

*Российская Академия Наук*



**КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**  
Мурманский морской биологический институт



М.П.Антипов, Г.Е.Бондаренко,  
Т.О.Бордовская, Э.В.Шипилов

# АНАДЫРСКИЙ БАССЕЙН

СЕВЕРО-ВОСТОК ЕВРАЗИИ,  
БЕРИНГОВОМОРСКОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ

геологическое строение, тектоническая эволюция и нефтегазоносность

Апатиты  
2008

*Российская Академия Наук*

**КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**  
Мурманский морской биологический институт

М. П. Антипов, Г. Е. Бондаренко, Т. О. Бордовская, Э. В. Шипилов

---

**АНАДЫРСКИЙ БАССЕЙН**

**СЕВЕРО-ВОСТОК ЕВРАЗИИ,  
БЕРИНГОВОМОРСКОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ**

геологическое строение,  
тектоническая эволюция и нефтегазоносность

---

---

Апатиты  
2008

Печатается по постановлению Президиума  
Кольского научного центра Российской академии наук

УДК 551.243:553.98 (265.51)

*Антипов М.П., Бондаренко Г.Е., Бордовская Т.О., Шипилов Э.В.* Анадырский бассейн (северо-восток Евразии, Беринговоморское побережье): геологическое строение, тектоническая эволюция и нефтегазоносность: — Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. — 53 с.

В работе предпринята попытка осуществить синтез знаний о тектонической эволюции, условиях осадконакопления Анадырской впадины и опубликованных данных по результатам геолого-разведочных нефте- и газопоисковых работ, выполненных в ее пределах. Результаты осмыслены в контексте новых геологических и структурных данных, полученных авторами в процессе проведения полевых исследований на территории Чукотского полуострова.

История формирования осадочного чехла Анадырской впадины отражает тектоническую историю региона, развивавшегося в позднем мезозое и кайнозое на стыке Южно-Анлюйского океанического бассейна, окраины Азиатского континента и разновозрастных зон конвергенции вдоль его границы с Пацификой. В формировании чехла впадины выделено три основных этапа: 1) после альб-сеноманского орогенеза в позднем мелу—раннем эоцене в условиях пассивной гетерогенной континентальной окраины сформировалась нижняя часть чехла; 2) в среднем эоцене—олигоцене седиментация протекала на фоне растяжения и рифтинга в северной части палеовпадины и сжатия в ее южной части, обусловленного миграцией в северном направлении предгорного прогиба перед фронтом Корякского аккреционного орогена; 3) миоценовая активизация осадконакопления связана с континентальным рифтогенезом.

Осадочный комплекс первого этапа осадконакопления приурочен главным образом к южной части Анадырской впадины (Майницкий и Ламутский прогибы). Максимальные мощности осадочного комплекса второго этапа седиментации фиксируются преимущественно в южной части впадины, а также в Центральном и Восточно-Анадырском прогибах. Накопление осадочного комплекса третьего этапа наиболее интенсивно происходило в центральных и северных частях Анадырской впадины.

Анализ геологических и геофизических материалов свидетельствует, что для южной части Анадырской впадины характерно надвиговое строение. Амплитуда перекрытия надвигами отложений Майницкого прогиба составляет десятки километров. Вертикальная мощность тектонически экранированных палеоген-неогеновых отложений в южной части Майницкого прогиба превышает 10 км.

Наибольшие перспективы обнаружения новых нефтяных и газовых месторождений связаны с южной частью Анадырской впадины. Здесь вероятно обнаружение промышленных скоплений углеводородов в верхнемеловых, эоценовых и верхнеолигоцен-миоценовых коллекторах, локализованных в структурно-литологических ловушках поднадвигового типа. Ил. — 30, табл. — 7, библиогр. — 45 назв.

Под общей редакцией  
академика РАН Г.Г.Матишова, д.г.-м.н. профессора Э.В.Шипилова

Рецензенты  
д.г.-м.н. профессор А.М. Никишин, к.г.-м.н. И.А.Погодина

© М.П. Антипов, Г.Е. Бондаренко, Т.О. Бордовская, Э.В. Шипилов, 2008  
© Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 2008  
© Кольский научный центр РАН, 2008

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ММБИ КНЦ РАН,  
и его воспроизводство (воспроизведение) любым способом без согласия Института запрещается*

*Russian Academy of Sciences*

**KOLA SCIENCE CENTRE**

Murmansk Marine Biological Institute

M.P.Antipov, G.E.Bondarenko, T.O.Bordovskaya, E.V.Shipilov

---

**ANADYR BASIN**  
**THE NORTH-EAST OF EURASIA,**  
**THE BERING SEA COAST**  
geological structure, tectonic evolution  
and oil-and-gas bearing

---

Apatity  
2008

UDC 551.243:553.98 (265.51)

*Antipov M.P., Bondarenko G.E., Bordovskaya T.O., Shipilov E.V.* Anadyr basin (the north-east of Eurasia, the Bering Sea coast): geological structure, tectonic evolution and oil-and-gas bearing: – Apatity: Publ. Kola Science Centre RAS, 2008. – 53 p.

An attempt to summarize knowledge on tectonic evolution, sedimentation conditions in Anadyr depression and published data on results of oil and gas exploration work within its range was made in this work. Findings were interpreted in the context of new geological and structural data obtained by the authors during field investigations on the territory of Chukotsky peninsula.

History of Anadyr basin sedimentary cover formation reflects tectonic history of the region which developed in the late Mesozoic and Cenozoic at the turn of Southern-Anyuy oceanic basin, the Asian continental edge and multi-aged convergence zones along its boundaries with Pacific. There are three major stages of basin cover formation: 1) after Albian-Cenomanian orogeny in late Cretaceous–early Eocene under conditions of passive heterogenous continental edge the lower part of cover was formed; 2) in the middle Eocene–Oligocene sedimentation proceeded along with stretching and rifting of the northern part of paleobasin and compression in its southern part, it was determined by northward migration of submontane trough before the front of Koryak accretion orogen; 3) Miocene sedimentation activation is connected with continental riftogenesis.

