

УДК 553.98(985)

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ФУНДАМЕНТА ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ

© 2017 г. | В.С. Шеин¹, А.В. Алференок¹, С.Л. Каламкаров¹, А.А. Книппер¹, В.А. Шеин²¹ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», Москва, Россия; sheinvs@mail.ru; info@vnigni.ru; kalamkarov@vnigni.ru; knipper@vnigni.ru;²ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», Москва, Россия; vashein@sakhnipi.ru

TECTONIC STRUCTURE AND OIL AND GAS POTENTIAL OF WESTERN ARCTIC BASEMENT AND ADJACENT REGIONS

© 2017 | V.S. Shein¹, A.V. Alferenok¹, S.L. Kalamkarov¹, A.A. Knipper¹, V.A. Shein²¹FGBU "All-Russian Research Geological Oil Institute", Russia, Moscow, sheinvs@mail.ru; info@vnigni.ru; kalamkarov@vnigni.ru; knipper@vnigni.ru;²ООО "RN-SakhalinNIPImorneft", Moscow, Russia; vashein@sakhnipi.ru

Поступила 25.07.2017 г.

Принята к печати 16.10.2017 г.

Ключевые слова: *Западная Арктика; фундамент; складчатое основание; тектонические комплексы; геодинамические обстановки; перспективы нефтегазоносности.*

Изложены взгляды авторов статьи о формировании разных типов фундамента с позиций тектоники литосферных плит. В пределах Западной Арктики и сопредельных регионов под осадочным чехлом выделены: континентальный, субконтинентальный, океанический, субокеанический фундаменты и складчатое основание, а также океанический фундамент в аллохтонном залегании. Определены контуры их распространения, показаны глубины залегания поверхности разных типов фундамента. Наиболее перспективными на поиски месторождений углеводородов являются отложения складчатого основания, в первую очередь, палеозойские разрезы, прилегающие к Новой Земле, Уралу, Пай-Хою. По мнению авторов, возможно перспективными являются породы континентального, субконтинентального и аллохтонного океанического фундамента. Бесперспективны разрезы фундамента, выходящего на поверхность. Предложена последовательность изучения строения и нефтегазоносности фундамента региона.

Received 25.07.2017

Accepted for publishing 16.10.2017

Key words: *Western Arctic; basement; folded basement; tectonic complexes; geodynamic conditions; oil and gas bearing prospects.*

The authors show forth their views on formation of different types of basement from the standpoint of the lithosphere plate tectonics. Under the sedimentary cover of the Western Arctic and adjacent regions they identify basement types as follows: continental, sub-continental, oceanic, sub-oceanic and folded basement, and also the oceanic basement occurring in the allochthonous attitude. The contours of their occurrence are determined and the depths of surfaces of the various types of basement are shown. Possibility of discovery of small and medium-size fields are discussed in the following succession: prospective deposits of the folded basement, primarily Paleozoic deposits; promising rocks of the continental and sub-continental basements, as well as oceanic basement in allochthonous tectonic plate-lets; and unpromising sections of the oceanic and sub-oceanic basements, as well as outcropping rocks of the continental and folded basements. Succession of studies of the structure and oil and gas potential of the region basement is proposed.

Типы тектонических комплексов фундамента и их строение

Достоверность прогноза и эффективность поисков нефти и газа во многом зависят от интерпретации геологического строения региона, в первую очередь от состава, структуры и глубины залегания фундамента. В статье изложены представления о типах, структуре, глубине залегания поверхности фун-

дамента Западной Арктики и сопредельных регионов. При этом были учтены выводы, изложенные в ряде публикаций ([1–33] и др.).

Прежде чем составлять «Схему тектонического районирования фундамента Западной Арктики и сопредельных регионов» авторы статьи постарались всесторонне осмыслить термин «фундамент». Деформированные и метаморфизованные породы, залега-

* Под термином «фундамент» подразумеваются разные типы тектонических комплексов: континентальный кристаллический, субконтинентальный, океанический, субокеанический фундаменты, складчатое основание, залегающие под осадочным чехлом.

ющие под осадочным чехлом, чаще всего определяют как «фундамент». Однако, с учетом теории тектоники плит, можно выделять различные типы фундамента ([14, 28] и др.).

В последние годы теоретическим вопросам тектонической природы и нефтегазоносности фундамента специалисты уделяют большое внимание. В 2000 г. эта проблема рассматривалась на конференции по определению критериев оценки перспектив нефтегазоносности глубокозалегающих горизонтов [18], в 2001 г. была проведена международная научно-практическая конференция «Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов» [20]. Нефтегазоносность фундамента ряда регионов бывшего СССР, России, Вьетнама, Индии и других стран рассмотрена в работах Кудрявцева Н.А., 1966; Порфирьева В.Б., 1975; Трофимука А.А. и др., 1975; Суркова В.С. и др., 1986; Алиевой Е.Р. и др., 1987; Запывалова Н.П., 1990; Кучерука Е.В., 1992; Шахновского И.М., 1994; Арешева Е.Г. и др., 1997; Гаврилова В.П., 1998; Шнипа О.А., 1998; Клещева К.А. и др., 2004; Варламова А.И. и др., 2013; Дмитриевского А.Н., Шустера В.Л., 2014; Харахинова В.В. и др., 2015, а также [7, 9, 10, 17, 20, 21, 28, 29, 32, 33] и др.

Большинство исследователей считает, что в породах фундамента можно обнаружить залежи нефти и газа. Некоторые геологи (например, [32]) продвинулись дальше, опубликовав «Методику количественной оценки перспективных объектов и последующего проектирования на них поисково-разведочных работ с учетом геологических и экономических рисков».

Во многих публикациях высказаны различные точки зрения о тектонической природе фундамента и его нефтегазоносности. Некоторые авторы полагают, что в породах фундамента, например, Западной Сибири, могут быть открыты крупные и гигантские месторождения нефти и газа (Н.Я. Кунин, Н.П. Запывалов, А.Э. Конторович и др.). Другие, напротив, считают, что в разрезах фундамента можно обнаружить средние и небольшие по запасам месторождения (В.С. Сурков и др.; К.А. Клещев и др.). Видимо, имеют право на существование и первая, и вторая точки зрения. Однако необходимо уточнить: в породах какого типа фундамента можно обнаружить крупные, а в каких — небольшие месторождения?

Оценка перспектив нефтегазоносности фундамента осуществлялась, как правило, на традиционной геологической основе — учении о геосинклиналях и платформах. Авторами статьи предпринята попытка рассмотреть понятие «фундамент» и проблему нефтегазоносности с позиций теории тектоники литосферных плит ([14, 15, 28, 29] и др.) и тем самым приблизиться к определению типа фундамента, наиболее перспективного для поисков залежей УВ.

Само понятие «фундамент» многие ученые трактуют по-разному. В справочнике по современной тектонической терминологии (Борукаев Ч.Б., 1999) дано следующее определение: «**фундамент** — это крупный комплекс пород, с несогласием перекрывающийся породами чехла или более молодыми отложениями орогена, отличающимися от него стилем тектоники и, в общем, с меньшими или отсутствующими метаморфизмом и деформациями». В более поздней публикации — «Геологическом словаре» под редакцией О.В. Петрова [8] — изложено по-другому: «**фундамент** — это жесткое основание платформы или осадочного бассейна, сложенное деформированными осадочными, метаморфическими и магматическими породами, консолидированными в эпоху, предшествующую началу накопления осадочного чехла».

Приведенные определения термина «фундамент» означают, что деформированные комплексы, перекрываемые пологозалегающим осадочным чехлом, являются фундаментом. Такого же мнения придерживаются многие геологи-нефтяники. На самом деле под осадочным чехлом, по мнению авторов статьи, залегают тектонические комплексы, отличающиеся друг от друга составом, строением, степенью деформированности, метаморфизма и др. Среди них можно выделить разные типы в зависимости от проявления тех или иных геодинамических обстановок при их формировании ([10, 14, 24] и др.). В одних случаях под пологозалегающим чехлом распространен континентальный фундамент, в других — субконтинентальный, океанический, субокеанический либо складчатое основание.

В сейсморазведке часто употребляется термин «акустический фундамент», подразумевающий поверхность, ниже которой не прослеживаются протяженные отражающие горизонты. Эта поверхность может соответствовать разным типам фундамента (континентальному, океаническому, складчатому основанию и др.) и не иметь генетического смысла, который должен быть определен геологом.

По мнению авторов статьи, под обобщенным термином «**фундамент**» следует понимать тектонические комплексы, сложенные в различной степени деформированными метаморфическими, магматическими, осадочными породами, образованными в результате проявления разных геодинамических обстановок (орогенов столкновения плит, рифтогенеза и др.). Эти тектонические комплексы резко отличаются по составу, строению, степени деформирования и метаморфизма от осадочного чехла, залегающего на них с угловым несогласием.

В пределах Арктического региона анализу строения «фундамента» посвящен ряд работ, в том числе [3, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 25, 30, 31] и др. Различ-

ные типы фундамента региона выделены и описаны лишь в отдельных из них [14, 15, 30, 31]. Материалы по результатам изучения строения и нефтегазоносности фундамента арктических акваторий приведены также в публикациях С.В. Аглонова, А.П. Афанасенкова, В.В. Вербы, В.Е. Вержбицкого, И.С. Грамберга, К.А. Долгунова, Н.А. Мальшева, В.Н. Мартиросяна, А.М. Никишина, А.П. Пронкина, Б.В. Сенина, А.В. Ступаковой, О.И. Супруненко, В.В. Харахинова и др.

Упомянутые разработки учтены авторами статьи при составлении «Схемы тектонического районирования фундамента Западной Арктики и сопредельных регионов» (рис. 1). Помимо них, при составлении схемы районирования фундамента авторами осуществлены: а — анализ геодинамической эволюции Арктики; б — плитотектоническое районирование; в — изучение состава, строения тектонических комплексов в 21 районе (таблица); г — анализ данных сейсмо-, грави- и магниторазведки. Все это позволило авторам статьи выделить в пределах Западной Арктики шесть типов фундамента: 1 — континентальный кристаллический, 2 — субконтинентальный, 3 — океанический, 4 — субокеанический, 5 — океанический в аллохтонном залегании, 6 — складчатое основание (см. рис. 1 А). Упомянутые тектонические комплексы перекрыты осадочным чехлом, состоящим из нижнего слабдеформированного и верхнего пологозалегающего этажей. В большинстве случаев породы фундамента перекрыты верхним этажом осадочного чехла. По данным сейсморазведки хорошо выделяется верхний этаж осадочного чехла, менее четко — нижний. В разрезе складчатого основания на отдельных отрезках сеймопрофилей прослеживается слоистость, а в других тектонических комплексах она практически не выделяется.

Под **континентальным** фундаментом авторы статьи понимают континентальную земную кору нормальной мощности (30–40 км), консолидированную в течение длительного времени (архей — протерозой) в результате многочисленных тектономагматических циклов (кольская, кеноракская, карельская, готская эпохи), приведших к интенсивной деформации и метаморфизму пород. Континентальный фундамент распространен на палеоконтинентах, палеомикроконтинентах (рис. 2) и представлен метаморфическими, магматическими породами: гнейсами, кристаллическими сланцами, гранитоидами и др.

Субконтинентальный фундамент, в отличие от континентального, сформирован на утоненной земной коре (20–30 км) (см. рис. 2). Он развит на континентальных блоках раздробленной Арктиды (палеомикроконтиненты Ломоносова, Северо-Чукотский и др.).

Океанический фундамент представлен подушечными лавами, базальтами океанического типа мощностью 1–3 км, габброидами мощностью 3,5–5 км.

Общая мощность океанической коры 4–12 км, чаще 6–7 км. Данный тип фундамента распространен в океанах, глубоководных впадинах (см. рис. 1). Смена субконтинентального фундамента океаническим под осадочным чехлом показана на рис. 3.

Океанический фундамент в аллохтонном залегании обычно сложен офиолитами и сохранился во многих областях в пределах швов столкновения плит, в том числе на Таймыре, Урале и Верхоянье (см. рис. 1 А).

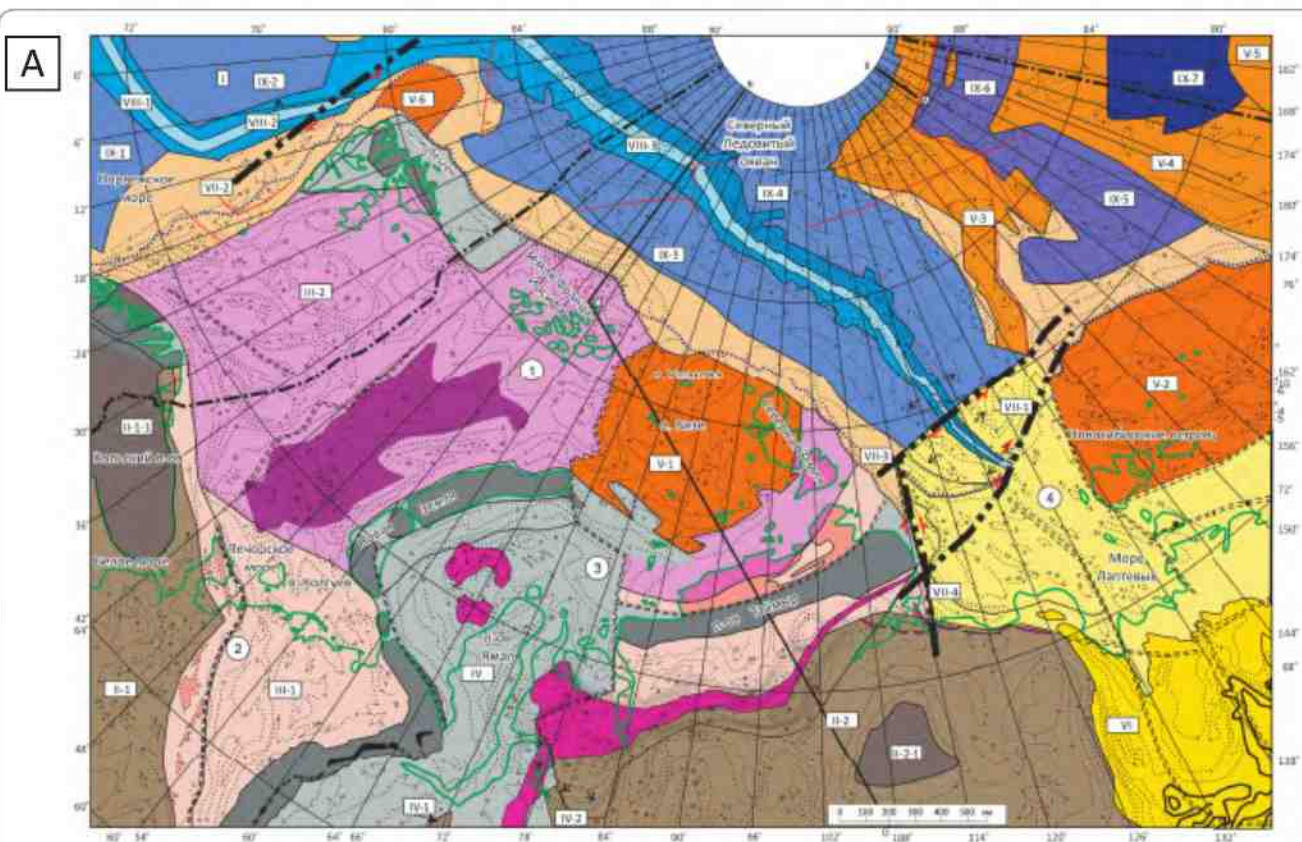
Субокеанический фундамент, сходный с океаническим по геофизическим характеристикам, отличается от океанического большей, а от континентального — меньшей мощностью консолидированной земной коры, локальным распространением. Если океанический фундамент образован за счет спрединга, охватывающего большую площадь акваторий, то субокеанический формируется на относительно небольших участках за счет глубинных сдвигов, определяющих геометрию образующихся пул-апарт-бассейнов.

Складчатое основание сформировано умеренно деформированными, преимущественно осадочными, в меньшей мере магматическими, метаморфическими образованиями. Степень метаморфизма пород по сравнению с таковой континентального фундамента значительно ниже. Этот тектонический комплекс распространен преимущественно в пределах палеоконтинентов, палеомезоконтинентов, палеомикроконтинентов. Можно выделить два основных типа разреза складчатого основания: преимущественно «осадочный» и преимущественно «магматический». Судя по пробуренным скважинам, большинство разрезов складчатого основания Западной Сибири представлено породами осадочного типа (известняки, доломиты, алевролиты, аргиллиты, песчаники с прослоями вулканогенных пород). В пределах отдельных площадей Западной Сибири скважины прошли магматический тип разреза (андезиты, базальты, долериты, туфы и др.). Некоторыми скважинами вскрыты гранитоиды, ультрабазиты (Сурков В.С. и др., 2002; Бочкарев В.С., 2003). Ко второму типу разреза относятся также тектонически перемещенные аллохтонные пластины, развитые в зонах палеошвов столкновения плит, состоящие из разнообразных пород с преобладанием ультрабазитов, вулканитов и метаморфических образований.

