного признака и было просчитано более 50 моделей его

распределения.

Исследования показали и то, что одну из основных ролей в формировании современного геологического облика территории играли тектонические процессы, обеспечившие сложное сочетание сдвиговой и, частично, надвиговой тектоники при совмещении комплексов пород п-ова Средний и Рыбачий. Анализ региональных сейсмических материалов МОВ-ОТГ позволяет предполагать, что в пределах участков (прямоугольная и окружная площади) суммарная мощность рифейского осадочного чехла составляет 4,0–6,0 км, причем в нижних его горизонтах возможно обнаружение кильдинского комплекса. Породы этого комплекса по своим геохимическим и петрофизическим характеристикам благоприятны для накопления крупных залежей углеводородов.

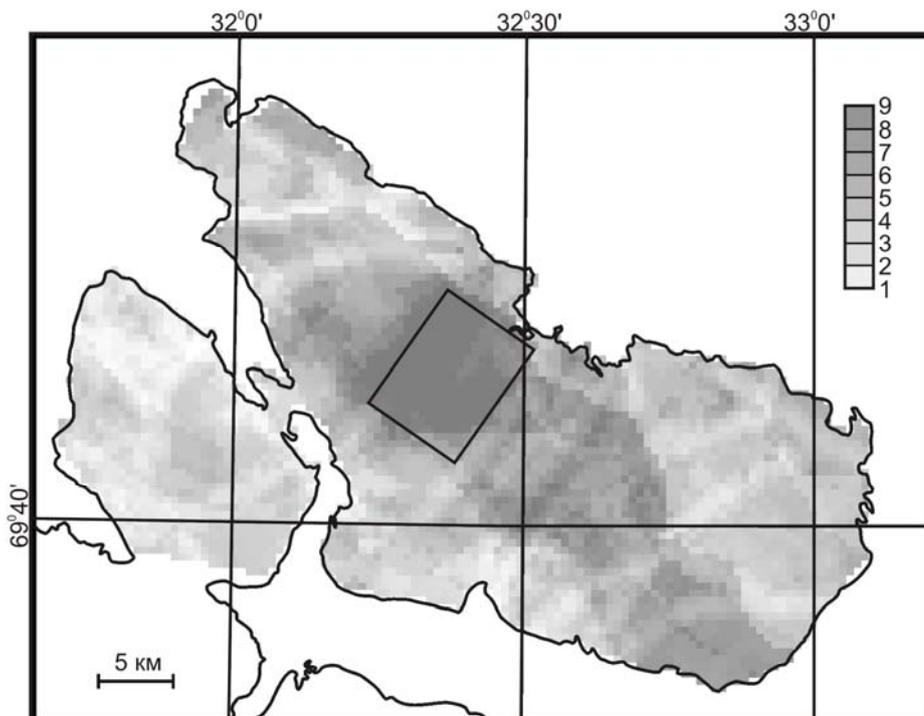


Рис. 5. Пример вычисления комплексного признака с равновесной весовой функцией для полуостровов Средний и Рыбачий (Кольский полуостров). Чем выше значение комплексного признака, тем выше потенциал территории. Прямоугольный полигон расположен в области максимального проявления комплексного признака

С 2003 по 2010 г. в пределах центральной и западной частей п-ова Рыбачий и на п-ове Средний велись интенсивные исследования на предмет поиска в рифейских отложениях промышленных скоплений углеводородного сырья. Эти работы проводились

ООО “Арктические технологии” в рамках лицензионного соглашения №1145 от 05 марта 2003 г. “Геологическое изучение Рыбачинского участка недр с целью поиска и оценки УВ сырья”. В результате было выявлено более сложное, нежели предполагалось ранее, строение земной коры данного региона. Это привело к увеличению временного интервала, отпущенного лицензионным соглашением на выявление зон потенциальной концентрации УВ сырья и к сокращению времени необходимо-достаточного параметрического и поискового бурения глубоких скважин.