The sediment complex of the first sedimentation stage concerns primarily southern part of Anadyr depression (Maynitsky and Lamutsky trough). Maximum thickness of a sedimental complex of the second stage of sedimentation is fixed primarily in the southern part of the basin, and in Central and East-Anadyr trough. Accumulation of a sediment complex of the third stage was mostly intense in the central and northern parts of Anadyr depression.

The analysis of geological and geophysical materials testifies that for the southern part of Anadyr basin thrust structure is typical. Amplitude of overlapping by sediment thrusts of Maynitsky trough makes tens kilometres. Vertical thickness of tectonically screened palaeogene-neogene sediments in the southern part of Maynitsky trough exceeds 10 km.

The most perspectives of new petroleum and gas fields detection are connected with the southern part of Anadyr depression. Detection of industrial (commercially productive) hydrocarbons in upper cretaceous, eocene and upper oligocene-miocene collectors localized in structural-lithologic (depositional) traps of under-thrust type is probable here. Ill. – 30, tabl. – 7, references – 45.

Under general edition

Academician RAS G.G.Matishov, prof. E.V.Shipilov, Dr. Sci. (Geology and Mineralogy)

Reviewers

Prof. A.M.Nikishin, Dr. Sci. (Geology and Mineralogy)

I.A.Pogodina, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy)

© M.P.Antipov, G.E.Bondarenko, T.O.Bordovskaya, E.V.Shipilov, 2008  
© Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, 2008  
© Kola Science Centre RAS, 2008

## Введение

Большинство геологических, геохимических, геофизических и буровых данных по осадочному чехлу и фундаменту впадины было получено в 1980–начале 1990-х годов. Качество материалов было вполне удовлетворительным для расшифровки внутреннего строения впадины и детального анализа перспективных структур. Они послужили основой для открытия практически всех известных на сегодняшний день месторождений и проявлений нефти и газа. Уже тогда имелось достаточно материалов, чтобы с высокой степенью точности оценить перспективы Анадырской впадины на нефть и газ. Проблеме тектоники и нефтегазоносности изученного региона были посвящены публикации Д.И.Агапитова, В.В.Иванова, М.Л.Вербы, Ю.К.Бурлина, В.Е.Архипова, Ю.М.Пущаровского, Э.В.Шипилова, А.П.Ставского и др. [1–9, 12–18, 21–27, 37–45]. Из этих работ следует, что:

- 1) перспективы нефтегазоносности Анадырской впадины не высоки, здесь нельзя ожидать наличия крупных и гигантских месторождений;
- 2) обнаруженные мелкие месторождения нефти и газа представляют региональный интерес.

Эти выводы основаны на анализе разрозненного и незначительного по объему фактического материала. Между тем, имеющийся геолого-геофизический фактический материал огромен, но по большей части не проанализирован и не опубликован. Поэтому выводы о низком углеводородном потенциале Анадырской впадины представляются недостаточно обоснованными.

Главная цель данной публикации заключается в том, чтобы определить место Анадырской впадины среди мел-кайнозойских осадочных бассейнов восточного сектора Арктики, и на основании комплексного анализа условий тектонического развития, осадконакопления, а также имеющихся геолого-геофизических данных оценить нефтегазовый потенциал осадочного чехла Анадырской впадины, выявить в ее пределах наиболее перспективные с точки зрения нефтегазоносности структурные элементы.

## Тектоническое районирование

Анадырская впадина расположена в пределах Чукотского полуострова и прилегающего шельфа Берингова моря (рис. 1). С севера и северо-запада Анадырская впадина ограничена Чукотским нагорьем, а с юга и юго-запада – Корякским нагорьем.

Анадырская впадина резко несогласно наложена на структуры трех разновозрастных складчато-надвиговых сооружений: альпийского Корякско-Камчатского на юге и позднемезозойского Западно-Корякского и Анюйско-Чукотского на западе и на севере. Это предопределяет гетерогенность фундамента впадины, а также различное строение осадочного чехла северной и южной ее частей (рисунки 1, 2, 3, 4).