Нижний этаж осадочного чехла (переходный комплекс) обычно представлен осадочными, в меньшей мере — вулканогенными породами. Породы слабдеформированные, слабо- либо неметаморфизованные, подстилающиеся пологозалегающими образованиями верхнего этажа осадочного чехла.

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 1. Схема тектонического районирования фундамента Западной Арктики и сопредельных регионов (с учетом данных ВНИГНИ, ВНИИОкеангеологии, Севморгео, РАН и других организаций ([3–6, 10, 15, 19, 17, 24, 25, 28–32] и др.)
Fig. 1. Schematic tectonic zoning of the Western Arctic basement and adjacent regions considering data from VNIIGNI, VNIIOkeangeologii, Sevmorgeo, RAN and other organizations ([3–6, 10, 15, 19, 17, 24, 25, 28–32], etc.)



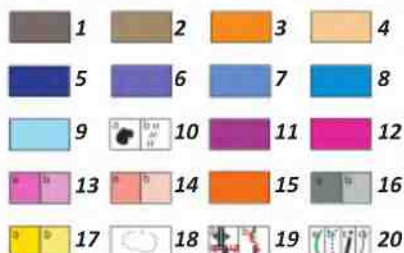
А — схема распространения разных типов фундамента и глубин их залегания; В — строение тектонических комплексов фундамента и осадочного чехла.

Фундамент (1–12): континентальный кристаллический древних платформ (палеоконтинентов) (1–4): 1 — на поверхности, 2 — под осадочным чехлом, 3 — на утоненной земной коре (субконтинентальный), 4 — перекрытый позднемел-кайнозойским пассивно-окраинным чехлом; **океанический котловин с началом формирования осадочного чехла (5–7):** 5 — в раннем мелу, 6 — в раннем – позднем мелу [5], 7 — в палеоцене – эоцене; **океанический срединно-океанических хребтов (8, 9):** 8 — склоновых зон ($P_3 - N_1$), 9 — осевых спрединговых зон ($N_2 - Q$); **10 — океанический поглощенных палеоокеанов, фиксируемых вдоль шовных зон:** а — на поверхности (офиолиты), б — под осадочным чехлом и другими тектоническими комплексами; **субокеанический пул-апаратный (11, 12):** 11 — позднедевон-раннекаменноугольный в пределах Баренцевской надрифтовой депрессии и Енисей-Хатангского прогиба; 12 — позднепалеозойский в пределах Южно-Карской надрифтовой депрессии; **складчатое основание (13–17):** 13 — ранне-среднерифейское: а — на поверхности, б — под осадочным чехлом; 14 — позднерифейское: а — на поверхности, б — под осадочным чехлом; 15 — позднерифей-раннекембрийское под осадочно-вулканогенным чехлом; 16 — палеозойское: а — на поверхности, б — под мезо-кайнозойским осадочным чехлом; 17 — домеловое: а — на поверхности, б — под осадочным чехлом; **18 — глубины залегания осадочного чехла на поверхности фундамента разного типа;** 19 — крупные разломы: а — трансформные, б — сдвиги (стрелки — направление перемещения блоков); 20 — границы: а — суши и моря, б — бровки шельфа, с — России и российского сектора Арктики, д — тектонических элементов.

Основные глубинные плитотектонические структуры:

современные океаны: I — Северный Ледовитый; **палеоконтиненты:** II-1 — Восточно-Европейский, II-2 — Сибирский; **щиты:** II-1-1 — Балтийский, II-2-1 — Анабарский; **палеомезоконтиненты:** III — Баренция, IV — Западно-Сибирский, V — Арктида; **палеомикроконтиненты:** III-1 — Печорский, III-2 — Свальбардский, IV-1 — Ханты-Мансийский, IV-2 — Няояхский, V-1 — Карский, V-2 — Новосибирский, V-3 — Ломоносова, V-4 — Альфа-Менделеева, V-5 — Северо-Чукотский, V-6 — Ермак; VI — деформированная часть Верхоянской пассивной окраины Сибирского палеоконтинента; **трансформные разломы:** VII-1 — Хатангско-Ломоносовский, VII-2 — Северо-Шпицбергенско-Гренландский, VII-3 — Северо-Земельско-Ломоносовский, VII-4 — Восточно-Таймырский сдвиг; **срединно-океанические хребты:** VIII-1 — Мона, VIII-2 — Книповича, VIII-3 — Гаккеля; **океанические котловины:** IX-1 — Норвежская, IX-2 — Гренландская, IX-3 — Нансена, IX-4 — Амундсена, IX-5 — Подводников, IX-6 — Макарова, IX-7 — Западно-Канадская. **Основные области распространения пород складчатого основания (1–4):** 1 — Свальбардская, 2 — Печорская, 3 — Западно-Сибирская, 4 — Лаптевская

B



A — schematic distribution of different basement types and depths of their occurrence; B — structure of basement tectonic complexes the and sedimentary cover (column).

Basement (1–12): continental crystalline basement of ancient platforms (paleocontinents) (1–4): 1 — on the surface, 2 — under the sedimentary cover, 3 — on the thinner crust (subcontinental), 4 — overlapped by the Late Cretaceous–Cenozoic passive margin cover; **oceanic basin with just started formation of the sedimentary cover (5–7):** 5 — in the Early Cretaceous, 6 — in the Late Cretaceous, 7 — in the Paleocene – Eocene; **oceanic of mid-oceanic ridges (8, 9):** 8 — slope zones (P₃–N₁), 9 — axial spreading zones (N₂–Q); **10 — oceanic of closed paleoceans, fixed along suture zones:** a — on the surface (ophiolites), b — under the sedimentary cover and other tectonic complexes; **sub-oceanic pull-apart type (11–12):** 11 — Late Devonian – Early Carboniferous within the Barents above-rift depression, 12 — Late Paleozoic within the South Kara above-rift depression and Yenisei-Khatanga above-rift through; **folded basement (13–17):** 13 — Early–Middle Riphean: a — on the surface, b — under the sedimentary cover; 14 — Late Riphean: a — on the surface, b — under the sedimentary cover; 15 — Late Riphean – Early Cambrian under the sedimentary-volcanogenic cover; 16 — Paleozoic: a — on the surface, b — under the Mesozoic - Cenozoic sedimentary cover; 17 — Pre-Cretaceous: a — on the surface, b — under the sedimentary cover; 18 — depths of occurrence of sedimentary cover on the surface of different basements types; 19 — major faults: a — transform faults, b — slips (arrows — movement directions of the blocks); 20 — boundaries of: a — land and sea, b — shelf margins, c — Russia and the Russian Arctic sector, d — tectonic elements.

The main deep plate tectonic structures:

present-day oceans: I — Arctic ocean; **paleocontinents:** II-1 — East European, II-2 — Siberian; **shields:** II-1-1 — Baltic, II-2-1 — Anabar; **paleo-mesocontinents:** III — Barentsia, IV — West Siberian, V — Arctica; **paleo-microcontinents:** III-1 — Pechorskiy, III-2 — Svalbarskiy, IV-1 — Khanty-Mansiyskiy, IV-2 — Niadoyakhskiy, V-1 — Kara, V-2 — Novosibirskiy, V-3 — Lomonosov, V-4 — Alfa-Mendeleev, V-5 — North-Chukchi, V-6 — Yermak; VI — **deformed part of the Verkhoyansk passive margin** of the Siberian paleocontinent; **transform faults:** VII-1 — Khatanga-Lomonosov, VII-2 — North Spitsbergen-Greenland, VII-3 — Severnaya-Zemlia-Lomonosov, VII-4 — East Taimyr slip; **mid-oceanic ridges:** VIII-1 — Mona, VIII-2 — Knipovich, VIII-3 — Gakkel; **oceanic basins:** IX-1 — Norwegian, IX-2 — Greenland, IX-3 — Nansen, IX-4 — Amundsen, IX-5 — Podvodnikov, IX-6 — Makarov, IX-7 — Western Canada. **Main areas of occurrence of the folded basement rocks (1–4):** 1 — Svalbard, 2 — Pechora, 3 — West Siberia, 4 — Laptev

Тектонический комплекс		Комплекс, показанный на схеме	Строение комплекса	Перспективы нефтегазоносности тектонических комплексов
Осадочный чехол	Верхний этаж	Палеозалегающий	—	Высокоперспективный
	Нижний этаж (перисадочный)	Слабдеформированный, неметаморфизованный	—	Перспективный
Осадочное основание	Верхний этаж	На поверхности	ПР-4, ПР, ПР-С, ПР-Т, К-КЗ	Бесперспективный
	Нижний этаж (деформированный, метаморфизованный)	Осадочные, вулканогенные, метаморфизованные породы	Под осадочным чехлом	Перспективный на плоские мелкая и средняя по запасам акккреционные УВ
Фундамент	Континентальный	С нормальной корой	На поверхности	Бесперспективный
		Под К-КЗ (интенсивно деформированные и метаморфизованные породы)	Под осадочным чехлом	Возможно перспективен в выступках, горстах, обрамленных осадочными породами
	Субокеанический	Под К-КЗ (интенсивно деформированные и метаморфизованные породы)	На современной платформенной окраине	Возможно перспективен в краевых тектонических ступенях
		С усложненной корой (субокеанический тип) в глубине подстилающих пород	Под малоощетинным осадочным чехлом	Возможно перспективен в выступках, горстах, обрамленных осадочными породами
Океанический	Базальты, габброиды, серпентиниты	В зоне спанданта (крябел)	—	Бесперспективный
		В глубоководных котловинах	—	Бесперспективный
		В мелководных котловинах (или)	На поверхности (или) под осадочным чехлом	Возможно перспективен в серпентинитах, переносных непроницаемыми породами

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Таблица. Основные тектонические комплексы отдельных районов Центральной Арктики и их состав (по данным [3–7,9, 20–25] и др.)
 Table. Major tectonic complexes in certain regions of the Central Arctic and their composition (according to [3–7,9, 17, 21–25], etc.)

Тектонический комплекс	Район	Мезенский	Тиманский		Ижма-Печорский	Печоро-Колвинский	Лено-Вилюйский	Верхоянский хребет	Центрально-Баренцево-Арктический	
			запад	восток						
Седловый чехол	Полотинский	P ₂ — терригенно-карбонатный; MZ и Q — терригенный; P ₁ — терригенно-сульфатно-карбонатный; C — карбонатный; S (?) — D — терригенный; V — E — терригенный	C — P — карбонатный; D ₁₋₃ — терригенный; RF ₃ — V — терригенный; RF ₃ — V — терригенный недислоцированный	C — P — карбонатный; D ₁₋₃ — терригенный; RF ₃ — V — терригенный; RF ₃ — V — терригенный недислоцированный	C ₁ V ₁ — терригенно-угленосный; D ₂ — терригенно-карбонатный; K ₁ — терригенно-угленосный; D ₂ ² — терригенный; S — карбонатный; P, K — T — терригенный; O — терригенный; C ₁ V — P ₁ Ag — карбонатный	P ₂ — K — терригенный (Верхоянский комплекс); PZ ₂ — карбонатно-галогенно-терригенно-вулканический; V — PZ ₁ — терригенно-карбонатный и кремнисто-карбонатный; терригенно-карбонатный	—	—	—	T ₃ — K — терригенный надрифтовый; D ₃ — T — терригенный
Складчатое основание	Складчатое основание	—	RF ₂₋₃ — терригенный, слабо-метаморфизованный с локальными интрузивными габбро-диабазами	RF ₃ — V — терригенный дислоцированный; RF ₂₋₃ — дислоцированный до зеленосланцевой стадии терригенно-карбонатный с габбро-диабазами	—	—	C ₁ — K — терригенный (Верхоянский комплекс) на складчатом борту	K ₂ — орогенная, гранитизация; K ₂ alb — инверсия; C ₁ — K — терригенный мелководный (запад), глубоководный (восток); RF ₂ — E — терригенно-карбонатный рифтовый (с базальтами)	RF — PZ ₁ (?)	
										—
Фундамент	Континентальный	AR — PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR — PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR — PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR — PR ₁ — магматический и метаморфизованный	PR ₂ — магматический и метаморфизованный	AR — PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR — PR ₁ — магматический и метаморфизованный	PR ₁ — магматический и метаморфизованный	
										—
Складчатое основание	Складчатое основание	—	—	—	—	—	—	—	RF	
										—
Складчатое основание	Складчатое основание	—	—	—	—	—	—	—	RF	
										—

Таблица, продолжение
Table, cont.

Тектонический комплекс		Район	Сибирская платформа (рифты, надрифтовые депрессии)	Анабаро-Хатангский	Анабаро-Ленский	Северный Таймыр, Северная Земля	Центральный Таймыр	Южный Таймыр	Лاپтевоморский
Осадочный чехол	Верхний этаж	Пологоналегающий	PZ-MZ — карбонатный, соленосный терригенный, вулканогенный	C ₂ -K — терригенно-угленосный; E-C ₁ — галогенный	J-K — терригенный; T — терригенно-вулканогенный; P — терригенно-угленосный	J ₃ -K — терригенный	—	J ₃ -K — пассивно-океанские терригенные породы	K ₂ -Q — терригенный
			Слабодеформированный, нематаморфизованный	PR ₂ — терригенно-вулканогенный, карбонатный	E-O — карбонатный	C-P — терригенный (конгломераты, песчанки, алевролиты); D ₃ — терригенный; D ₁₋₂ — терригенно-карбонатный; S — карбонатный; O ₁ — терригенный; O ₂ — карбонатный; O ₃ — терригенно-карбонатный	—	—	—
Складчатое основание	Осадочные, вулканогенные, деформированные метаморфизованные породы	На поверхности	—	—	RF-E — пассивно-океанский флишевый, в том числе метаморфизованный до гнейсов	RF ₃ -E — пассивно-океанский флишевый, в том числе метаморфизованный до гнейсов	—	T ₁ — траппы, терригенно-вулканогенный; P ₂ — базальтовый; C ₃ — терригенный; PZ ₁₋₂ — карбонатный	—
			Под осадочным чехлом	—	RF-PZ ₁ — карбонатный (?)	RF ₃ -E — пассивно-океанский флишевый, в том числе метаморфизованный до гнейсов	RF ₃ -C — известняки, сланцы с граптолитами	RF — терригенно-карбонатный	PR ₂ -MZ — терригенно-карбонатный
Фундамент	Континентальный	С нормальными корями	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — метаморфизованный и магматический	AR-PR ₁ — метаморфизованный и магматический	PR ₁ — магматический
			Под осадочным чехлом	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — магматический и метаморфизованный	AR-PR ₁ — метаморфизованный и магматический	AR-PR ₁ — метаморфизованный и магматический	AR-PR ₁ — метаморфизованный и магматический

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Таблица, окончание
Table, end

Тектонический комплекс	Район	Западно-Баренцевский	Восточно-Баренцевский	Восточно-Карский	Южно-Карский и Надым-Тазовский	Енисей-Ханганский	Пассивная континентальная окраина Евразии	Хребт Ломоносова
Осадочный чехол		Векшнй этаж	J_3^{2-3} — баженистый; $K-N$ — терригенный; J_2^{1-2} — глины; J_1^{1-2} — терригенно-угленосный; J_1 — терригенный; T_3 — терригенно-угленосный; T_2 — терригенный	T_3-KZ — терригенный, надрифтовый	MZ — терригенный	J_3-KZ — терригенный надрифтовый; $E-P_1$ — терригенно-карбонатный дорифтовый на платформенном борту	$N-Q$ — терригенный континентального склона; K_1-P_2 — терригенно-угленосный	$N-Q$ — рыхлые пелагические отложения, терригенные и кремнистые; P_2-N_1 — терригенно-угленосный мелководный; K_2-P_1 — терригенно-карбонатный
		Осадочный чехол (переходный)	T_1 — вулканогенно-терригенный угленосный; P_2 — терригенно-карбонатный; P_1 — карбонатно-терригенный, солесосный; C_2-C_3 — карбонатно-солесосный; D_3-C_1 — терригенно-моlassesовый; D_2-C_1 — терригенно-карбонатный	C_2-T_1 — терригенный, рифтовый; D_3-C_1 — терригенно-вулканогенный	PZ — терригенно-карбонатно-солесосный	P_2-T — терригенно-вулканогенный; $RF-V$ — терригенно-карбонатный дорифтовый на платформенном борту	K_1 — терригенно-вулканогенный	K_1 — терригенно-вулканогенный; PZ_3 — терригенно-угленосный
Складчатое основание		Осадочные, вулканогенные, деформированные метаморфизованные породы						
		На поверхности						
Фундамент	Складчатое основание	Под осадочным чехлом	(?)		PZ — терригенно-вулканогенно-карбонатный	C_2-P_1 — терригенный пассивно-окраинный; $RF-C_1$ — карбонатный на складчатом борту	PZ_{1-3} (?) — терригенно-карбонатный	PZ_{2-3} (?) — терригенно-карбонатный
		Под осадочным чехлом			$AR-PR_1$ — магматический и метаморфизованный по периферии рифта			$AR-PR_1$ — магматический и метаморфизованный
	С угленосным чехлом							
	С угленосным чехлом							
Континентальная окраина	С угленосным чехлом	В плазах						
		На крупных пассивных окраинах						
		На крупных пассивных окраинах						
Субконтинентальная окраина	С угленосным чехлом	В глубоких впадинах	D (?) в центре рифта	D (?) в центре рифта	$P-T$ (?) в центре Южно-Карской впадины (?)	$P-T$ (?) в осевой части под рифтовым комплексом		
		В глубоких впадинах						

Рис. 2. Типы фундамента и глубины его залегания по линии А–В–С–D (Северный Ледовитый океан — Сибирский палеоконтинент) с учетом данных [3, 11, 12, 17] и др.