По совокупности всех геолого-геофизических данных, в пределах п-овов Средний и Рыбачий в настоящее время можно выделить три отличные друг от друга структурно-фациальные зоны (рис. 6). Первая – Северная, или Скорбеевская, – представлена сложноскладчатыми прорванными дайками диабазов и многочисленными кварцевыми и карбонатными жилами, сланцами скорбеевской свиты, развитыми на северо-западе п-ова Рыбачий, и предположительно одновозрастными им сланцами цыпнаволоковской свиты, составляющими северо-западное окончание п-ова Рыбачий. Вторая – Центральная, или собственно Рыбачинская, – представлена смятыми в асимметричные слабоопрокинутые к югу пологие складки и нарушенными разновременными разрывами, частью прокварцованными, отложениями одноименного комплекса в составе эйновской и баргоутной серий, занимающих центральную и южную части п-ова. Третья – Южная – фиксируется пологодислоцированными прорванными дайками диабазов, отложениями кильдинской серии, развитыми на п-ове Средний, м. Мотка п-ова Рыбачий, и волоковой серии, приуроченной к северо-западной части п-ова Средний. Их линияментный узор существенно различен: – пологая северо-западная (280–290°) ориентировка разрывных деформаций для Скорбеевской зоны, северо-западная (330–335°) и субмеридиональная (СЗ–350°, СВ–10°) – для Рыбачинской зоны и нечетко выраженная перекрестная северо-западная и субмеридиональная – для п-ова Средний.

Анализ приведенных выше данных показывает, что бурение первой (Пограничная-1, глубиной 5202 м) и второй (Рыбачинская, глубиной 3001 м) параметрических скважин силами ООО “Арктические технологии” вскрывает разрезы только двух из трех структурно-фациальных зон лицензионной площади и не дает полного представления о перспективах остальной территории на поиски УВ сырья. Мало того, скважины были пробурены в пограничной зоне и, к сожалению, не подсекли продуктивные горизонты (рис. 6). Здесь следует отметить, что в 2009 и 2010 гг. на перешейке п-овов Средний и

Рыбачий были пробурены две поисковые скважины: Р-2 – 800 м и К-1 – 1000 м (рис. 6). На глубинах 790 и 800 м обе скважины вошли в брекчии с устойчивым притоком газа. Геохимический анализ проб в скважине Р-2 показал, что состав газа многокомпонентен и имеет явный метановый тренд (табл. 1) (Сорохтин и др., 2010).

Таблица 1

Средние значения компонентного состава по 5 пробам, скважина Р-2

Компоненты	Среднее значение, масс %	Среднее значение, объем %
Водород	0,001	0,0094
Углекислый газ	0,21	0,082
Азот	7,568	4,702
Гелий	0,074	0,3246
Метан	82,94	89,942
Этан	7,99	4,622
Пропан	0,256	0,1
И-бутан	0,042	0,015
Н-бутан	0,136	0,04
И-пентан	0,152	0,038
Н-пентан	0,128	0,032
Гексаны	0,206	0,048
Гептаны	0,21	0,036
Октаны	0,05	0,01

Одна из проб газа, отобранная в скважине Р-2, исследовалась в ЦИИ ВСЕГЕИ для выяснения его происхождения с помощью данных об изотопном составе углерода. Проба была отобрана в полиэтиленовую бутылку. По представленным ООО “Арктические технологии” данным газ состоял из метана (89,4–90,2)% – по объему, азота (4,5–5,1)%, этана (4,3–5,0)%, гелия (0,32–0,33)% и углекислого газа (0,04–0,06)%. При этом был выполнен изотопный анализ углерода метана, этана и углекислого газа по методике IRM-MS с помощью масс-спектрометра DELTA plus XL, снабженного препаративной приставкой GC/C-III, работающей в режиме «on line» (аппаратура производства фирмы ThermoFinnigan). Результаты определения отношения двух стабильных изотопов углерода

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в образцах, как обычно, представлены в виде смещения этого отношения относительно международного стандарта PDB в тысячных долях (‰ – промилле):

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = 1000 \left(\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{обр}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{станд}}} - 1 \right).$$

Минимально необходимая для анализа объемная концентрация компонента составляла 0,1%, среднеквадратическая ошибка – менее $\pm 0,2\%$. В данной пробе проводились полностью повторные измерения, результаты которых приведены в табл. 2.