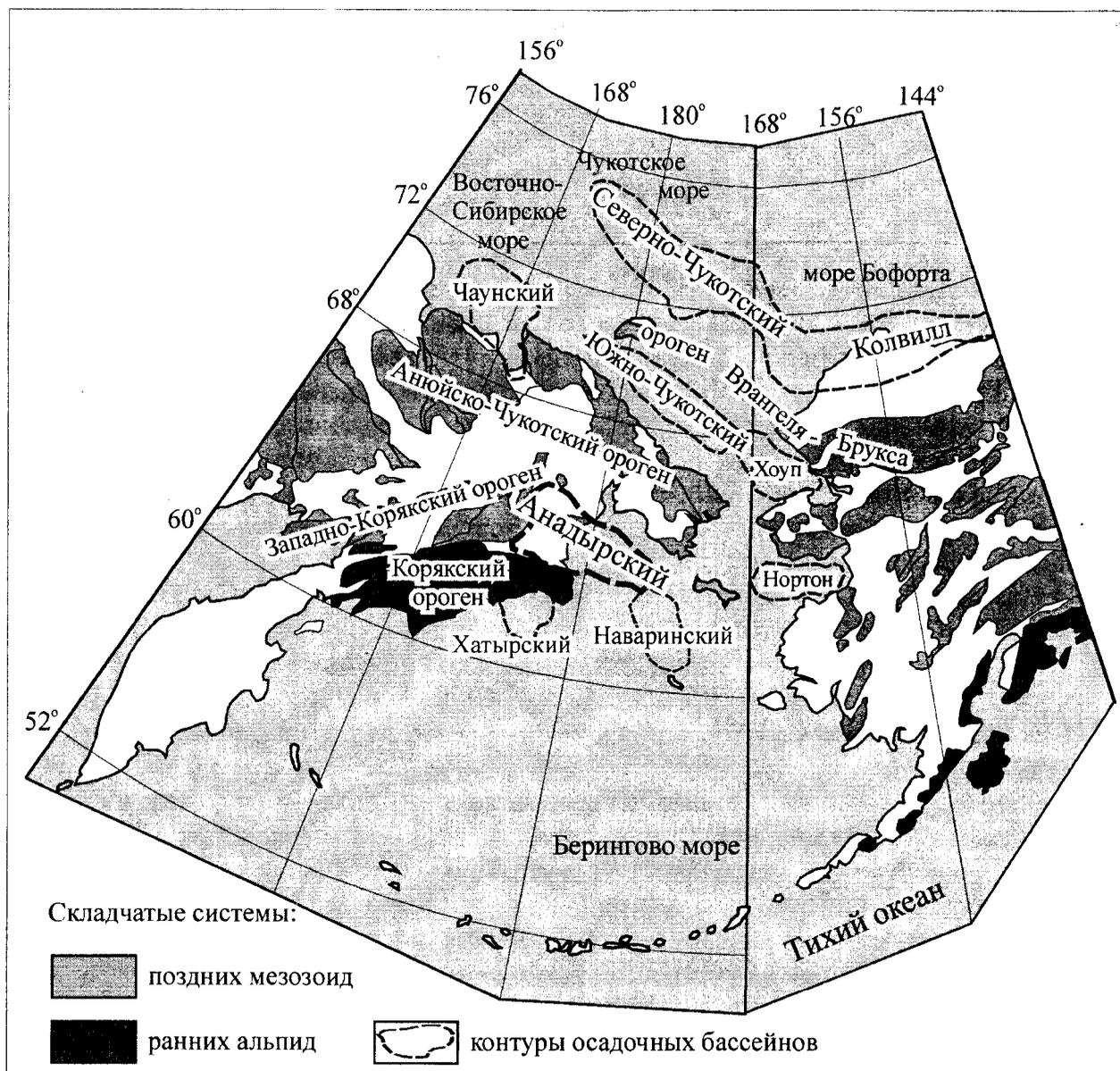


Рис. 1. Положение Анадырской впадины в структуре поздних мезозойских и альпийских складчатых сооружений северного обрамления Тихого океана

Завершающая складчатость в пределах рассматриваемой части Западно-Корякского и Анюйско-Чукотского складчатых сооружений имела место в конце неокома (до альба). Их формирование связано с эволюцией мезозойской Удско-Мургалской зоны конвергенции между Азиатским континентом и океаническими плитами Пацифики [29, 30, 33], а также с эволюцией Южно-Анюйского океанического бассейна [11]. Для Пекульнейского и Канчаланско-Золотогорского сегментов Западно-Корякского складчатого сооружения характерно формирование в процессе складчатости системы сдвигов субмеридионального и северо-восточного простирания. Это предопределило распределение тектонических неоднородностей в фундаменте северной части Анадырской впадины (рисунки 3, 4).