Fig. 2. Basement types and depths of occurrence along Line A–B–C–D (the Arctic Ocean — Siberian paleocontinent) with account for the data from [3, 11, 12, 17], etc.

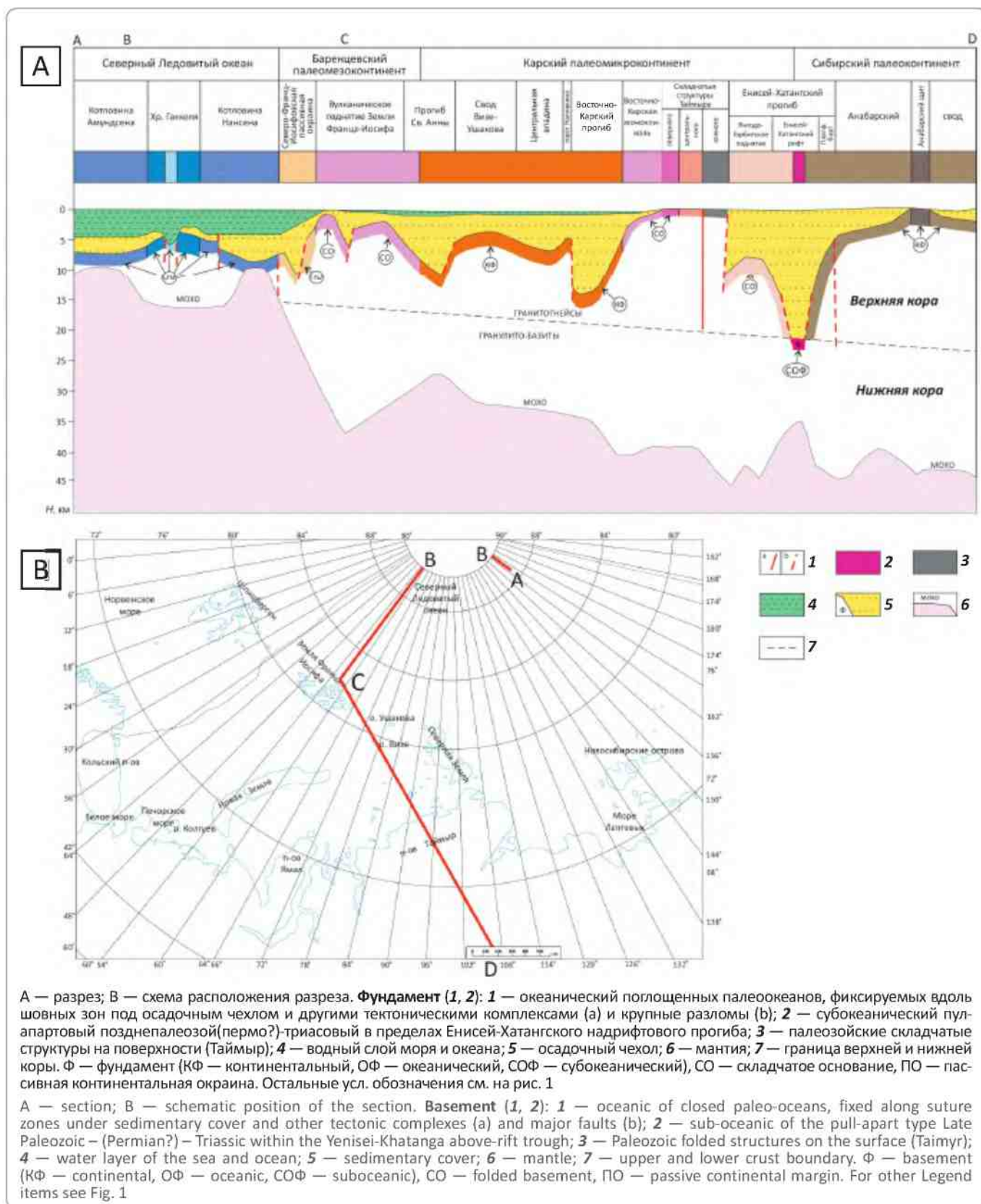
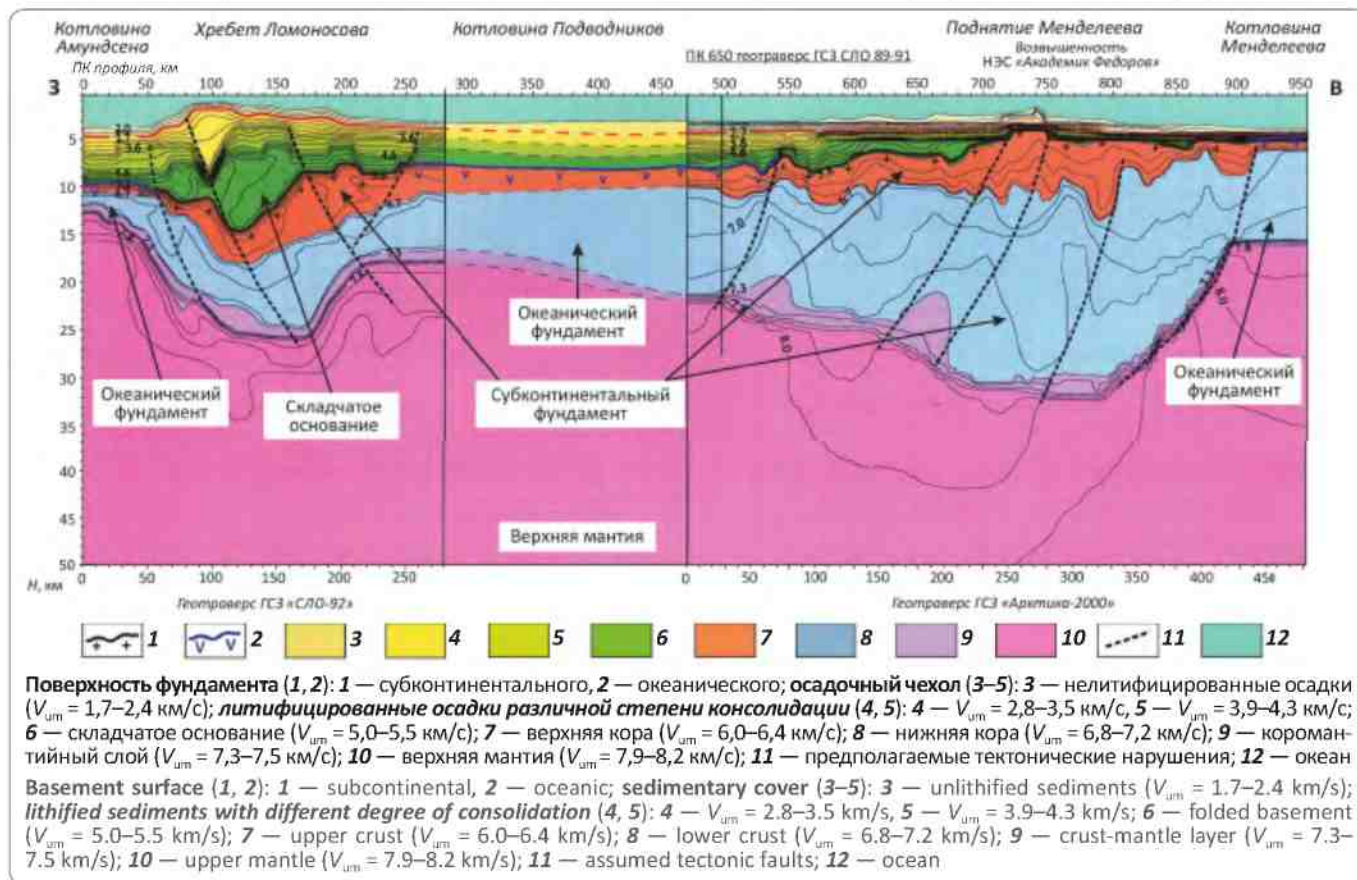


Рис. 3. Тектонические комплексы Северного Ледовитого океана вдоль профиля хребта Ломоносова – поднятие Менделеева (сейсмическая основа по [11])

Fig. 3. Tectonic complexes of the Arctic Ocean along Line the Lomonosov Ridge – Mendeleev uplift (seismic base data from [11])



Верхний этаж осадочного чехла сформирован осадочными пологозалегавшими отложениями. В отдельных случаях в разрезе встречаются магматические образования.

Рассмотрим распространение выделенных тектонических комплексов в регионе.

Континентальный кристаллический фундамент развит на Сибирском, Восточно-Европейском палеоконтинентах, Карском и других палеомикроконтинентах [30]. Обычно он раздроблен на блоки, как, например, в пределах Карского палеомикроконтинента (рис. 4). Он выходит на дневную поверхность на Анабарском щите Сибирской платформы и Балтийском — Восточно-Европейской. Глубина его залегания под осадочным чехлом на севере Сибирской платформы колеблется от 0 до 8 км (в среднем 1–4 км), в пределах Тунгусской надрифтовой депрессии составляет 5–12 км и на платформенном борту Енисей-Хатангского прогиба — 6–20 км. На охваченной исследованием северо-восточной части Восточно-Европейской платформы кристаллический фундамент залегает под осадочным чехлом на глубине 0–6 км (в среднем 1–3,5 км). Континентальный фундамент развит также в пределах мел-кайнозойских

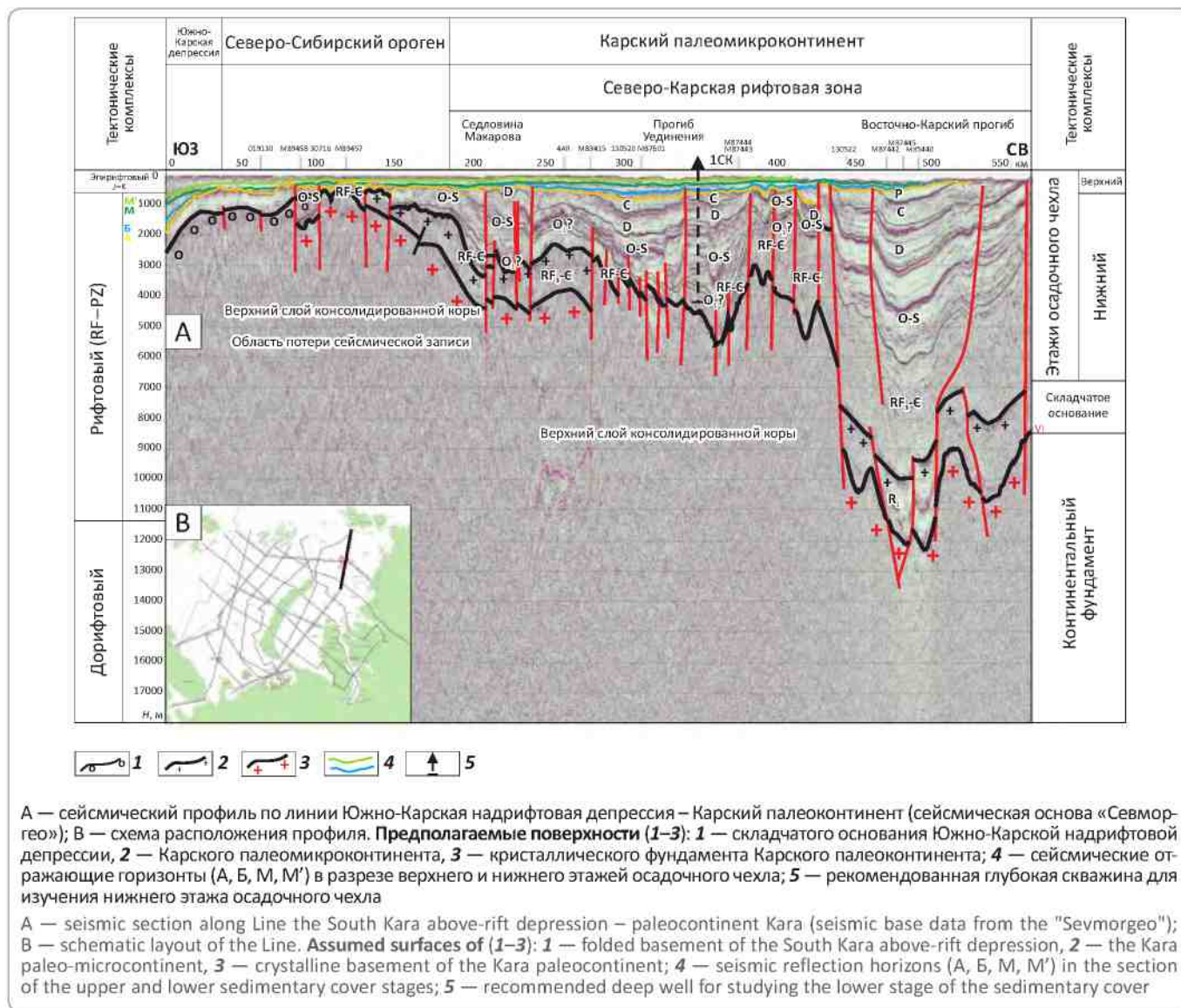
пассивных окраин Евразии. Глубина залегания его поверхности оценивается в 2–14 км (см. рис. 1 А).

Субконтинентальный фундамент (на утоненной земной коре) распространен в пределах палеомикроконтинентов Альфа-Менделеева, Ермак, Ломоносова, Северо-Чукотского (см. рис. 1). Он предполагается (по геофизическим данным) на Чукотском плато и хребте Менделеева на небольших глубинах (1–2 км), а на хребте Ломоносова — под складчатым основанием (8–10 км).

Океанический фундамент распространен в зонах спрединга (хребты Гаккеля, Книповича, Мона) и в глубоководных котловинах (Амундсена, Гренландской, Западно-Канадской, Макарова, Нансена, Норвежской, Подводников) (см. рис. 1–3). Здесь он перекрыт осадочным чехлом мощностью 1–6 км (рис. 5). На срединно-океанических хребтах он выходит на поверхность дна океана, а местами подстилает осадочный чехол на 1–3 км ниже океанического дна. Более значительные глубины фиксируются в океанических котловинах (в среднем 3–4 км) за исключением южной половины котловины Подводников, которая отличается от остальных котловин Северного Ледовитого океана морфологией: дно океана здесь полого

Рис. 4. Строение тектонических комплексов Карского палеоконтинента

Fig. 4. Structure of the Kara paleocontinent tectonic complexes



наклонено с юга на север с 2 до 4 км, а глубина поверхности фундамента, наоборот, погружается с севера на юг с 2–3 до 6–7 км.

Субокеанический фундамент выделяется по геофизическим данным в самых глубоких прогибах (>15 км) как зона отсутствия гранитного (гранито-гнейсового) слоя (верхней коры) под осадочным чехлом в пул-апарт-бассейнах в отдельных секторах Баренцевской и Западно-Сибирской надрифтовых мегадепрессий. Здесь под осадочным чехлом залегает базальтовая (гранулито-базитовая) нижняя кора. Наиболее крупные по площади пул-апарт-бассейны развиты в пределах Баренцевской впадины и Енисей-Хатангского прогиба (см. рис. 1). Субокеанический (пул-апартный) девонский фундамент

предполагается по геофизическим данным в пределах Восточно-Баренцевского прогиба на глубине 12–20 км (рис. 6), триасовый — 8–12 км в Южно-Карской впадине и 15–20 км в Енисей-Хатангском прогибе.

Складчатое основание выходит на дневную поверхность в складчато-надвиговых сооружениях, а также подстилает осадочный чехол во многих впадинах.

Ранне-среднерифейское складчатое основание обнажается на севере Таймыра и о-ве Большевик и подстилает осадочный чехол юго-восточной части Карского палеомикроконтинента на малых глубинах (0,5–2,0 км), а также основную часть Баренцевского палеомезоконтинента (см. рис. 1) на различных глубинах (1–12 км) (рис. 6).