При интерпретации полученных данных использовались накопленные сведения о распространенности изотопов углерода в биогенном метане, месторождениях нефти и газа, в других объектах. Углерод биогенного (биохимического, болотного) метана очень легкий, ему свойственно крайне низкое значение $\delta^{13}\text{C}$ – обычно от -90 до -70% (Хёфс, 1983, и др.). В качестве верхнего предела для такого типа метана можно привести значение $\delta^{13}\text{C} = -65\%$. Достоверных сведений об изотопном составе углерода биогенного этана нет; считается, что этот газ таким путем почти не образуется. Углерод CO_2 , возникающий в результате биогенного окисления захороненного органического вещества, по-видимому, характеризуется значениями $\delta^{13}\text{C}$ от -30 до -15% .

В залежах нефти и газа углерод всех рассматриваемых компонентов значительно тяжелее (Прасолов, 1990, см. табл. 2); значение $\delta^{13}\text{C}$ метана в подавляющем большинстве случаев находится в пределах от -52 до -34% .

Таблица 2

Изотопный состав углерода газов и нефти из месторождений и рассеянного органического вещества (РОВ) осадочных пород (Прасолов, 1990)

Вещество	Число залежей (образцов РОВ)	$\delta^{13}\text{C}$, ‰	$\pm\sigma$, ‰
Метан	520	-42,6	9
Этан	501	-31,3	4,5
Углекислый газ	93	-8,7	7
Нефть	260	-29,7	3,1
РОВ	768	-25,0	4,0

σ – среднеквадратическое отклонение.

Данные об изотопном составе и распространенности компонентов (табл.3) указывают на то, что возможные взаимные превращения С-содержащих газов не могли заметно исказить величину $\delta^{13}\text{C}$ метана. Она ($-53,4\text{‰}$) отвечает катагенному (термогенному) метану, присутствующему в залежах. По методу, представленному в работе (Прасолов, 1990), температура генерации метана оценивается в ~ 110 °С. Температура и соответствующая ей глубина в действительности могли быть большими, если к глубинному метану примешался биогенный, что снизило осредненное значение $\delta^{13}\text{C}$. Примесный газ – этан – чрезвычайно изотопно легок. Возможно, он представляет собой прежде не выявлявшийся раннекатагенетический газ. Скорее всего, углекислый газ в большей степени – продукт биогенного окисления органических веществ.

Таблица 3

Изотопный состав углерода газов из скважины Р-2

Измерение	$\delta^{13}\text{C}$, ‰			Соотношения (оценка)	
	CH_4	C_2H_6	CO_2	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$	CO_2/CH_4
Основное	-53,4	-49,7	-26,7	$\sim 0,005$	$\sim 0,01$
Повторное	-53,3	-49,3	-26,1	-	-
Среднее	-53,4	-49,5	-26,4	-	-

Анализируя полученные данные об изотопном составе углерода, можно заключить, что его природа определяется смешением двух генетических типов. С одной стороны, мы имеем низкотемпературный газовый компонент биогенного происхождения, а с другой – глубинный газ абиогенной природы. Более определенно данную совокупность генетических типов можно охарактеризовать, исследуя изотопы гелия и аргона.

Следует отметить, что выделяемый нами новый, потенциально нефтегазоносный район характеризуется формированием захороненных на больших глубинах осадочных толщ пассивной окраины рифейского континента, а также – развитием в каледонское и герцинское время Норвежско-Мезенской системы рифтов. Следовательно, газовые эманаии в этой зоне должны быть многокомпонентными, относящимися к углеводородам биогенного и абиогенного генетических типов. В этой же связи важным представляется факт главенства тектонических структур в качестве природных коллекторов изученного региона. Это подтверждается и тем, что устойчивый газовый

приток в скважинах К-1 и Р-2 был достигнут после вскрытия тектонических брекчий на глубинах 790 и 800 м.