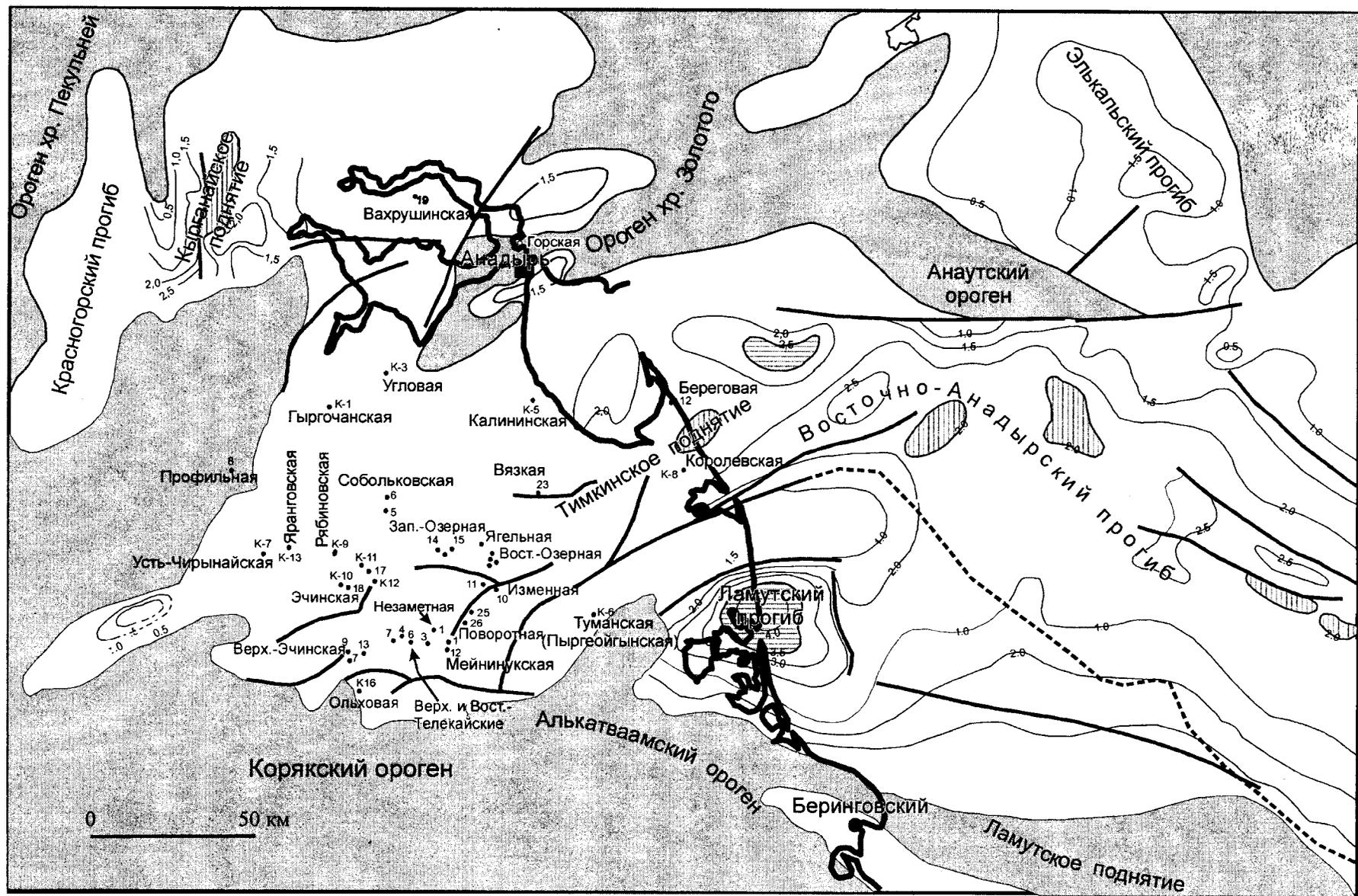


Рис. 2. Схема расположения основных буровых площадей и разведочных скважин в пределах Анадырской впадины

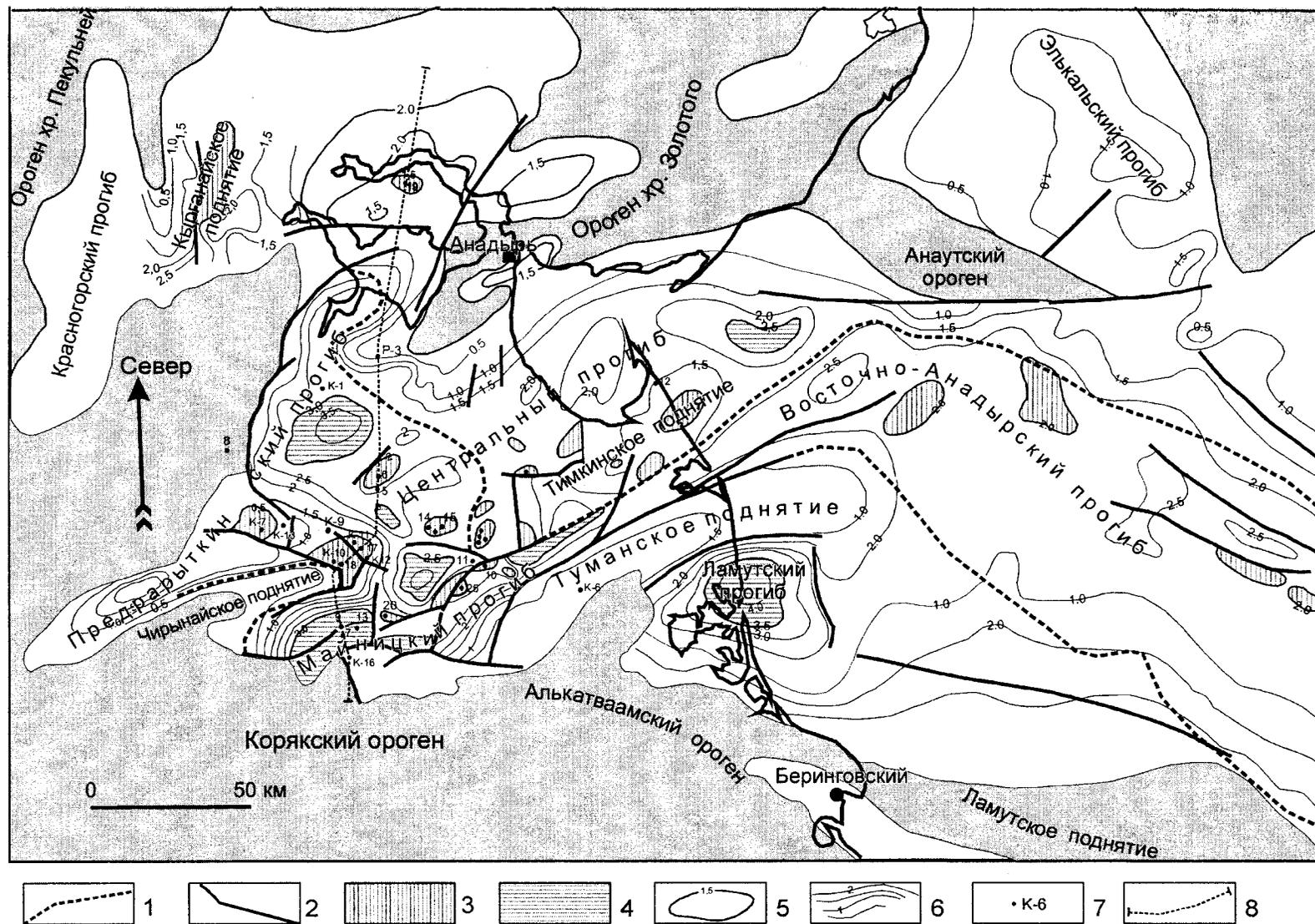


Рис. 3. Схема тектонического районирования Анадырской впадины {по: [2, 5, 22] с изменениями}:

1 – границы основных структурных элементов впадины; 2 – разломы; 3 – наиболее контрастные амплитудные поднятия; 4 – наиболее контрастные амплитудные прогибы; 5 – изопахиты меловых отложений; 6 – изопахиты неогеновых отложений; 7 – скважины; 8 – линия геолого-геофизического профиля, изображенного на рис. 4

Формирование широтной складчато-чешуйчатой структуры Хатырского сегмента Корякско-Камчатского складчатого сооружения происходило в два этапа. В конце нижнего мела (до позднего альба) имело место тектоническое совмещение коллажа океанических и островодужных структур Мезопацфики с активной окраиной Азиатского континента [29, 30, 33]. С позднего альба до начала среднего эоцена на месте южной части Анадырской впадины накапливались морские терригенные отложения и вулканогенные комплексы Охотско-Чукотского и Анадырско-Бристольского окраинно-континентальных поясов [10, 36]. Южнее, на границе с Пацификой, накапливались флишевые отложения Укэлятского прогиба. Эти образования в современной структуре слагают складчатый фундамент и, возможно, нижнюю часть чехла южной части Анадырской впадины (рис. 4).