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 5. Переход континентального фундамента в океанический (профиль МОВ ОГТ по линии континентальный рифт Челюскина – океанический рифт Гаккеля) (с учетом данных [12, 13] и др.)

Fig. 5. Transition of the continental basement to the oceanic one (CDP section along the continental rift Chelyuskin – oceanic rift Gakkel Line) (taking into account data from [12, 13], etc.):

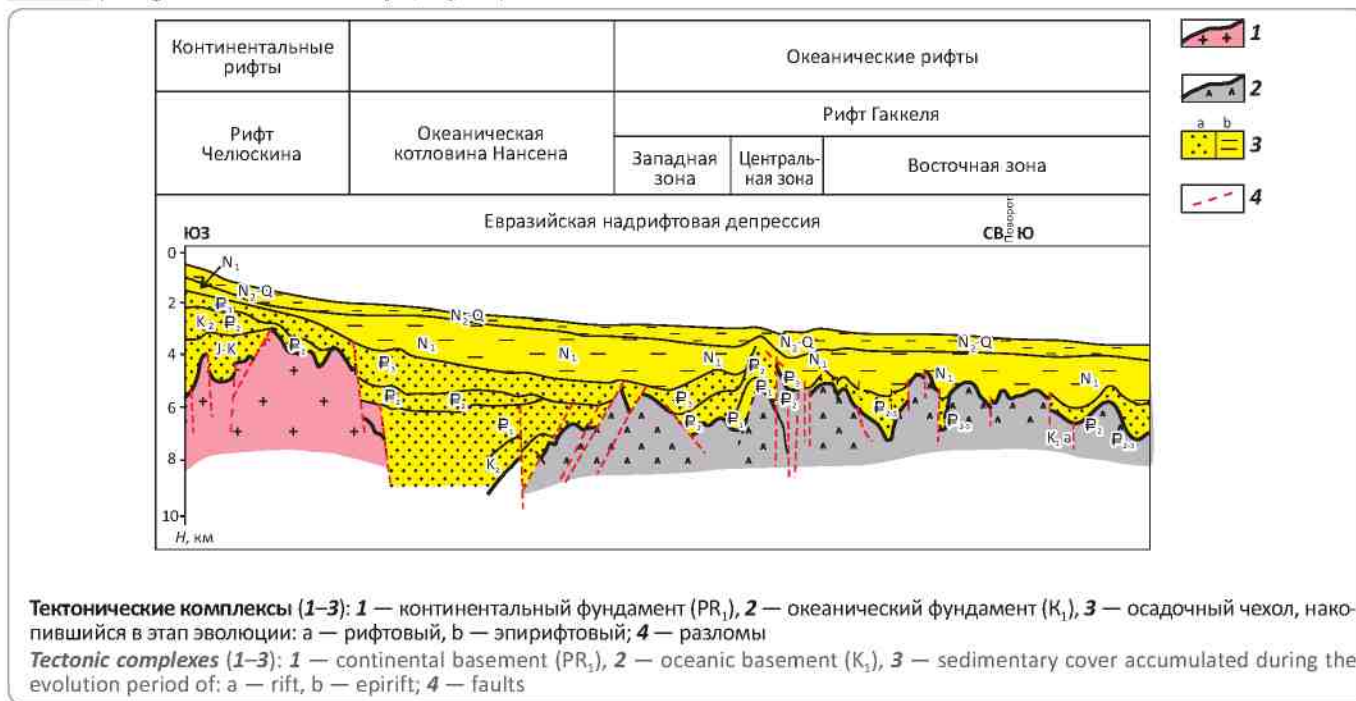


Рис. 6. Тектонические комплексы Южно-Баренцевской надрифтовой депрессии по линии Кольский выступ – Адмиралтейский выступ (по данным [4, 6, 22] и др.)

Fig. 6. Tectonic complexes of the South Barents above-rift depression along Line the Kola ledge – Admiralteyskiy ledge (according to [4, 6, 22] etc.)

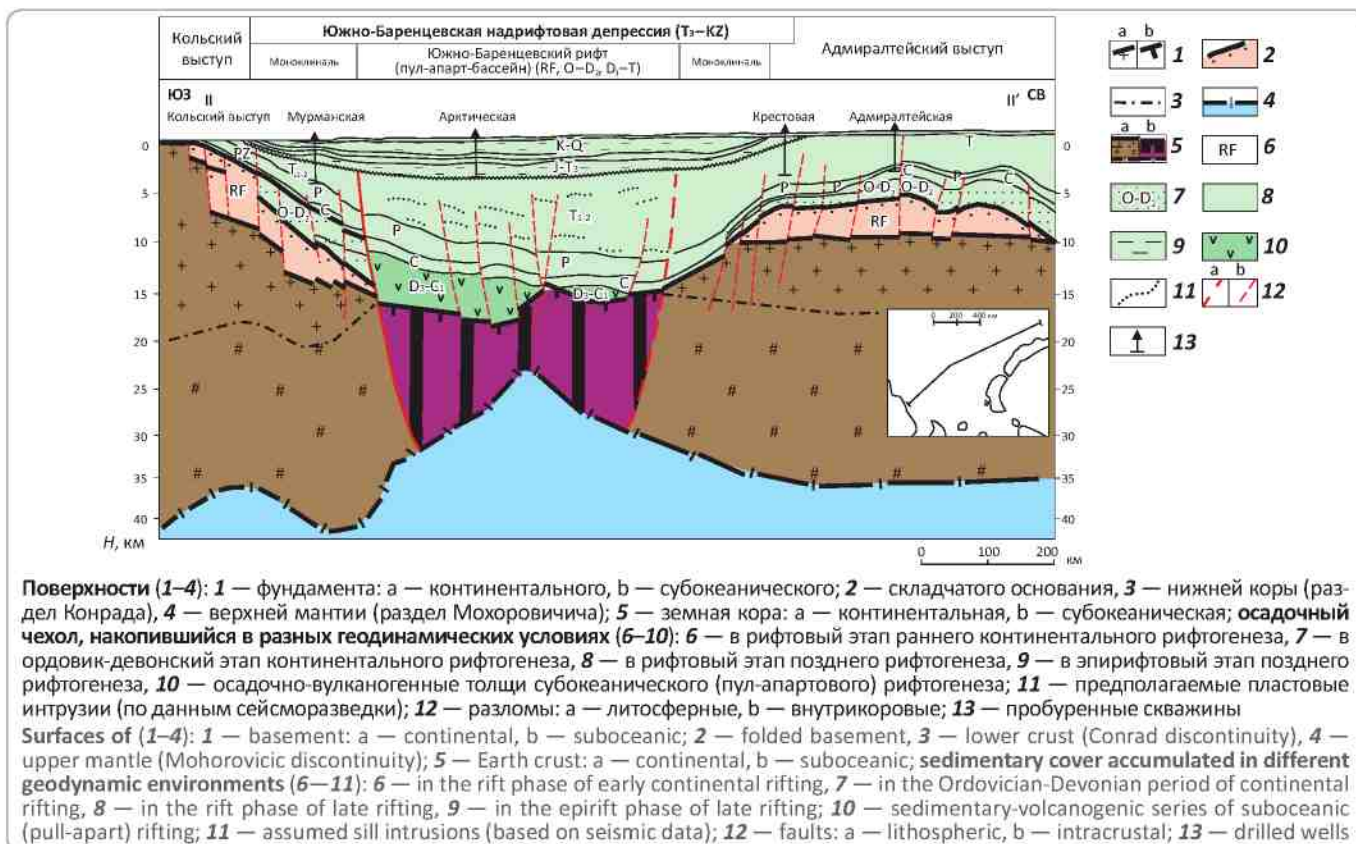
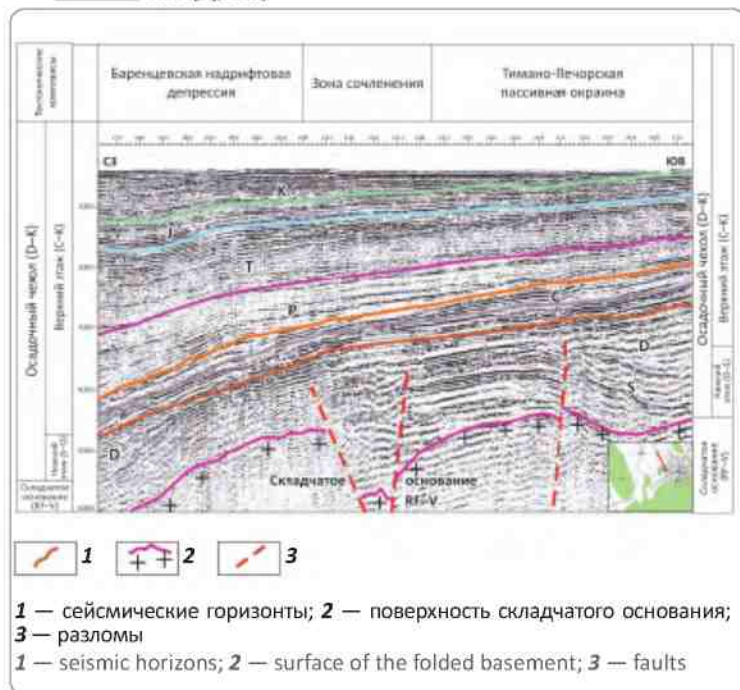


Рис. 7. Строение складчатого основания в зоне сочленения Баренцевской надрифтовой депрессии и Тимано-Печорской пассивной континентальной окраины (составлена с учетом данных «Севморгео», [6] и др.)

Fig. 7. Structure of the folded basement in the zone of conjunction of the Barentsev above-rift depression and Timan-Pechora passive continental margin (prepared with account for the "Sevmorgeo" data [6], etc.)

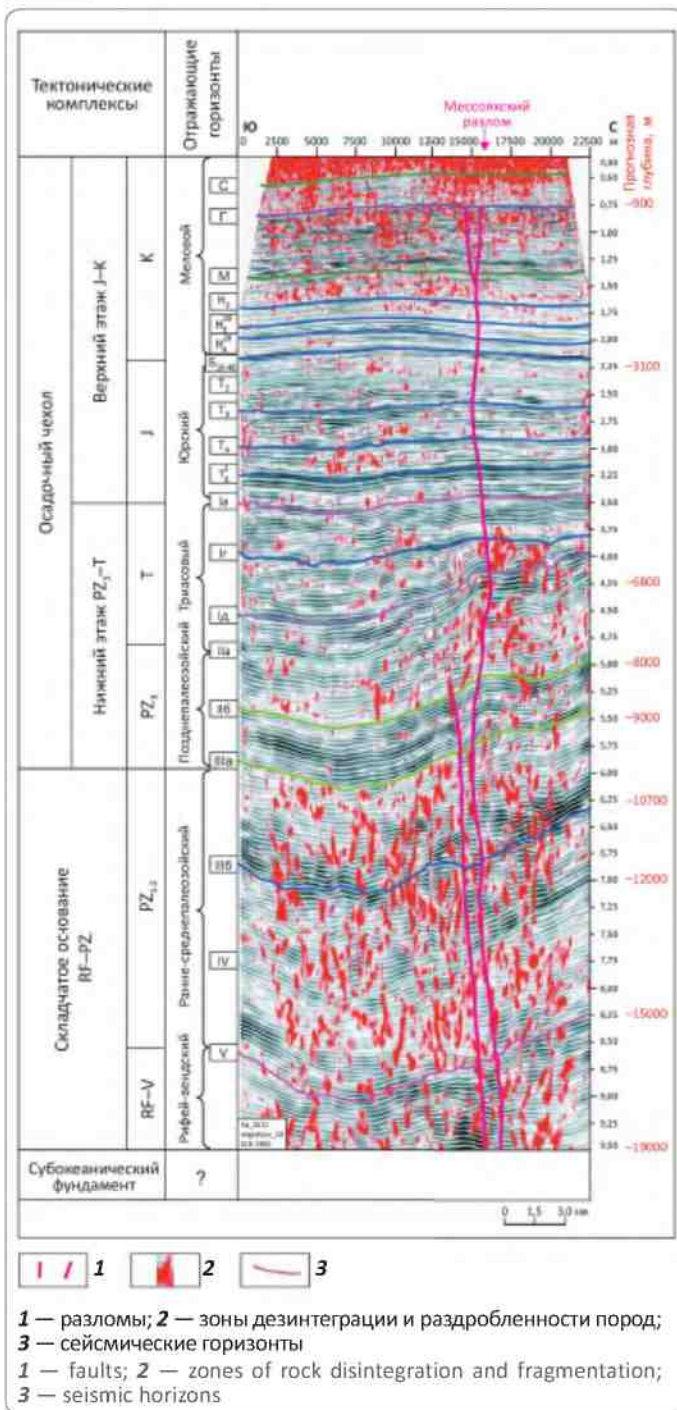


Позднерифейское складчатое основание развито на Тимане (глубина его кровли 0–3 км), Тимано-Печорской пассивной палеоокраине (1–10 км), в центральной части Таймырского п-ова (на западном и восточном шельфовых продолжениях — 0–2 км) и на складчатом борту Енисей-Хатангского прогиба (6–12 км). Поверхность складчатого основания фиксируется на глубине 3–14 км на Северо-Карской и Новосибирской пассивных палеоокраинах и предполагается на плато Ермак (2–5 км). В зоне сочленения Баренцевской надрифтовой депрессии с Тимано-Печорской пассивной палеоокраиной рифей-вендское складчатое основание подстилает осадочный чехол (рис. 7). Складчатое основание здесь перекрывает раннепротерозойский кристаллический фундамент палеомезоконтинента Баренция.

Складчатое основание в пределах Среднемессояхского вала (RF–PZ₂), возможно, представлено слоистыми слабдеформированными нижне-среднепалеозойскими породами в верхней части и интенсивно раздробленными образованиями рифея — в нижней. Их мощность более 10 км, что видно на фрагменте профиля [25] (рис. 8). Похожее строение тектонических комплексов можно предполагать в пределах Енисей-Хатангского рифта (рис. 9). Как и на Среднемессояхском валу, здесь ниже осадочно-

Рис. 8. Строение тектонических комплексов в пределах Среднемессояхского вала (сейсмическая основа по данным [25])

Fig. 8. Structure of tectonic complexes within the Srednemessoyakhskiy swell (seismic base data from [25])

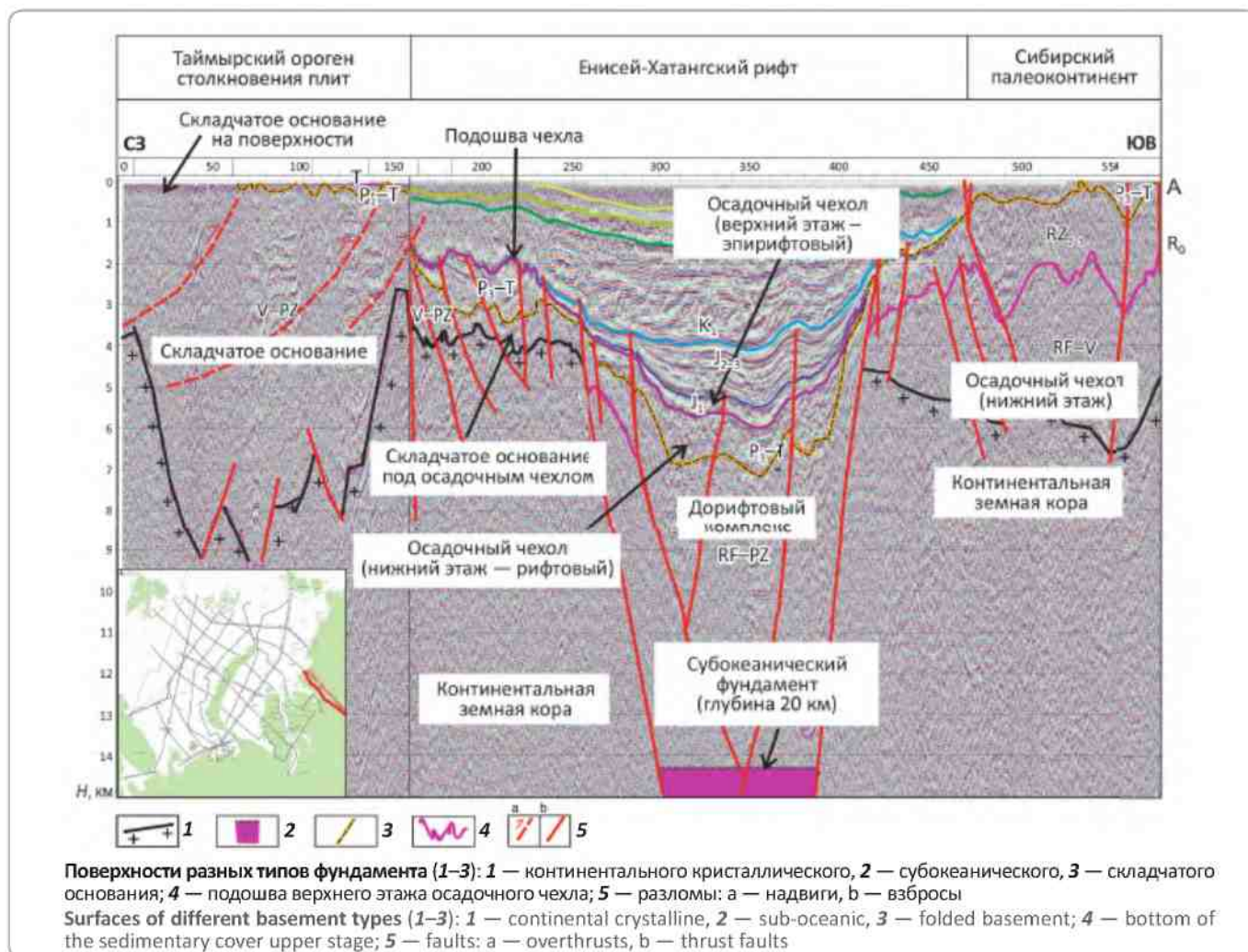


го чехла развит мощный деформированный разрез осадочно-вулканогенных пород, залегающих на субокеаническом фундаменте.