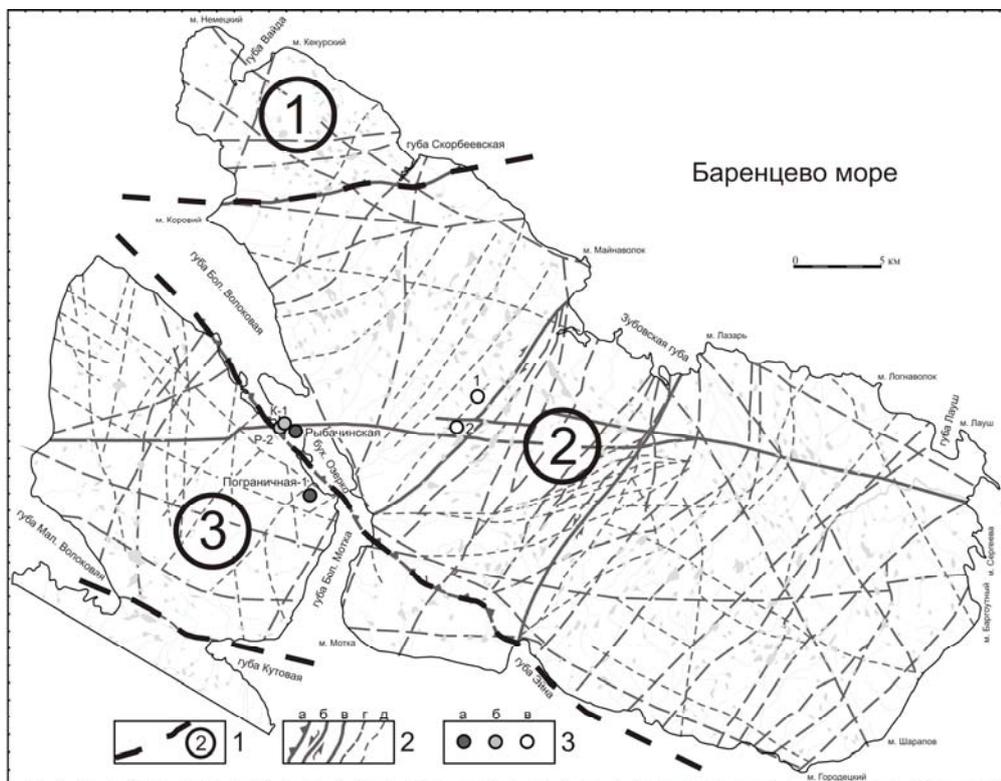


Рис. 6. Структурно-тектоническая схема районирования полуостровов Средний и Рыбачий 1– структурно-фациальные зоны (цифры в кружках): 1– Северная, или Скорбеевская; 2– Центральная, или Рыбачинская; 3– Южная (п-ов Средний и м. Мотка п-ова Рыбачий); 2– а-в – разрывные нарушения первого ранга: а– надвиги и взбросо-сдвиги; б– сдвиги; в– разломы с неясной кинематикой; з– разрывные нарушения второго ранга; д– разломы третьего ранга; 3– места расположения скважин: а– пробуренных параметрических; б– пробуренных поисковых; в– планируемых поисково-оценочных

Все приведенные данные по обоснованию высокой потенциальной нефтегазоносности указанного региона и целесообразности продолжения на его территории поисковых работ позволили нам выделить в пределах п-ова Рыбачий два локальных участка для постановки бурения глубоких поисково-оценочных скважин. Их строительство предполагается осуществлять в пределах выделенного по комплексу признаков полигона, в узле скрещения нескольких крупных тектонических разломов (рис. 5, 6). Ввиду большой площади полигона и вариативности проявления структурообразующих процессов, с нашей точки зрения целесообразно проектирование именно двух скважин на данной территории.