В середине эоцена в южной части Корякского орогена имели место интенсивные тектонические деформации. Их причиной была коллизия азиатской окраины с Ачай-вямской энсиматической дугой и обдукция слагающих ее образований на отложения Укэлятского флишевого прогиба [43, 44]. Фронт деформаций мигрировал в северном направлении в течение позднего эоцена и олигоцена. В результате сформировалась система надвигов северной вергентности, в которую были вовлечены как вулканогенно-терригенные образования фундамента, так и отложения нижних горизонтов чехла южной части Анадырской впадины в Майницком и, вероятно, Лагунном прогибах.

Предрарыткинский, Майницкий и Лагунный прогибы расположены на погружении структур предгорного прогиба, сформированного перед фронтом Корякского орогена, который мигрировал в направлении с юга на север по мере развития многофазных складчато-надвиговых деформаций (рис. 5). Система прогибов южной части Анадырской впадины имеет более древнее заложение, чем прогибы центральной и северной частей впадины.

В поперечном сечении Анадырская впадина характеризуется асимметричным строением: южный борт более крутой, а северный – более пологий (рис. 4). В структуре осадочного чехла выделяется система прогибов и поднятий, которые выражены в распределении мощностей кайнозойских отложений и глубине залегания поверхности складчатого фундамента (рис. 3).

В сухопутной и шельфовой частях Анадырской впадины в направлении с юга на север выделяются следующие главные структурные элементы: прогибы – Майницкий, Лагунный, Центральный, Предрарыткинский, Красногорский и Элькальский, а также поднятия – Туманское, Тимкинское, Кырганайское и Анаутское (рис. 3). В пределах прогибов выделяются многочисленные мелкие локальные положительные структуры – Эчинская, Верхне-Эчинская, Озерная, Телекайская и другие (рис. 6), к которым приурочены все известные на сегодняшний день месторождения нефти и газа [4]. На востоке, в пределах шельфа Берингова моря, Центральный прогиб сменяется по простиранию Восточно-Анадырским прогибом (рис. 3).

Мощность неоген-четвертичных отложений в пределах прогибов достигает 3500–4000 м, а в пределах поднятий – 500–1000 м (рис. 5).

По данным сейсморазведки и геологического картирования, на отдельных участках границы прогибов и поднятий сопряжены с разломами. Разломные ограничения имеет южный и частично северный борт Майницкого прогиба, северный борт Лагунного прогиба, юго-западный борт Тимкинского поднятия (рис. 5). Часть локальных положительных структур также имеет тектонические ограничения, как, например, Верхне-Эчинская и Телекайская (рис. 7) [31].

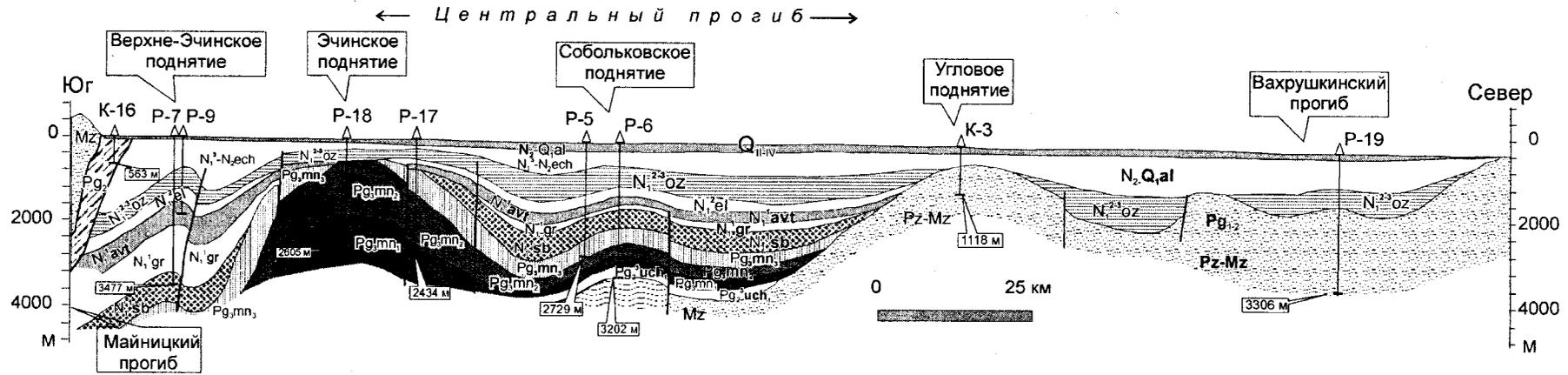


Рис. 4. Схематический меридиональный геолого-геофизический профиль через Анадырскую впадину. Местоположение профиля показано на рис. 3



Рис. 5. Схематический профиль через структуры Хатырского и Анадырского прогибов. В прямоугольниках со стрелками показан возраст главных тектонических деформаций