Палеозой-триасовое (девонское, преимущественно каменноугольно-пермское, а также триасовое) складчатое основание развито на архипелагах

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 9. Строение тектонических комплексов Енисей-Хатангского рифта и надрифтового прогиба (с учетом данных [3, 6] и др.)
 Fig. 9. Structure of tectonic complexes of the Yenisei-Khatanga rift and above-rift trough (considering data from [3, 6], etc.)



Шпицберген и Новая Земля, в южной части п-ова Таймыр, Скандинавском нагорье, Урале. Оно подстилает осадочный чехол в пределах поднятий Северного порога (0–2 км), однако основная площадь его распространения — это Западно-Сибирский палеомезоконтинент (0–10 км). Его разрез представлен рифей-палеозойскими породами мощностью до 10 км. Поверхность складчатого основания расчленена серией разломов на блоки размером от 20 до 90 км. В районе Пайхойского орогена складчатое основание выходит на поверхность, а в северо-восточной части депрессии оно погружено на глубину 9–10 км (рис. 10). Пологозалегающий этап осадочного чехла перекрывает блоки, поверхность которых представлена различными породами. Гранитоидная и базальтовая формации сменяются осадочными (терригенной, терригенно-карбонатной, эффузивной и др.) (рис. 11). Степень дислоцированности и метаморфизма пород складчатого основания Запад-

ной Сибири разная. Это видно на разрезах параметрических скважин, описанных Н.К. Фортунатовой и др. ([14] и др.), а также на сейсмических профилях, например, на фрагменте профиля МОГТ, опубликованного А.С. Шатовой (рис. 12), и др.

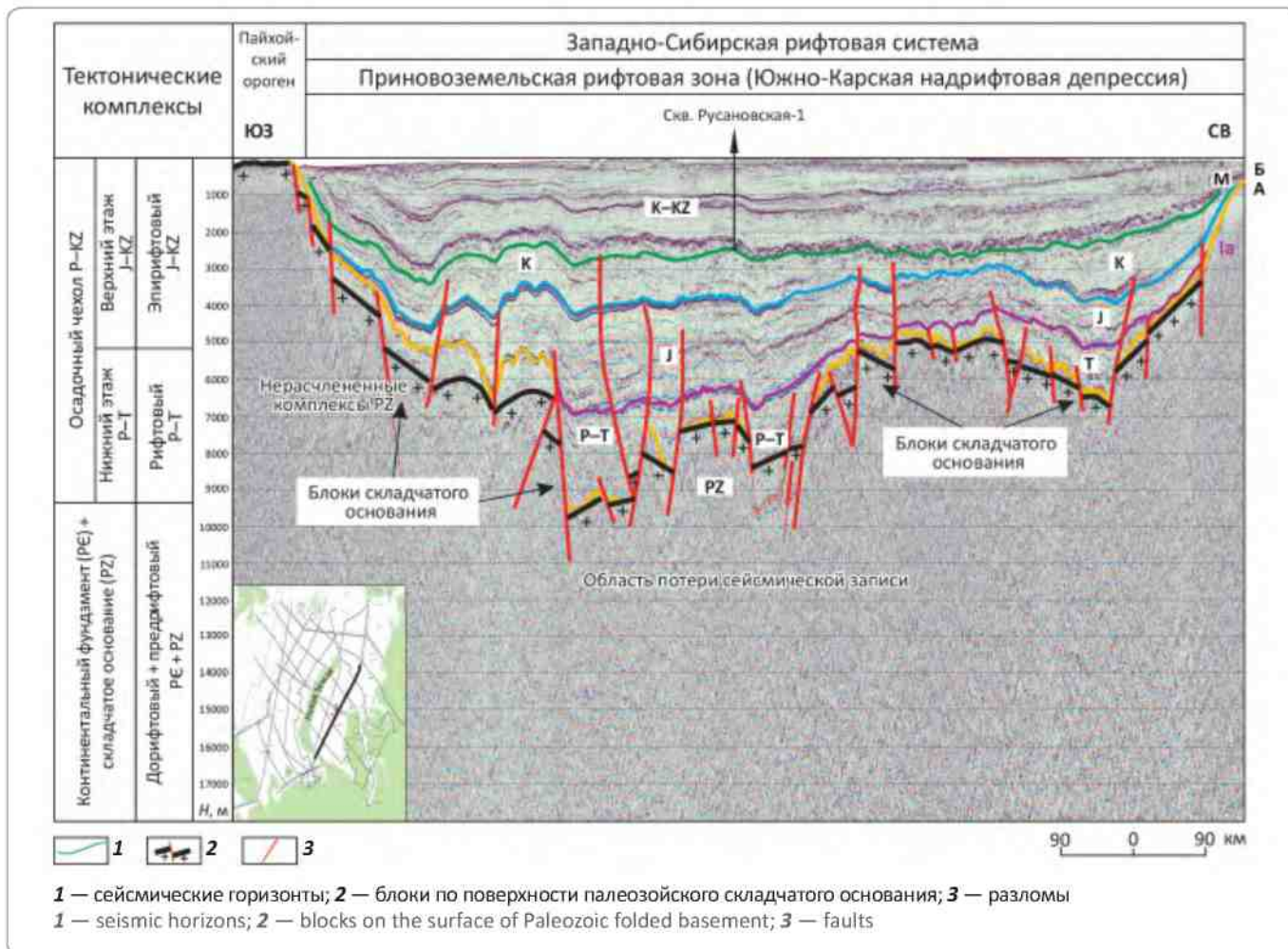
Домеловое складчатое основание подстилает осадочный чехол Лаптевской надрифтовой депрессии на глубине 0–10 км (рис. 13) и обнажается в Верхоянском складчато-надвиговом сооружении (см. рис. 1). Ниже предполагается раннепротерозойский кристаллический фундамент, развитый в пределах Лаптевского континентального массива, отторгнутый от Новосибирского палеомикроконтинента в поздне-мел-кайнозойское время.

Условия образования фундамента разных типов

Тектонические структуры рассматриваемого региона и их фундамент формировались в раннедокембрийский (архей – ранний протерозой),

Рис. 10. Блоковое строение поверхности складчатого основания северной части Западно-Сибирской области (Южно-Карская надрифтовая депрессия) (сейсмическая основа «Севморгео»)

Fig. 10. Block structure of folded basement surface in the northern part of the West Siberian region (the South Kara above-rift depression) (the "Sevmorgeo" seismic base):



позднекембрийский (рифей – ранний кембрий), среднекембрийско-раннедевонский, среднедевон-раннетриасовый, юрско-меловой, позднемелкайнозойский этапы геодинамической эволюции ([15, 26] и др.).

В **раннекембрийский** этап был сформирован фундамент палеоконтинентов, палеомикроконтинентов ([10, 24] и др.), неоднократно проявлялись тектонические деформации, внедрение магматических пород (кольская, кенорацкая, карельская, готская эпохи тектономагматической активности). В результате архейские ядра будущих континентов наращивались новообразованной раннепротерозойской континентальной корой.

В **позднекембрийский** этап существовал крупный палеоконтинент Родиния с раннекембрийским фундаментом [10, 15, 17, 24]. В среднем рифее этот палеоконтинент начал распадаться. От континентальных масс распавшейся Родинии отделился

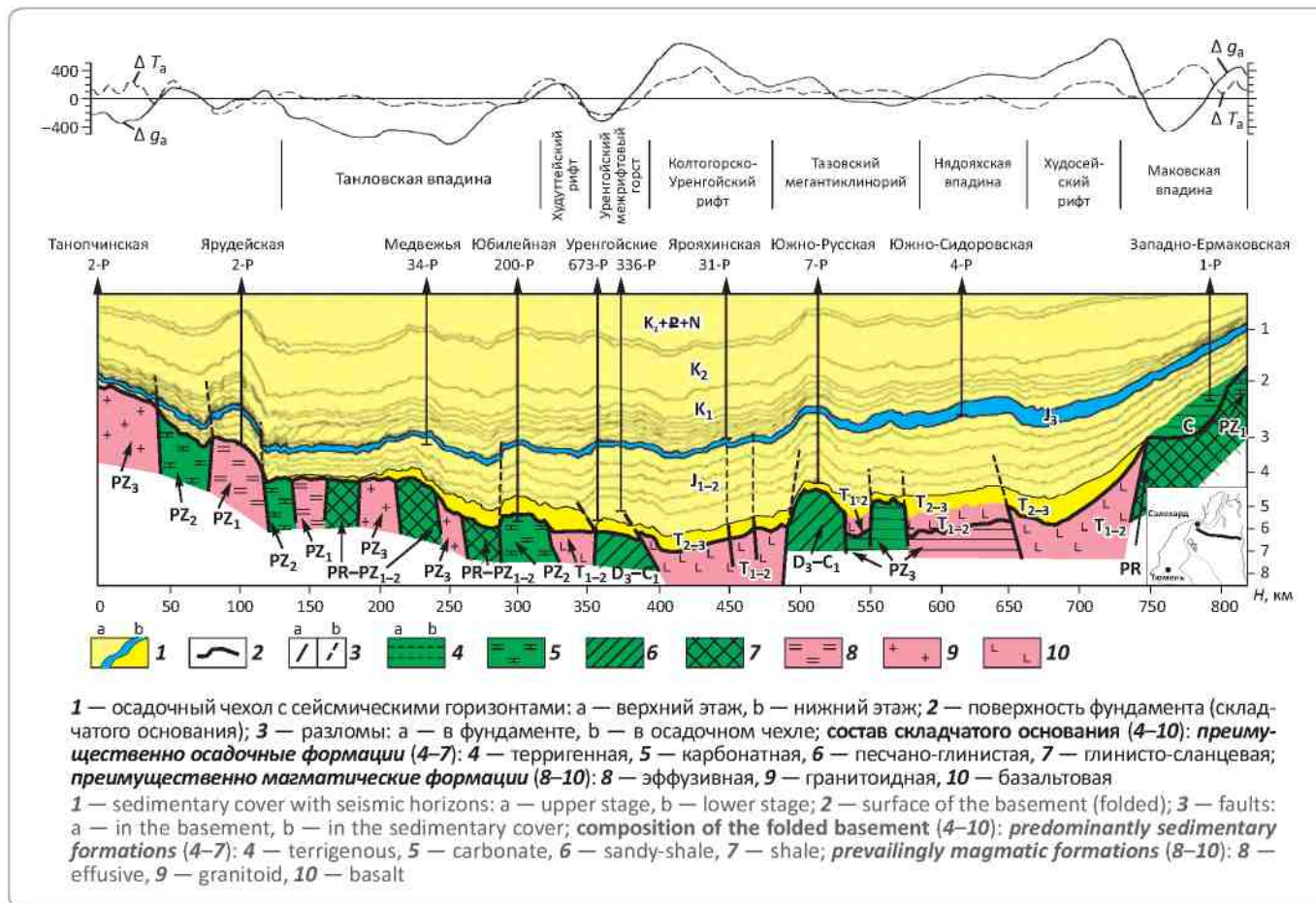
ряд микроконтинентов, на которых накапливался чехол. В позднем рифее – венде отторгнутые микроконтиненты вновь объединились в мезоконтинент Баренция. Присоединившаяся к Восточно-Европейскому палеоконтиненту Баренция в конце венда – раннем кембрии обусловила образование Тимано-Рыбачьего орогена столкновения плит и смятие здесь позднерифей-вендского осадочного чехла. В результате в пределах Баренции (Баренцевский, Печорский регионы) сформировалось складчатое основание, залегающее на раннекембрийском континентальном фундаменте.

В первой половине **среднекембрий-раннедевонского** этапа вновь начался раскол Восточно-Европейско-Баренцевского палеоконтинента, а затем – спрединг континентальной коры. В результате в середине ордовика появились Япетусский и Уральский палеоокеаны. Со среднего ордовика до раннего девона между Арктидой, Восточно-Европейским и Сибир-

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 11. Состав складчатого основания северной части Западной Сибири вдоль региональных профилей XXVI, XXVII (по Суркову В.С., 2002, с дополнениями)

Fig. 11. Composition of the folded basement in the northern part of West Siberia along regional profiles XXVI, XXVII (according to Surkov V.S., 2002, with updates)



ским палеоконтинентами находился Карский микроконтинент, включавший Таймыр и острова Северной Земли. В начале девона Карский микроконтинент приблизился, а в середине девона был присоединен к Арктиде [10]. В результате образовался ороген. Накопившийся здесь среднекембрий-силурийский осадочный чехол в начале девона был смят и превращен в складчатое основание.

В **среднем девоне – начале карбона** к Евро-Американскому палеоконтиненту присоединилась Арктида. В результате образовались орогены столкновения (Новоземельский, Иннуитский) [10]. Ранее накопившиеся осадочные породы в этих регионах были смяты, образовав складчатое основание. Орогены и территория, примыкающая к орогенам в раннем карбоне, были областью размыва и преимущественно континентального осадконакопления, а районы, прилегающие к океану (от Чукотки до Таймыра), представляли собой пассивную окраину с глубоководной внутренней (Чукотка, Новосибирские острова) и мелководной внешней (Северный Таймыр, остро-

ва Северной Земли) зонами. В упомянутых районах накапливались морские пассивно-окаинные отложения.

Сибирский палеоконтинент длительный период (**средний рифей – палеозой**) омывался океанами Япетус, Палеоазиатским, Доуральским, Уральским, Панталасским. Север и восток Сибирского палеоконтинента (по современному местоположению) в этот период являлись пассивной окраиной. На пассивной окраине накапливался осадочный терригенно-карбонатный чехол, в том числе мощная призма верхнепалеозойских терригенных пород Верхоянского комплекса. Осадочный чехол этой пассивной окраины, а также палеозойский чехол Западно-Сибирского мезоконтинента в позднем палеозое были превращены в складчатое основание. Это произошло за счет столкновения микроконтинентов и образования здесь в позднем палеозое орогенов столкновения плит — Северо-Земельского и Центрально-Таймырского (D_3-C_1), Южно-Таймырского, Северо-Сибирского порога, Новоземельского и Пайхойского (PZ_3 , T).

В *конце перми – триасе* палеозойское складчатое основание Западно-Сибирского мезоконтинента было осложнено рифтогенезом, затронувшим юг Карского моря и Енисей-Хатангский прогиб. Толщи триаса были слабдеформированы, что привело к образованию нижнего этажа осадочного чехла.