В процессе проведения поисковых работ геолого-геофизическими методами

возможно будет не только подсечь тектонические зоны брекчирования с промышленными притоками газа, но и охарактеризовать исследуемую территорию на предмет концентрации в толще рифейских осадков скоплений углеводородного сырья.

В заключение следует отметить, что прогнозирование областей, зон и районов локализации промышленно-значимых скоплений углеводородного сырья в пределах нефтегазоносных бассейнов и, прежде всего, их экономического потенциала является крайне важной задачей при осуществлении поисковых работ и не должно игнорироваться при изучении слабоизученных территорий.

Данная работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН №24 2009–2011 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриевский А.Н., Белонин М.Д.* Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов Российского шельфа // *Природа*. 2004. №9. С. 6–15.
2. *Люткевич Е.М., Харитонов Л.Я.* Докембрийские отложения полуостровов Рыбачий, Среднего и острова Кильдина // *Геология СССР*. Т. XXXVII. Мурманская область, Ч. 1, Геологическое описание. М. 1958. С. 361–370.
3. *Милановский Е.Е.* Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). М.: Изд-во МГУ, 1996. 448 с.
4. *Негруца В.З., Басалаев А.А., Чикирев И.В.* Баренцевоморский фосфоритовый бассейн. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993. 119 с.
5. *Прасолов Э.М.* Изотопная геохимия и происхождение природных газов. Л.: Недра, 1990. 284 с.
6. Сейсмогеологическая модель литосферы Северной Европы: Лапландско-Печенгский район / Отв. ред. Н.В. Шаров. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. 225 с.
7. *Симонов А.П., Губерман Д.М., Яковлев Ю.Н. и др.* Рифейская нефть полуострова Рыбачий: миф или ключ к принципиально новому направлению нефтегазопоисковых работ на шельфе Баренцева моря? // *Вестн. МГТУ*. 1998. Т.1, №2. С. 121–140.
8. *Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Глазнев В.Н., Чикирев И.В.* Геология и потенциальная нефтегазоносность полуострова Рыбачий (Кольский п-ов). // *Геология, геофизика и разраб. нефт. и газовых месторождений*. 2011. №5. С. 14–19.

9. *Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Куликов Н.В.* Нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа России и прогнозные критерии поиска УВ сырья в прибрежной зоне Кольского региона // Вестн. КНЦ РАН. 2010. №1. С.66–82.
10. *Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Глазнев В.Н., Чикирев И.В.* Потенциальная нефтегазоносность западной части Арктического шельфа России и прогнозные критерии поиска УВ сырья в прибрежной зоне Кольского полуострова. // Вестн. МГТУ. 2010. Т.13, №4/1. С. 736–750.
11. *Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е.* Геодинамическая эволюция западной части Арктического шельфа России. // Вестн. РАЕН. 2010. Т.10, №1. С. 32–41.
12. *Сорохтин О.Г.* Жизнь Земли. М.; Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”; Институт компьютерных исследований, 2007. 452 с.
13. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ, 1991. 446 с.
14. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Развитие Земли: учебник. М.: Изд-во. МГУ, 2002. 506 с.
15. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Науч. мир, 2001. 606 с.
16. *Хёфс Й.* Геохимия стабильных изотопов. М.: Мир, 1983. 200 с.
17. *Чикирев И.В.* Верхнедокембрийские фосфоритсодержащие отложения Кольского полуострова: Автореф. дис... канд. г.-м. наук, М.: МГУ, 1995. 18 с.
18. *Чумаков Н.М.* Докембрийские тиллиты и тиллоиды (проблемы докембрийских оледенений // Тр. ГИН. М., 1978. Вып. 308. 202 с.
19. *Raaben M.E., Lubtsov V.V., Predovsky A.A.* Correlation of stromatolitic formations of northern Norway (Finnmark) and northwestern Russia (Kildin Island and Kanin Peninsula)// Nor. Geol. Unders. Special Publ. Trondheim, 1995. P. 233–246.