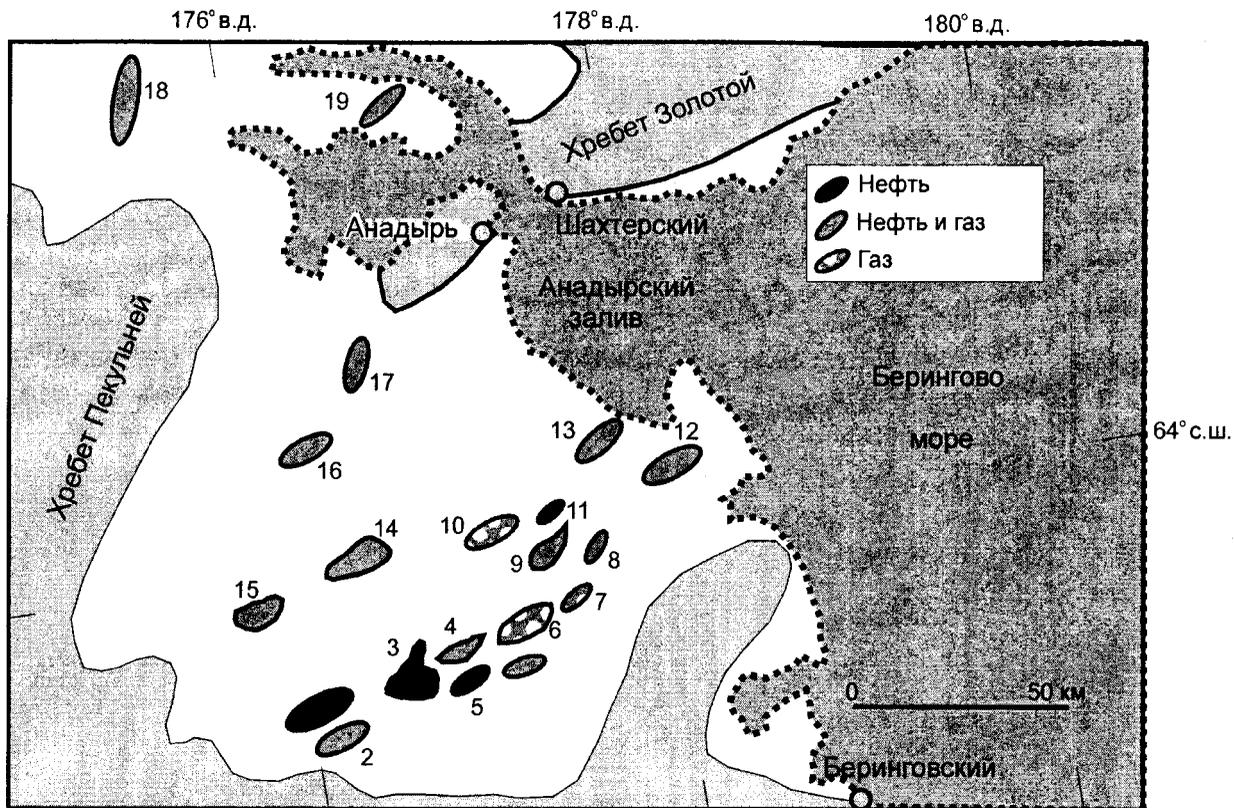


Рис. 6. Схема расположения локальных положительных структур в пределах Анадырской впадины {по: [7, 31] с изменениями}:

1 – Верхне-Эчинская; 2 – Ольховая; 3 – Верхне-Телекайская; 4 – Незаметная; 5 – Мейнинукская; 6 – Поворотная; 7 – Изменная; 8 – Заречная; 9 – Восточно-Озернинская; 10 – Западно-Озернинская; 11 – Ягельная; 12 – Королевская; 13 – Ивановская; 14 – Эчинская; 15 – Нижнечирынайская; 16 – Северо-Собольковская; 17 – Западно-Увальская; 18 – Восточно-Каргонайская; 19 – Вахрушкинская

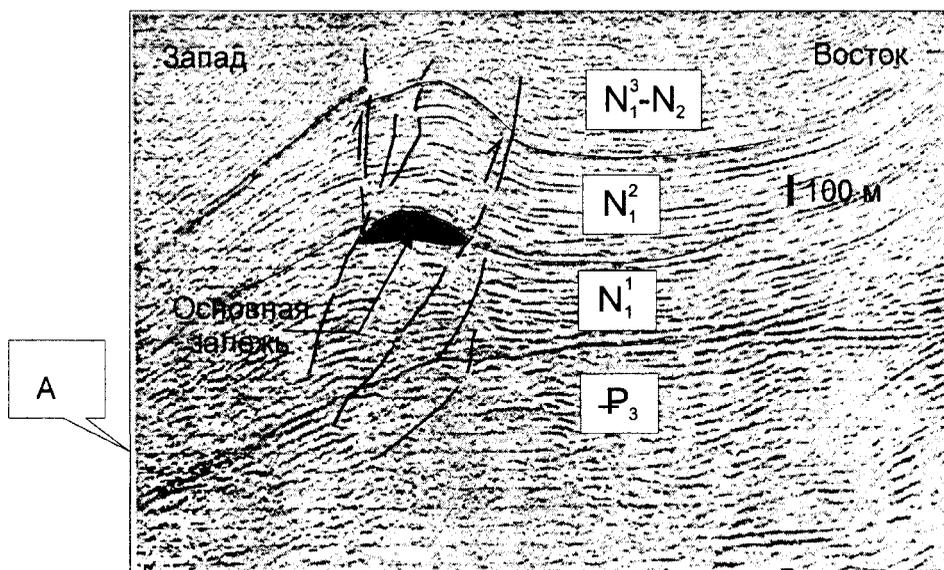


Рис. 7. Положение разломов в структуре залежей углеводородов Верхне-Эчинского (А) и Верхне-Телекайского (Б) поднятий