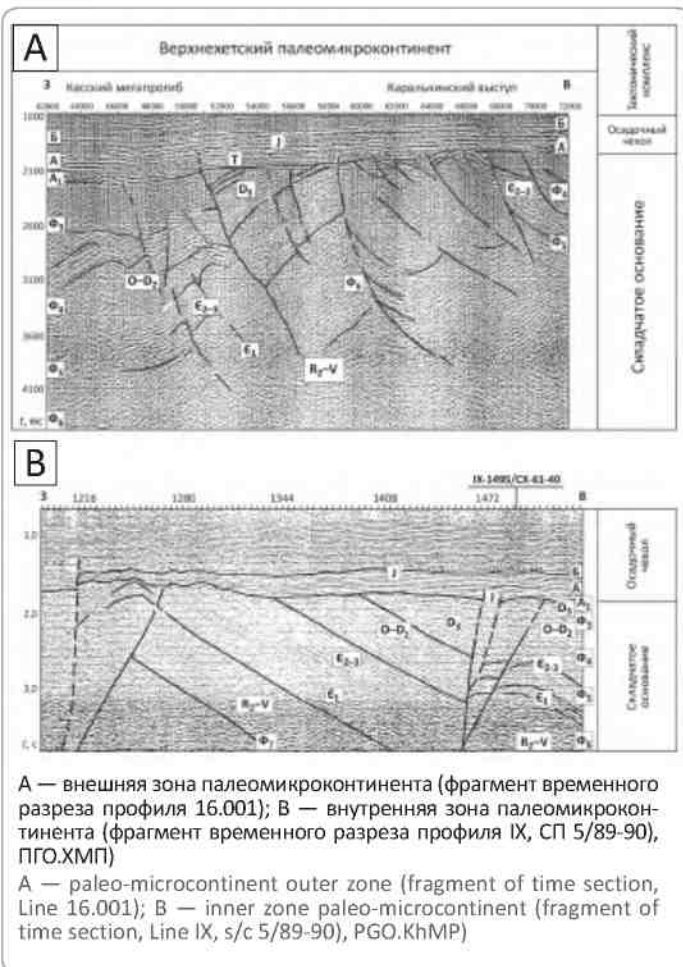
В *позднем триасе – средней юре* сформировалась пассивная окраина Арктиды. В Южно-Анжуйском океане возникали островные дуги. На севере Сибирской платформы продолжал формироваться Енисей-Хатангский рифт, заполнявшийся мощными осадочно-вулканогенными породами. Эти толщи в одних случаях залегают на породах субокеанического фундамента, а в других – на породах палеозойского складчатого основания. На аллохтонных пластинах Таймырского орогена столкновения плит образовалась Усть-Таймырская наложенная впадина, выполненная верхнеюрскими и меловыми морскими отложениями. Видимо, юрские меловые отложения в пределах северной части Енисей-Хатангского прогиба залегают на палеозойских аллохтонных пластинах Таймыра. Эти аллохтонные толщи можно рассматривать здесь как складчатое основание.

В *поздней юре – неокоме* Чукотский микроконтинент отделился от Аляскинского блока. Между ними образовался Канадский бассейн [10]. В пределах Енисей-Хатангского прогиба накапливался осадочный чехол с клиноформами. В *апте – раннем альбе* был поглощен Южно-Анжуйский океан, образовался протяженный шов столкновения плит, фрагменты которого в настоящее время представлены офиолитами. В *альб-сеноманское время* сформировался Новосибирско-Чукотский ороген. В пределах Енисей-Хатангского прогиба накапливались терригенные толщи.

В начале *поздне-мел-кайнозойского* этапа (поздний мел – ранний эоцен) образовались Евразийский океанический бассейн, Лаптевская надрифтовая депрессия, а также пассивные окраины, обрамляющие Северный Ледовитый океан. За счет раскрытия Евразийского бассейна на его торцах формировались Северо-Шпицбергенский и Хатангско-Ломоносовский трансформные разломы. Эти разломы сопровождались субпараллельными и поперечными сдвигами. Хатангско-Ломоносовский разлом оказал большое влияние на формирование Лаптевской надрифтовой депрессии, а также способствовал образованию Усть-Енисейского и Боганидско-Жданихинского мегапрогибов и разделяющих их Рассохинского, Балахинского, Танамо-Малохетского валов, объединенных в крупную инверсионную присдвиговую структуру – Мессояхский порог. Отмеченные присдвиговые инверсионные валы возникли в центральной зоне Енисей-Хатангского прогиба в результате инверсии, обусловленной ко-

Рис. 12. Степень дислоцированности складчатого основания Верхнехетского палеомикроконтинента Западной Сибири по данным сейсморазведки (сейсмическая основа по Шатовой А.С., 2002)

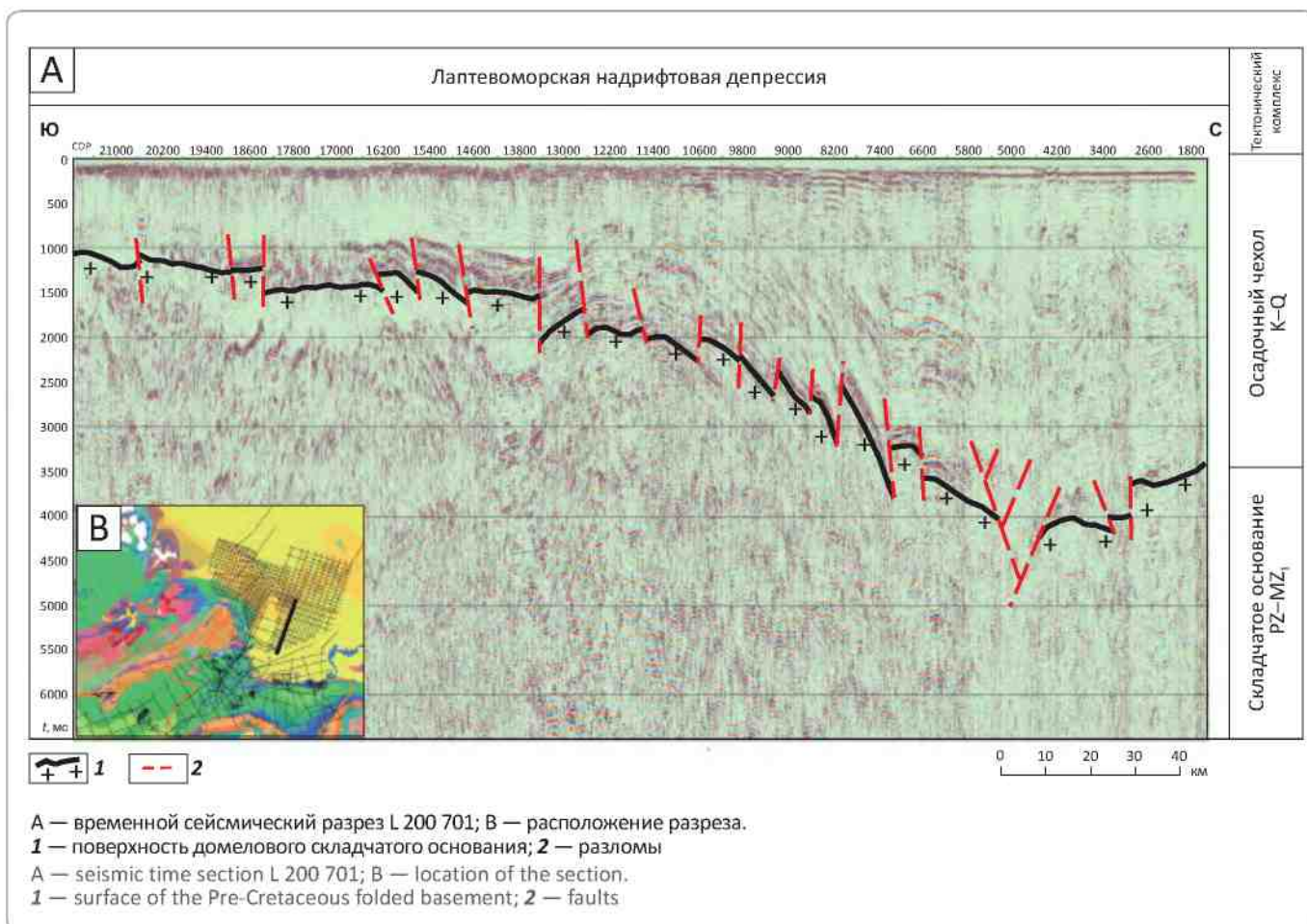
Fig. 12. Degree of the folded basement dislocations in the Verkhne-Khetskii paleo-microcontinent of West Siberia according to seismic data (seismic basis data from Shatova A.S., 2002)



сым сжатием вдоль трансформного разлома (транспрессия). Океанический фундамент приурочен к зоне спрединга (хребты Гаккеля, Книповича, Мона) и глубоководным котловинам (см. рис. 1). Его образование обусловлено расхождением плит и появлением Норвежско-Гренландского и Арктического (Северного Ледовитого океана) мегабассейнов. Образование Американо-Северного Ледовитого океана приурочено к позднеюрскому, а Евразийского — поздне-мел-кайнозойскому этапам геодинамической эволюции. Субокеанический фундамент образовался за счет проявления глубинных сдвигов. Эти сдвиги меняли направление перемещения континентальных блоков, что приводило к появлению локальных зон с утоненной земной корой в пул-апарт-бассейнах. Континентальный фундамент на утоненной земной коре сформировался в результате распада в мезозое и кайнозое мезоконтинента Арктида ([10, 19, 24] и др.).

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 13. Строение поверхности складчатого основания Лаптевской надрифтовой депрессии (сейсмическая основа ОАО «МАГЭ») / Fig. 13. Structure of the folded basement surface in the Laptev above-rift depression (seismic base from ОАО "MAGE")



Первая фаза распада происходила с поздней юры до апта [19]. Для нее характерно поле напряжений с существенной компонентой растяжения в направлении с северо-запада на юго-восток, что привело к отрыву континентальных массивов Чукотки и Аляски от Северо-Американского палеоконтинента и их коллизии с Евроазиатской континентальной окраиной. В результате был поглощен Южно-Анюйский океан. Следы этого поглощения (офиолиты) известны в пределах Южно-Анюйского шва столкновения плит. Вторая фаза распада палеоконтинента Арктида началась с возникновения в апте постколлизии субширотного поля растягивающих напряжений [19]. В апте – альбе и позднем мелу эти напряжения привели к образованию рифтогенных структур Центрально-Арктической области, включая бассейны Макарова и Подводников. В кайнозойское действие этого силового поля привело к появлению спредингового Евразийского бассейна с отколом хребта Ломоносова от Баренцево-Карской континентальной окраины ([19] и др.).

Строение и нефтегазоносность разных типов фундамента

Оценка возможностей нефтегазоаккумуляции в породах разного типа фундамента основана на региональных общегеологических, тектонических, геодинамических предпосылках, а также сведениях о нефтегазогенерирующих толщах, коллекторах, покрывках, нефтегазоносности и глубинах залегания разных типов фундамента.

Континентальный кристаллический фундамент содержит скопления нефти и газа, в некоторых регионах мира, например, Пенхендл-Хьюгтон (США), Ла-Пас, Мара (Венесуэла) и др. Залежи УВ связаны с выступами трещиноватых гранитоидов, разуплотненных метаморфических пород. Отмеченные месторождения в разрезе континентального фундамента сформировались, вероятно, за счет нефтематеринских пород осадочного чехла, а породы фундамента стали благоприятным трещиноватым резервуаром [32]. В пределах района исследований структурная ситуация, способствующая

насыщению УВ трещиноватых пород фундамента, предполагается в пределах горстограбеновых зон. В грабенах могут существовать нефтегазогенерирующие толщи осадочных пород, а в горстах — высокоемкие трещинные резервуары. Наиболее предпочтительные условия нефтегазонакопления в породах континентального кристаллического фундамента возможны на Мезенско-Вашкинском мегавалу Мезенской впадины, Оленекско-Мунском и Анабарском сводах Сибирской платформы (здесь широко распространены рифейские и кембрийские битумы), Южно-Айювинском, Северо-Уральском, Западно-Верхоянском и Индигирском поднятиях.

Субконтинентальный фундамент на угоненной коре распространен в пределах палеомикроконтинентов Арктиды ([10, 19] и др.). Например, положение фундамента палеомикроконтинента Ломоносова предполагается на глубине 8–12 км. Он перекрыт породами ниже-среднепалеозойского терригенно-карбонатного складчатого основания, образующего горстограбеновые зоны, на котором залегают верхнепалеозой-четвертичный осадочный чехол (см. таблицу). Субконтинентальный фундамент в настоящее время не представляет практического интереса. Однако возможность нефтегазонакопления не исключается в пределах хребтов Ломоносова, Менделеева и Чукотского палеомикроконтинента — там, где фундамент подстилает чехол на доступных для бурения глубинах (2–4 км).

Океанический фундамент Евразийского бассейна в глубоководных котловинах перекрыт мел-кайнозойским осадочным чехлом мощностью от 1–6 км (см. рис. 5). В центре котловин накапливались глубоководные осадки, а по периферии — терригенные толщи конусов выноса. Некоторые исследователи, например, М.К. Калинин (1988), полагают, что в осадочном чехле здесь могут происходить процессы нефтегазонакопления, а в фундаменте таковые невозможны. Однако существует и другая точка зрения. В зонах расхождения плит, океанический и субокеанический фундаменты которых перекрыты осадочным чехлом мощностью более 1 км, значительная роль в образовании УВ и газогидратов принадлежит гидротермальным процессам (Клещев К.А. и др., 2003). Водород и метан просачиваются из гидротерм сквозь толщу осадков, взаимодействуют с ОВ, формируют скопления УВ и газогидратов. Гидротермальные поля широко распространены в пределах дивергентных и трансформных границ плит. Следовательно, эти границы, точнее зоны разломов в их пределах, в случае наличия осадочного чехла на океаническом фундаменте могут рассматриваться в качестве перспективных зон нефтегазонакопления УВ и газогидратов. Например, в зоне рифта Калифорнийского залива в местах разгрузки гидротерм содержатся жидкие нефтоиды, концентрация

которых достигает 4 %, т. е. для образования скоплений УВ и газогидратов наибольший интерес представляют долгоживущие разломы, пересекающие океаническую кору, перекрытую осадочным чехлом значительной мощности (> 3 км). В нашем случае такую роль может выполнять Хатангско-Ломоносовский трансформный разлом. Известно, что запасы метана в газогидратах мира оцениваются в 10^{19} т, а запасы газа — на порядки меньше (Дмитриевский А.Н. и др., 2002). Если приведенные выводы верны, то наиболее перспективными окажутся юго-восточное разломное ограничение котловин Нансена и Амундсена, погребенное окончание хребта Гаккеля, а также зоны акваторий в пределах Хатангско-Ломоносовского трансформного разлома.

Субокеанический фундамент развит в пределах пул-апарт-бассейнов Баренцевской и Западно-Сибирской надрифтовых мегадепрессий. Он перекрыт мощным (до 20 км) осадочным чехлом (см. рис. 4, 5). Сведения о нефтегазонаосности пород субокеанического фундамента отсутствуют. Учитывая большие глубины залегания его кровли (10–20 км), этот комплекс интересен с теоретических позиций, а для нефтегазонаосности он пока не имеет практического значения.

Океанический фундамент в аллохтонном залежании распространяется в пределах швов столкновения плит и образует серию тектонических пластин. В некоторых случаях аллохтонные пластины океанического фундамента перекрывают толщ осадочных пород. Например, при столкновении островной дуги с пассивной континентальной окраиной залежи УВ в разрезе пассивной окраины могут мигрировать в вышележащие пластины океанического фундамента. Такие примеры известны в пределах Северо-Кубинского шва столкновения Кубинской островной дуги с Багамской пассивной континентальной палеоокраиной (Клещев К.А., 1982). Здесь открыто несколько небольших по запасам месторождений легкой нефти в серпентинитах (месторождения Мотембо, Бакураанао и др.). В пределах Западной Арктики залежи подобного типа могут быть приурочены к аллохтонной полосе Уральского шва столкновения плит, зонам, прилегающим к выходам офиолитов на Таймыре и Южно-Анюйской сuture.

Описанные выше зоны вероятного нефтегазонакопления, возможно, будут учтены в будущем. В настоящее время основные перспективы открытия месторождений нефти и газа в основном связаны с тектоническим комплексом складчатого основания.

Породы **складчатого основания** региона исследований занимают значительную площадь (см. рис. 1 А). Намечены четыре основные области их распространения: 1 — Печорская, 2 — Свальбардская, 3 — Лаптевская, 4 — Западно-Сибирская. Печорская позднерифейская область складчатого основания образована в результате накопления на раннепро-

терозойском фундаменте позднепротерозойского осадочно-вулканогенного чехла, деформированного в конце рифея и венде в результате столкновения Баренции с Восточно-Европейским палеоконтинентом. Разрез Печорского складчатого основания приведен в таблице, а глубины залегания его поверхности — на рис. 1 А.

Месторождения нефти и газа в разрезе складчатого основания этой области не обнаружены. В ряде мест отмечены нефтегазопроявления, битумопроявления, например, на Тимане (газовое месторождение Водный промысел), где нефтегазоматеринские толщи представлены пачкой (до 100 м) черных сланцев, обогащенных органическим углеродом в основании паунской свиты верхнего рифея. Верхнепротерозойские породы комплекса расчленены на блоки и перекрыты ордовик-кайнозойским осадочным чехлом. На приподнятых блоках породы позднего протерозоя отсутствуют. Возможности нефтегазонакопления в разрезе складчатого основания Печорской области небольшие из-за дислоцированности пород, слабого нефтегазогенерационного потенциала. К тому же его поверхность чаще всего залегает на больших глубинах (см. рис. 1).

Свальбардская область среднерифейского складчатого основания, в отличие от Баренцевско-Печорской, характеризуется доступными для бурения глубинами его кровли в Центрально-Баренцевской и Франц-Иосифовской зонах поднятий (4–5 и 1–5 км соответственно) и на Кольской моноклинали (3–5 км). Складчатое основание подстилается раннепротерозойским континентальным фундаментом. Можно наметить несколько выступов, сводов, в пределах которых возможно выявить залежи (например, свод Федьинского, Адмиралтейский вал и другие высокоприподнятые структуры, ранее рекомендованные для поисков залежей УВ в осадочном чехле [27]). Одновременно здесь целесообразно изучение нефтегазоносности фундамента. На востоке Баренцева моря площадь складчатого основания сокращается за счет девонского рифтогенеза и образования девонского пул-апарт-бассейна (см. рис. 6).

Лаптевская мезозойская область складчатого основания представлена палеозойскими и мезозойскими осадочными, осадочно-вулканогенными, магматическими дислоцированными породами, образованными в результате столкновения Сибирского палеоконтинента с Центрально-Таймырским, Чукотским, Новосибирским континентальными блоками и островными дугами. Комплекс перекрывает раннепротерозойский континентальный фундамент. Глубина залегания поверхности комплекса 1–10 км. В поздне мел-кайнозойское время породы Лаптевского складчатого основания были расчленены на горстограбеновые зоны (см. рис. 10). Большую роль в их формировании сыграли листрические сбросы

и Хатангско-Ломоносовский трансформный разлом. Месторождения УВ не выявлены, глубокие скважины не бурились.

Содержание ОВ в породах палеозоя изменяется от 0,3 % (глинисто-карбонатные отложения чабурского горизонта нижнего кембрия) до 5 % в глинах и известняках девона. Тип ОВ сапропелевый. В мезозойских разрезах содержание ОВ от 1 до 19,5 % ([13] и др.). В качестве нефтегазогенерирующих толщ рассматриваются нижнекембрийские, ниже-среднесилурийские, девонские, пермские, триасовые и юрско-меловые глинисто-карбонатные отложения. В разрезе Лаптевского складчатого основания присутствуют коллекторы хорошего качества. Например, значения пористости в терригенных отложениях триаса 16–28 %, проницаемости — 1–2,3 мкм²; в юрско-меловых — 16–30 % и 0,01–0,34 мкм² соответственно ([13] и др.). Ловушки рассматриваемого комплекса имеют сложное строение. Преобладают антиклинали линейного типа и горсты. Учитывая вышеотмеченное, авторы считают складчатое основание Лаптевской области перспективным на поиски УВ. Наиболее благоприятные условия для нефтегазонакопления существовали в пределах Трофимовского, Мининского, Усть-Ленского и других горстов (Драчев С.С., 2010, Малышев Н.А. и др., 2011; [13, 15] и др.).

Западно-Сибирская позднепалеозойская область складчатого основания распространена на значительной площади региона исследований (см. рис. 1). Ее разрез сложен осадочными, осадочно-вулканогенными, деформированными и в разной степени метаморфизованными породами рифея – палеозоя. Этот тектонический комплекс фундамента залегает на древнем раннепротерозойском континентальном либо на субокеаническом фундаменте (южная часть Енисей-Хатангского прогиба, центральная часть Южно-Карской надрифтовой депрессии). В палеозойском разрезе комплекса по данным бурения и сейсморазведки выделен ряд формаций: карбонатно-глинистая, сероцветная терригенная, карбонатно-вулканогенная и др. (Фортулатова Н.К. и др., 2004; [14]). Преобладают карбонатные мелководные формации на палеомикроконтинентах и островодужная формация между ними. Степень дислоцированности пород складчатого основания разная (см. рис. 12). Во внутренних зонах палеомикроконтинентов она слабее (см. рис. 12 В), а на окраинах — более интенсивная (см. рис. 12 А). Содержание ОВ в толщах палеозоя варьирует, составляя в карбонатах девона 0,26–0,41 %. В целом по палеозойскому разрезу содержание $C_{орг}$ в 1,5 раза выше кларкового. Как известно, кларки $C_{орг}$ для палеозоя континентов имеют следующие значения: D_1 — 0,15 %, D_2 — 0,49 %, D_3 — 0,66 %, C_1 — 0,91 %, C_{2+3} — 0,55 %, P_1 — 0,36 %, P_2 — 0,26 % (Ронов А.Б., 1980). Повышенное содержа-

ние ОВ (до 2,4–9,0 %) в разрезах палеозоя отмечено в юго-восточной части Западной Сибири (среднее 0,71 %). Это доказывает наличие здесь нефтепроизводящих толщ (Запивалов Н.П. и др., 1977; [9] и др.).

В разрезах палеозоя Западной Сибири обнаружено около 100 залежей нефти, газа и конденсата на 65 месторождениях и десятки нефтегазопроявлений, большинство приурочено к Нюрольскому и Ханты-Мансийскому палеомикроконтинентам. В пределах Ямальского палеоконтинента выявлено Новопортовское месторождение и Бованенковское нефтепроявление. Промышленная нефтегазоносность складчатого основания Западной Сибири связана с палеозойскими и триасовыми породами. Большинство залежей приурочено к верхней части разреза (кора выветривания и базальные горизонты осадочного чехла, образующие кавернозно-трещинные резервуары) (Харахинов В.В. и др., 2015). Несколько залежей выявлено в разрезе внутренней структуры палеозойского складчатого основания Нюрольского бассейна, например, Малоичская, Тамбаевская и др. ([9] и др.).

Формы залежей весьма разнообразны. Строение некоторых из них приведено в работе [14]. Залежи нефти и газа чаще всего связаны с нестратиформными ловушками, приуроченными к горстам, выступам: тектоническим, эрозионным (Урманское, Нижнетабаганское и другие месторождения). Горсты, выступы, облекаемые осадочными породами, не способными генерировать УВ, не содержат залежей нефти и газа. Например, Теньярский горст, во многом похожий по строению на горсты месторождения Белый Тигр, несмотря на хорошее качество трещинных коллекторов и покрышек, оказался непродуктивным (Ирбе В.А. и др., 2012). Наибольший интерес для выявления скоплений УВ представляют нестратиформные ловушки, обусловленные антиформами. Примером может служить Малоичская антиформа, с которой связана основная залежь месторождения. Две нижележащие залежи (небольшие по запасам) связаны с ловушками стратиформной группы и приурочены к внутренней структуре складчатого основания ([29] и др.). Запасы нефти в ловушках стратиформной группы более чем на порядок меньше запасов залежи в ловушке антиформной группы. Подобное соотношение объемов резервуаров характерно и для других регионов, например, для залежей Юрубчено-Тохомской зоны в Восточной Сибири. Таким образом, наиболее перспективные резервуары, в которых можно выявить относительно значимые по запасам месторождения, следует связывать с нестратиформными ловушками (антиформы, катаклазированные выступы и др.), облекаемыми толщами осадочного чехла, способными генерировать УВ и создавать непроницаемые экраны. Наиболее благоприятными зонами для нефтегазонакопления могут быть палеозойские отложения

Восточно-Новоземельской, Восточно-Пайхойской моноклиналей и других структур, где породы палеозоя залегают на глубине, доступной для бурения скважин (рис. 14).

Рассмотрев возможности нефтегазонакопления в шести выделенных комплексах фундамента Западной Арктики, авторы статьи пришли к выводу, что наибольшими перспективами обладает разрез складчатого основания, в первую очередь в пределах Западной Сибири.

Это связано с тем, что разрез складчатого основания здесь чаще всего представлен осадочными породами. В них встречаются нефтегазоматеринские толщи, способные генерировать УВ. Помимо Западно-Сибирской области распространения складчатого основания, перспективна также Лаптевская область, обладающая большой мощностью осадочно-вулканогенных пород, нефтематеринскими толщами, породами-коллекторами и покрышками, сложнопостроенными ловушками ([13, 20] и др.). Свальбардская область развития складчатого основания обладает благоприятными условиями для нефтегазонакопления, наличием выявленных залежей в осадочном чехле и рассматривается как малоперспективная. Благоприятные условия нефтегазонакопления здесь связаны с Центрально-Баренцевской и Франц-Иосифовской зонами поднятий и др.

Большинство же выделенных районов для изучения нефтегазоносности фундамента в настоящее время не представляет большого интереса. Однако в перспективе, наряду с разведкой осадочного чехла, целесообразно одновременно проводить изучение нефтегазоносности фундамента. В этой связи намечены районы, которые представляют интерес для решения проблемы в среднесрочную (до 2035 г.) и отдаленную перспективы.

Проведенный анализ строения и нефтегазоносности фундамента Западной Арктики позволил сделать следующие выводы:

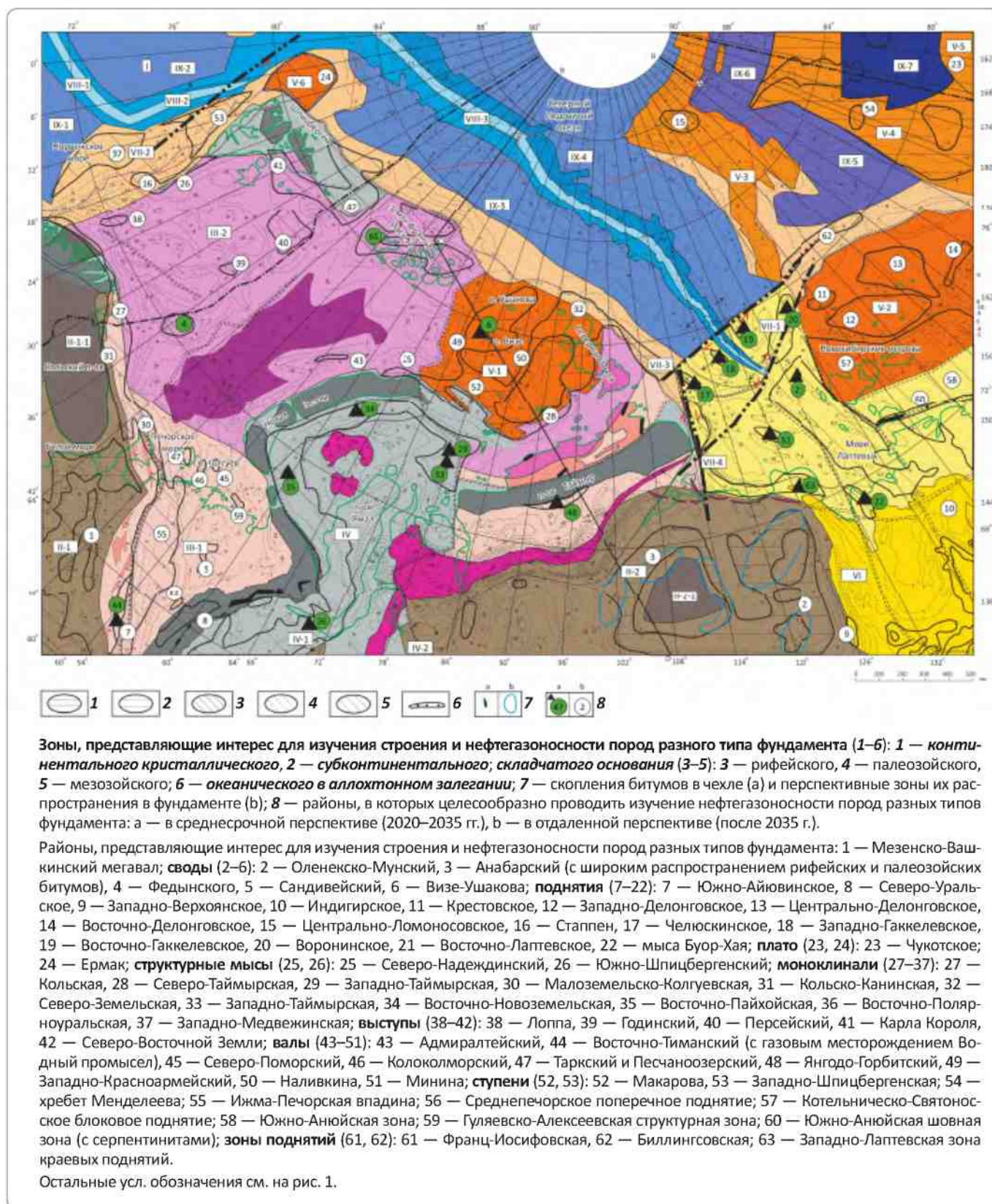
1. Использование теории литосферных плит помогло глубже раскрыть природу фундамента и выделить в Западной Арктике шесть его типов: 1 — континентальный кристаллический, 2 — субконтинентальный, 3 — субокеанический, 4 — океанический, 5 — океанический в аллохтонном залегании, 6 — складчатое основание.

2. Каждый из указанных типов фундамента сформирован за счет проявления разнообразных геодинамических обстановок: например, континентальный кристаллический — за счет нескольких эпох тектономагматической активизации; океанический — в процессе океанского рифтогенеза; океанический фундамент в аллохтонном залегании — в зоне швов в результате столкновения плит; складчатое основание — за счет деформации ранее накопившегося

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 14. Последовательность изучения нефтегазоносности пород разных типов фундамента Западной Арктики и сопредельных регионов

Fig. 14. Study sequence of rocks oil and gas bearing capacity of different basement types in the Western Arctic and adjacent regions



Zones of study interest for rocks structure and oil and gas bearing capacity in different basement types (1–6): 1 — continental crystalline, 2 — subcontinental; **folded basement (3–5):** 3 — Riphean, 4 — Paleozoic, 5 — Mesozoic; 6 — oceanic in allochthonous occurrence; 7 — accumulations of bitumen in the cover (a) and prospective zones of their occurrence in the basement (b); 8 — regions where it is advisable to study the oil and gas bearing capacity of different basement rock types: a — in the medium degree of priority (2020–2035), b — in the long term (beyond 2035).

Regions of study interest for the rocks structure and oil and gas bearing potential in different basement types: 1 — Mezensko-Vashkinskiy mega-swell; **archs (2–6):** 2 — Olenek-Munskiy, 3 — Anabar (with wide-spread occurrence of Riphean and Paleozoic bitumen), 4 — Fedynskiy, 5 — Sandiveiskiy, 6 — Vise-Ushakov; **uplifts (7–22):** 7 — South Ayuvinskiy, 8 — North Ural, 9 — West Verkhoyanskiy, 10 — Indigirka, 11 — Krestovskoe, 12 — West Delongov, 13 — Central Delingov, 14 — East Delongov, 15 — Central Lomonosov, 16 — Stappen, 17 — Chelyuskin, 18 — West Gakkel, 19 — East Gakkel, 20 — Voronin, 21 — East Laptev, 22 — cape Buor-Khaya; **plateau (23, 24):** 23 — Chukchi, 24 — Ermak; **structural capes (25, 26):** 25 — North Nadezhdinskiy, 26 — South Spitsbergen; **monoclines (27–37):** 27 — Kola, 28 — North Taimyr, 29 — West Taimyr, 30 — Malozemelsko-Kolguevskaya, 31 — Kola-Kaninskaya, 32 — Severo-Zemelskaya, 33 — West Taimyrskaya, 34 — East Novozemelskaya, 35 — East Paikhoy, 36 — East Polar Ural, 37 — West Medvezhinskaya; **ledges (38–42):** 38 — Loppa, 39 — Godinskiy, 40 — Perseus, 41 — Karla Korolya, 42 — North East Land; **swells (43–51):** 43 — Admiralteyskiy, 44 — East Timan (with gas field Vodniy Promysel), 45 — West Krasnoarmeyskiy, 46 — Nalivkina, 47 — Severo-Pomorskiy, 48 — Kolokolmorskiy, 49 — Tarka and Peschanoozerskiy, 50 — Yangodo-Gorbitskiy, 51 — Minina; **steps (52, 53):** 52 — Makarova, 53 — West Spitsbergen; 54 — Mendeleev ridge; 55 — Izhma-Pechora depression; 56 — Sredne-Pechorskoye transverse uplift; 57 — Kotelnicheskoye-Svyatonooskoye block uplift; 58 — South Anyuiskaya zone; 59 — Gulyaevsko-Alekseevskaya structural zone; 60 — South Anyuiskaya suture zone (with serpentinites); **uplift zones (61, 62):** 61 — Franz Josef, 62 — Billingsov zone of uplifts; 63 — the West Laptev zone of marginal uplifts.

For other Legend items see Fig. 1.

осадочно-вулканогенного чехла в процессе столкновения палеоконтинентов и палеомикроконтинентов между собой либо с островными дугами и др.

3. Тектонические карты строения фундамента, на взгляд авторов статьи, должны включать: 1) колонку, на которой необходимо показать типы тектонических комплексов и их строение в разрезе; 2) схему тектонического районирования фундамента, на которой должны отражаться: а) контуры распространения разных типов фундамента, подстилающих осадочный чехол; б) глубина залегания поверхности разных типов фундамента; в) основные глубинные плитотектонические структуры (см. рис. 1), например, орогены столкновения плит, трансформные разломы, зоны спрединга и возраст их формирования. Помимо этого целесообразно строить профиль с отображением типов фундамента и глубины залегания его поверхности в разрезе (см. рис. 2). В таком варианте строение фундамента будет лучше охарактеризовано по сравнению с традиционными схемами.