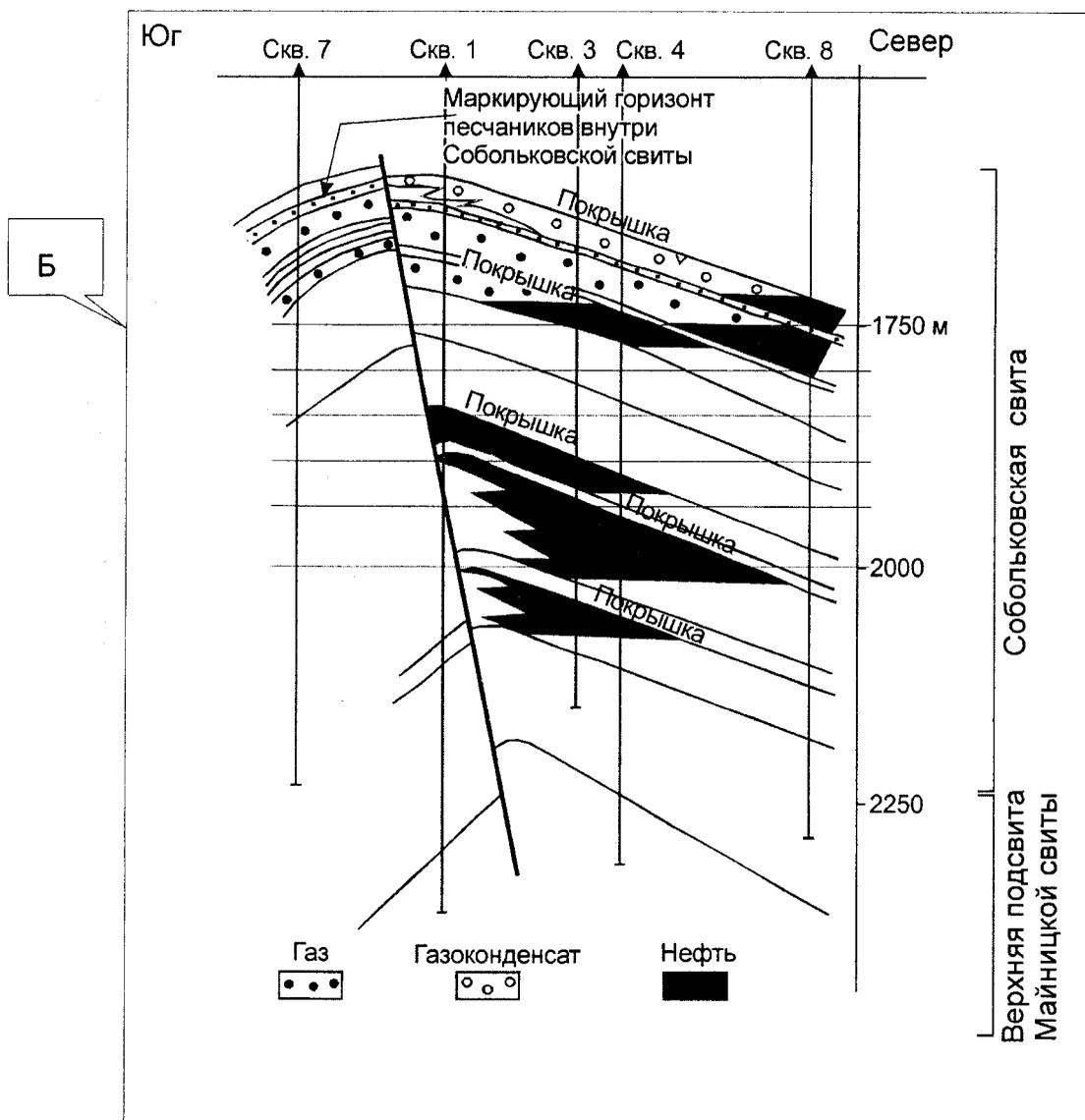


Рис. 7. Окончание

В северном ограничении Анадырской впадины, по геологическим и геофизическим данным, картируются погружающиеся на север взбросы, в западном – субвертикальные разломы предположительно сдвиговой кинематики, которые могли быть унаследованы от позднемезозойского этапа развития. В центральной части впадины дислокации приурочены к субвертикальным разломам юго-западного (на суше) и юго-восточного (на шельфе) простирания. Наиболее вероятна сдвиговая кинематика этих разломов. В южной части впадины, как на суше, так и на шельфе, по геофизическим данным, преобладают взбросы и надвиги северной vergentности. Амплитуда надвигов в районе Майницкого прогиба оценивается в 30–40 км [7].

## Стратиграфия

Согласно точке зрения, обоснованной в работах [4, 6, 22], осадочный разрез Анадырской впадины начинается с отложений усть-чирынайской свиты верхнего эоцена (рис. 8). В основании этого крупного цикла осадконакопления не все исследователи выделяют угловое несогласие [22]. Поэтому отнесение части отложений анадырской и танюерерской свит к осадочному чехлу также возможно [28]. Все более древние отложения относятся к фундаменту Анадырской впадины [4].