4. Разные типы фундамента рассматриваемого региона распространены на поверхности либо подстилают осадочный чехол. Наибольшая площадь распространения под осадочным чехлом приходится на породы складчатого основания (см. рис. 1).

5. Под осадочным чехлом выделены Печорская и Свальбардская (позднепротерозойские), Западно-Сибирская (позднепалеозойская), Лаптевская (позднемезозойская) области распространения пород складчатого основания.

6. Поиски залежей УВ в породах фундамента должны базироваться на иных принципах, методах, технологиях, чем поиски в осадочном чехле. Это продиктовано тем, что в осадочном чехле преобладают ловушки стратиформной группы (антиклинальные, литологические и др.), образованные в нормальной гидродинамической системе (артезианский бассейн, нормальное гидростатическое давление, литификация пород до стадий прото- и мезокатагенеза). Нестратиформная группа ловушек (трещинные, кавернозно-трещинные резервуары в катаклазированных

ных выступах, зонах разуплотнения, дезинтеграции, антиформах и др.) формируется при иных флюидодинамических условиях (элизионный гидродинамический режим, развитие линейных и очаговых зон трещиноватости и др.). Такая группа ловушек характерна для большинства разрезв фундамента.

7. Наиболее перспективными являются породы складчатого основания, в первую очередь палеозойские отложения, прилегающие к архипелагу Новая Земля, Уралу, Пай-Хою. В их разрезе предполагается выявлять средние и мелкие по запасам месторождения УВ. Континентальный фундамент, возможно перспективен в выступах, горстах, обрамленных осадочными породами. Вероятно перспективен также континентальный фундамент современных пассивных окраин в краях тектонических ступеней. К возможно перспективным для поисков мелких по запасам месторождений отнесены разрезы аллохтонных пластин океанического фундамента. Обоснованием выделения нефтегазоперспективных комплексов фундамента служат наличие выявленных залежей и благоприятные условия нефтегазонакопления. Бесперспективными считаются породы океанического фундамента. Однако некоторые исследователи допускают в них возможность нефтегазонакопления (Калинко М.К., 1988; Клещев К.А., 2003) (см. рис. 1).

8. Относительно крупные по размерам месторождения нефти и газа предполагаются в ловушках нестратиформной группы, например, в антиформах (по аналогии с Юрубчено-Тохомской антиформой Восточной Сибири), а также в пределах крупнопластовых горстов, выступов (тектонических, гранитоидных и др.), окруженных осадочными породами, способными генерировать УВ (по аналогии с месторождением Белый Тигр во Вьетнаме).

Учитывая объем информации по региональной геологии и нефтегазонаосности разных типов фундамента, глубины залегания их поверхности, условия нефтегазонакопления и другие данные, авторы статьи предложили последовательность изучения нефтегазонаосности фундамента Западной Арктики (см. рис. 14).

Литература / References

1. Аплонов С.В., Шмелев Г.Б., Краснов Д.К. Геодинамика Баренцево-Карского шельфа (по геофизическим данным) // Геотектоника. – 1996. – № 4. – С. 58–76.
Aplonov S.V., Shmelev G.B., Krasnov D.K. Geodynamics of the Barents-Kara sea shelf (derived from geophysical data). Geotektonika. 1996;(4):58–76.
2. Астафьев Д.А., Шеин В.А. Тектоническое строение и перспективы нефтегазоносности северной части Западно-Сибирского тафрогена и его обрамления // Геология нефти и газа. – 2010. – № 3. – С. 19–29.
Astafjev D.A., Shein V.A. Tectonic structure, oil and gas possibilities of the West Siberian Northern part taphrogene and its surroundings. Geologiya nefiti i gaza. 2010;(3):19–29
3. Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В., Бордуков С.И., Луговая О.В., Чикишев А.А., Яковашина Б.Г. Тектоника, тектоностратиграфия и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена // Геотектоника. – 2016. – № 2. – С. 23–42.
Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Unger A.V., Bordukov S.I., Lugovaya O.V., Chikishev A.A., Yakovashina B.G. Tectonics, tectonic stratigraphy and periods in the geological history of the Yenisei-Khatanga basin and conjugated Taimyr orogene. Geotektonika. 2016;(2):23–42.
4. Богацкий В.И., Богданов Н.А., Костюченко С.Л., Сенин Б.В., Соболев С.Ф., Шипилов Э.В., Хаин В.Е. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2 500 000 / Под ред. Н.А. Богданова, В.Е. Хаина. – М. : Изд-во Ин-та литосферы окраинных и внутренних морей РАН, 1996. – 94 с.
Bogatckij V.I., Bogdanov N.A., Kostyuchenko S.L., Senin B.V., Sobolev S.F., Shipilov E.V., Khain V.E. Explanatory note to the tectonic map of the Barents Sea and Northern part of the European Russia in scale 1:2 500 000. In: N.A. Bogdanov, V.E. Khain, eds. Moscow: Izdatelstvo Instituta Litosfery okrainnykh i vnutrennikh morey RAN; 1996. 94 p.
5. Вержбицкий В.Е., Соколов С.Д., Тучкова М.И., Лобковский Л.И. Новые данные о структуре и тектонической эволюции острова Врангеля (российская Восточная Арктика) // Докл. РАН. – 2014. – Т. 456. – № 6. – С. 686–690.
Verzhbitskij V.E., Sokolov S.D., Tuchkova M.I., Lobkovskij L.I. New data on structure and tectonic evolution of the Wrangel Island (Russian Eastern Arctic). Doklady RAN. 2014; 456(6):686–690.
6. Винокуров И.Ю., Беляев И.В., Егоров А.С., Каленич А.П., Матвеев Ю.И., Прудников А.Н., Рослов Ю.В. Глубинная модель и особенности строения Баренцево-Карского региона // Материалы XLII Тектонического совещания. – 2009. – Том 1. – С. 102–106.
Vinokurov I.Yu., Belyaev I.V., Egorov A.S., Kalenich A.P., Matveev Yu.I., Prudnikov A.N., Roslov Yu.V. Deep structure model and characteristic features of the Barents-Kara region. Materialy XLII Tektonicheskogo soveshchaniya. 2009. Vol. 1. P. 102–106.
7. Гаврилов В.П., Федоровский В.П., Тронов Ю.А. и др. Геодинамика и нефтегазоносность Арктики / Под ред. В.П. Гаврилова. – М. : Недра, 1993. – 323 с.
Gavrilov V.P., Fedorovskij V.P., Tronov Yu.A. et. al. Geodynamics and petroleum potential of the Arctic. In: V.P. Gavrilov, ed. Moscow: Nedra; 1993. 323 p.
8. Геологический словарь. В 3-х т. / Гл. ред. О.В. Петров. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – Т. 3. – 339 с.
Geological dictionary. In 3 vol. In: O.V. Petrov ed. St. Petersburg: Izdatelstvo VSEGEI; 2012. Vol. 3. 339 p.
9. Запивалов Н.П. Нефтегазоносность «фундамента» Западной Сибири // Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 2001. – С. 22–25.
Zapivalov N.P. Oil and gas potential of the "basement" of Western Siberia. Prognoz neftegazonosnosti fundamenta molodykh i drevnikh platform. – Kazan: Izd-vo Kaz. un-ta; 2001. P. 22–25.
10. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. – М. : Недра, 1990. – Кн. 1; кн. 2. – 328 с.; 334 с.
Zonenshajn L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. Lithospheric plates tectonics in the territory of the USSR. Moscow: Nedra; 1990. Book 1; book 2. 328 p.; 334 p.
11. Исследования литосферы в работах петербургских геофизиков (Развитие идей академика Г.А. Гамбурцева). – СПб. : ВИРГ – Рудгеофизика – ВНИИОкеангеология, 2003. – 224 с.
Studies of lithosphere in the works of Petersburg geophysicists (Promotion of the ideas of academician G.A. Gamburtsev). St. Petersburg: VIRG – Rudgeofizika – VNIIOkeangeologiya; 2003. 224 p.
12. Карта рельефа поверхности Мохоровичича (М) территории России и сопредельных акваторий масштаба 1:10 000 000. – ВСЕГЕИ, 2002.
Topographic map of the Mohorovicic (M) surface for the territory of Russia and conjugated sea areas in scale 1:10 000 000. VSEGEI; 2002.
13. Ким Б.И., Евдокимова Н.К., Харитонов Л.Я. Структура, нефтегазовый потенциал и нефтегазогеологическое районирование Восточно-Арктического шельфа России // Геология нефти и газа. – 2016. – № 1. – С. 2–16.
Kim B.I., Evdokimova N.K., Kharitonova L.Ya. Structure, petroleum potential and oil and gas geological zoning of Russian Eastern Arctic sea shelf. Geologiya nefiti i gaza. 2016;(1):2–16.
14. Клещев К.А., Шеин В.С. Перспективы нефтегазоносности фундамента Западной Сибири – 2004. – М. : ВНИГНИ, 2004. – 214 с.
Kleshchev K.A., Shein V.S. Oil and gas bearing prospects of the Western Siberia basement. Moscow: VNIIGNI; 2004. 214 p.
15. Клещев К.А., Шеин В.С. Геодинамическая эволюция и перспективы нефтегазоносности Арктики. – М. : Изд-во ВНИГНИ, 2008. – 103 с.
Kleshchev K.A., Shein V.S. Geodynamic evolution and oil and gas bearing prospects in the Arctic. Moscow: Izdatelstvo VNIIGNI; 2008. – 103 p.
16. Конторович В.А., Конторович А.Э., Губин В.А., Зотеев А.М., Лапковский В.В., Малышев Н.А., Соловьев М.В., Фрадкин Г.С. Структурно-тектоническая характеристика и модель геологического строения неопротерозойско-фанерозойских отложений Анабаро-Ленской зоны // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1253–1274.
Kontorovich V.A., Kontorovich A.E., Gubin V.A., Zoteev A.M., Lapkovskij V.V., Malyshev N.A., Solovjev M.V., Fradkin G.S. Structural-tectonic characteristic and model of geological structure of the Neo-Proterozoic - Phanerozoic deposits in the Anabar-Lena zone. Geologiya i geofizika. 2013;54(8):1253–1274

17. Косько М.К., Верба В.В., Караго Е.А. Мусатов У.У., Супруненко О.И. Фундамент арктического шельфа Евразии: блоковая делимость и некоторые аспекты эволюции // Российская Арктика: геологическая история, минералогия, геоэкология / Под ред. Д.А. Додина, В.С. Суркова. – СПб. : ВНИИОкеангеология, 2002. – С. 109–120.
Kosko M.K., Verba V.V., Korago E.A. Musatov U.U., Suprunenko O.I. Basement of the Eurasian Arctic sea shelf: separability into block and some aspects of evolution. In: D.A. Dolina, V.S. Surkova, eds. *Rossiyskaya Arktika: geologicheskaya istoriya, minerageniya, geoekologiya*. St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya; 2002. P. 109–120.
18. Критерии оценки нефтегазоносности ниже промышленно освоенных глубин и определение приоритетных направлений геолого-разведочных работ: Сб. науч. докл. – Пермь : КамНИИКИГС, 2001. – 405 с.
Criteria for evaluation of oil and gas potential below the commercially accessed depths and determining priority plays for exploration operations. Sbornik nauchnykh dokladov. Perm: KamNIKIGS; 2001. 405 p.
19. Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Соколов С.Д., Шипилов Э.В. Геодинамическая модель развития Арктического бассейна и примыкающих территорий для мезозоя и кайнозоя и внешняя граница континентального шельфа России // Геотектоника. – 2013. – № 1. – С. 3–36.
Laverov N.P., Lobkovskij L.I., Kononov M.V., Dobretsov N.L., Vernikovskij V.A., Sokolov S.D. Shipilov E.V. Geodynamic model of the Arctic basin development and adjacent areas for the Mesozoic and Cenozoic and the outer limits of the continental shelf of Russia. *Geotektonika*. 2013;(1):3–36.
20. Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов : тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. (9–11 октября 2001 г.). – М. : РГУНГ, 2002. – 302 с.
Oil and gas-bearing capacity in the basement of sedimentary basins: tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (9–11 october 2001). Moscow: RGUNG; 2002. 302 p.
21. Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ. / Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. (4–8 июня 2001 г.). – Казань : Изд-во Каз. ун-та, 2001.
Prediction of oil and gas bearing capacity in the basement of recent and ancient platforms. Prognoz neftegazonosnosti fundamenta molodykh i drevnikh platform: tez. dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (4–8 June, 2001). Kazan : Izd-vo Kaz. un-ta; 2001.
22. Ступакова А.В. Структура и нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа и прилегающих территорий // Геология нефти и газа. – 2011. – № 6. – С. 99–115.
Stupakova A.V. Structure and oil and gas potential of the Barents-Kara sea shelf and adjacent areas. *Geologiya nefiti i gaza*. 2011;(6):99–115.
23. Супруненко О.И., Устрицкий В.И., Зуйкова О.И., Павлов С.П., Винокуров И.Ю. Геолого-геофизическое районирование севера Баренцево-Карского шельфа по данным сейсморазведки // Геология нефти и газа. – 2009. – № 4. – С. 17–25.
Suprunenko O.I., Ustritskiy V.I., Zujkova O.I., Pavlov S.P., Vinokurov I.Yu. Geological-geophysical zoning of the Barents-Kara sea shelf North based on seismic data. *Geologiya nefiti i gaza*. 2009;(4):17–25.
24. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. – М. : Научный мир, 2001. – 606 с.
Hain V.E. Tectonics of continents and oceans. Moscow: Nauchnyj mir; 2001. 606 p.
25. Харахинов В.В., Кулишкин Н.М., Шленкин С.И. Мессояхский порог — уникальный нефтегазогеологический объект на севере Сибири // Геология нефти и газа. – 2013. – № 5. – С. 34–48.
Harakhinov V.V., Kulishkin N.M., Shlenkin S.I. The Messoyakhskiy sill is a unique oil and gas geological object in the North of Siberia. *Geologiya nefiti i gaza*. 2013;(5):34–48.
26. Шеин В.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности шельфа Западной Арктики // Газовая промышленность. – 2013. – № 1. – С. 10–14.
Shein V.A. Geological structure and petroleum potential of sea shelf of the Western Arctic. *Gazovaya promyshlennost*. 2013;(1):10–14.
27. Шеин В.А. Перспективы нефтегазоносности Западной Арктики и рекомендации по проведению геолого-разведочных работ на газ и нефть // Геология нефти и газа. – 2014. – № 4. – С. 15–31.
Shein V.A. Oil and gas bearing prospects of the Western Arctic and recommendations for geological exploration for gas and oil. *Geologiya nefiti i gaza*. 2014;(4):15–31.
28. Шеин В.С. Тектоническая природа фундамента и предчехольного комплекса с позиций тектоники плит // Геология нефти и газа. – 1985. – № 11. – С. 20–27.
Shein V.S. Tectonic nature of the basement and pre-cover sequence from the standpoint of plate tectonics. *Geologiya nefiti i gaza*. 1985;(11):20–27.
29. Шеин В.С. Геология и нефтегазоносность России. – М. : Изд-во ВНИГНИ, 2012. – 848 с.
Shein V.S. Geology and petroleum potential of Russia. Moscow: Izd-vo VNIGNI; 2012. 848 p.
30. Шеин В.С., Алференок А.В., Каламкаргов С.Л., Книппер А.А., Шеин В.А. Плитотектоническое и нефтегазогеологическое районирование Западной Арктики и сопредельных регионов // Геология нефти и газа. – 2017. – № 2. – С. 3–26.
Shein V.S., Alferenok A.V., Kalamkarov S.L., Knipper A.A., Shein V.A. Zoning of the Western Arctic and adjacent regions based on plate tectonics and oil and gas geology criteria. *Geologiya nefiti i gaza*. 2017;(2):3–26.
31. Шипилов Э.В., Тарасов Г.А. Региональная геология нефтегазоносных осадочных бассейнов Западно-Арктического шельфа России. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. – 306 с.
Shipilov E.V., Tarasov G.A. Regional geology of oil-and-gas sedimentary basins in the Western Arctic sea shelf of Russia. Apatity: Izd-vo KNTS RAN; 1998. 306 p.
32. Шустер В.Л., Левянт В.Б., Элланский М.М. Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов). – М. : Изд-во «Техника», ТУМАГРУПП, 2003. – 176 с.
Shuster V.L., Levyant V.B., Ellanskij M.M. Oil and gas bearing capacity of the basement (exploration and assessments of hydrocarbon fields problems). Moscow: Izd-vo "Tekhnika", TUMAGRUPP; 2003. 176 p.
33. Nikishin A.M., Petrov E.I., Malyshev N.A., Ershova V.P. Rift system of the Russian Eastern Arctic shelf and Arctic deep water basins: link between geological history and geodynamics. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8(1):11–43.