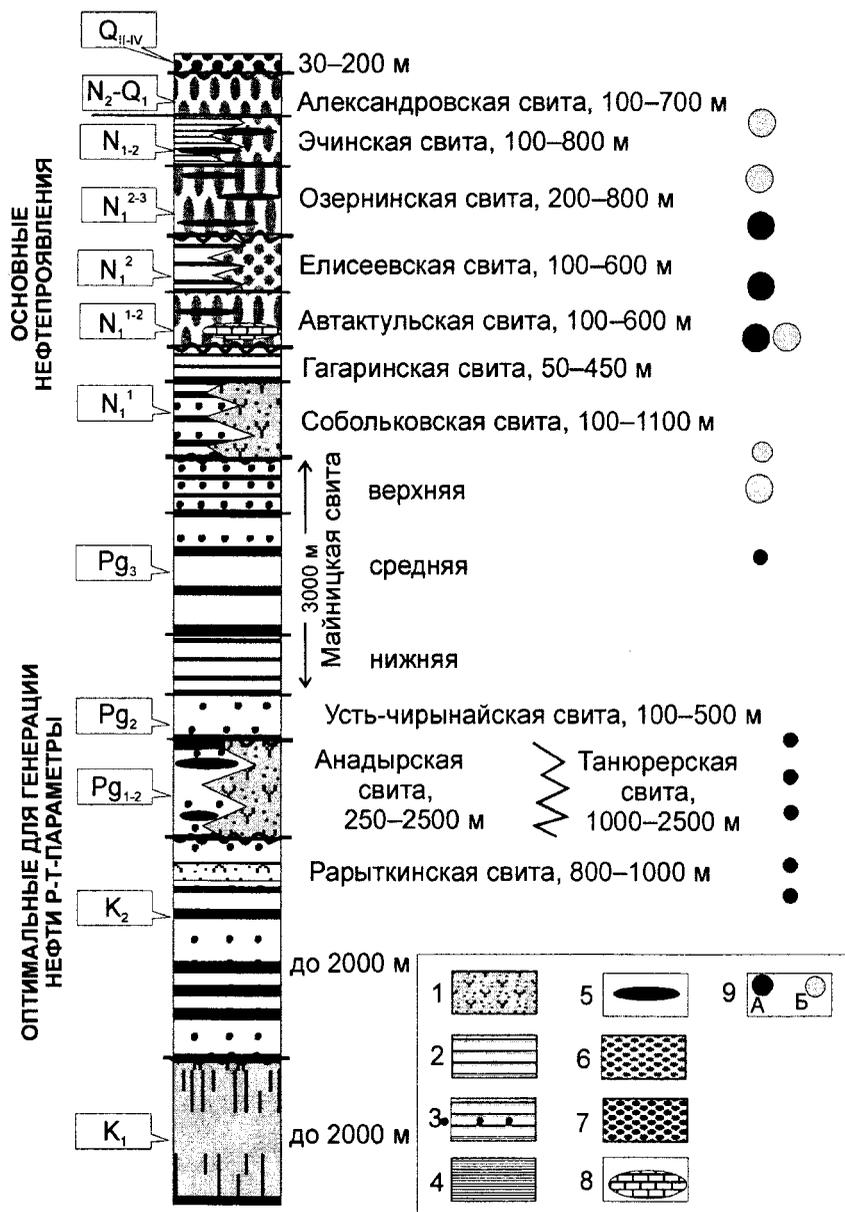


Рис. 8. Сводная литолого-стратиграфическая колонка для мел-кайнозойских отложений Анадырского бассейна {по: [22] с изменениями}:

1 – терригенно-пирокластические породы; 2 – глинисто-алевритовые породы; 3 – глинисто-алевритовые породы с прослоями песчаников; 4 – преимущественно глинистые породы; 5 – прослои и линзы угля; 6 – преимущественно песчаники; 7 – конгломераты и брекчии; 8 – прослои и линзы известняков; 9 – проявления нефти (А) и газа (Б)

**Меловые комплексы фундамента.** Наиболее древние породы, вскрытые скважинами при бурении в Анадырской впадине имеют меловой возраст. Глубина залегания кровли нижнемеловых вулканогенно-терригенных морских отложений в Центральном прогибе составляет 1687 м. Вскрытая мощность нижнемеловых отложений более 560 м. С учетом данных по горному обрамлению Анадырской впадины мощность молассового нижнемелового разреза превышает 3000 м. Разрез включает берриас-нижнеальбские эффузивы и морские туфотерригенные отложения (песчаники и алевролиты с прослоями аргиллитов). Среди морских терригенных отложений выделяются шельфовые и более глубоководные турбидитовые разности. Турбидиты содержат значительное количество глинистых пород и могут рассматриваться как потенциально нефтематеринские.

Выше нижнемеловых отложений с угловым несогласием и стратиграфическим перерывом залегают континентальные эффузивы, туфы и терригенные отложения верхнего альба–среднего эоцена. Вулканогенную часть этих образований обычно относят к разрезу Охотско-Чукотского и Анадырско-Бристольского окраинно-континентальных поясов [10, 36].

Верхнеальбские–нижекампанские отложения представлены морскими и прибрежно-морскими граувакками псаммитовой и алевроитовой размерности с примесью пирокластического материала, а также аргиллитами. Присутствуют прослой и пачки пирокластических пород, которые отлагались через толщу воды. Этот осадочный комплекс, вероятно, может рассматриваться как возрастной аналог континентальных эффузивов Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Таким образом, для верхнеальбско-нижекампанского временного интервала разреза характерно присутствие значительного количества глинистых пород, которые могут рассматриваться как потенциально нефтематеринские.

Мощная пачка глинистых пород венчает разрез сантонских отложений и может рассматриваться как региональная покрывка. В ее кровле фиксируется угловое несогласие, что увеличивает ее роль как региональной покрывки. Поэтому нижележащие морские песчаники и алевролиты верхнего альба–нижнего сантона, обладающие хорошими коллекторскими свойствами, могут считаться потенциально перспективными для обнаружения скоплений углеводородов. Тем не менее, В.В.Иванов [22] не рассматривает их как потенциальный объект для поисков скоплений нефти и газа.

**Нижний переходный комплекс.** Верхнекампанские–нижнепалеоценовые отложения иногда рассматриваются как нижняя часть переходного к осадочному чехлу комплекса [8]. Они представлены прибрежно-морскими и континентальными угленосными молассаами, которые состоят из полимиктовых и аркозовых песчаников, алевролитов, аргиллитов и туфов. На границе нижнего и среднего сантона фиксируется локальное угловое несогласие и стратиграфический перерыв. Это несогласие, по-видимому, маркирует начальную фазу складчатости в Коряжском нагорье в южном обрамлении Анадырской впадины. Стратиграфический разрез верхнего сантона–нижнего палеоцена, как и вышележащий разрез палеоцена–среднего эоцена, фациально изменчив. Он представлен аэральными эффузивами среднего и кислого составов, которые фациально замещаются по направлению к югу русловыми, озерными, лагунными и прибрежно-морскими угленосными отложениями (рис. 9). Мощность альб-нижнесантонских отложений около 2000 м, а верхне-нижнепалеоценовых (рапыткинская свита) – от 800 до 1000 м.

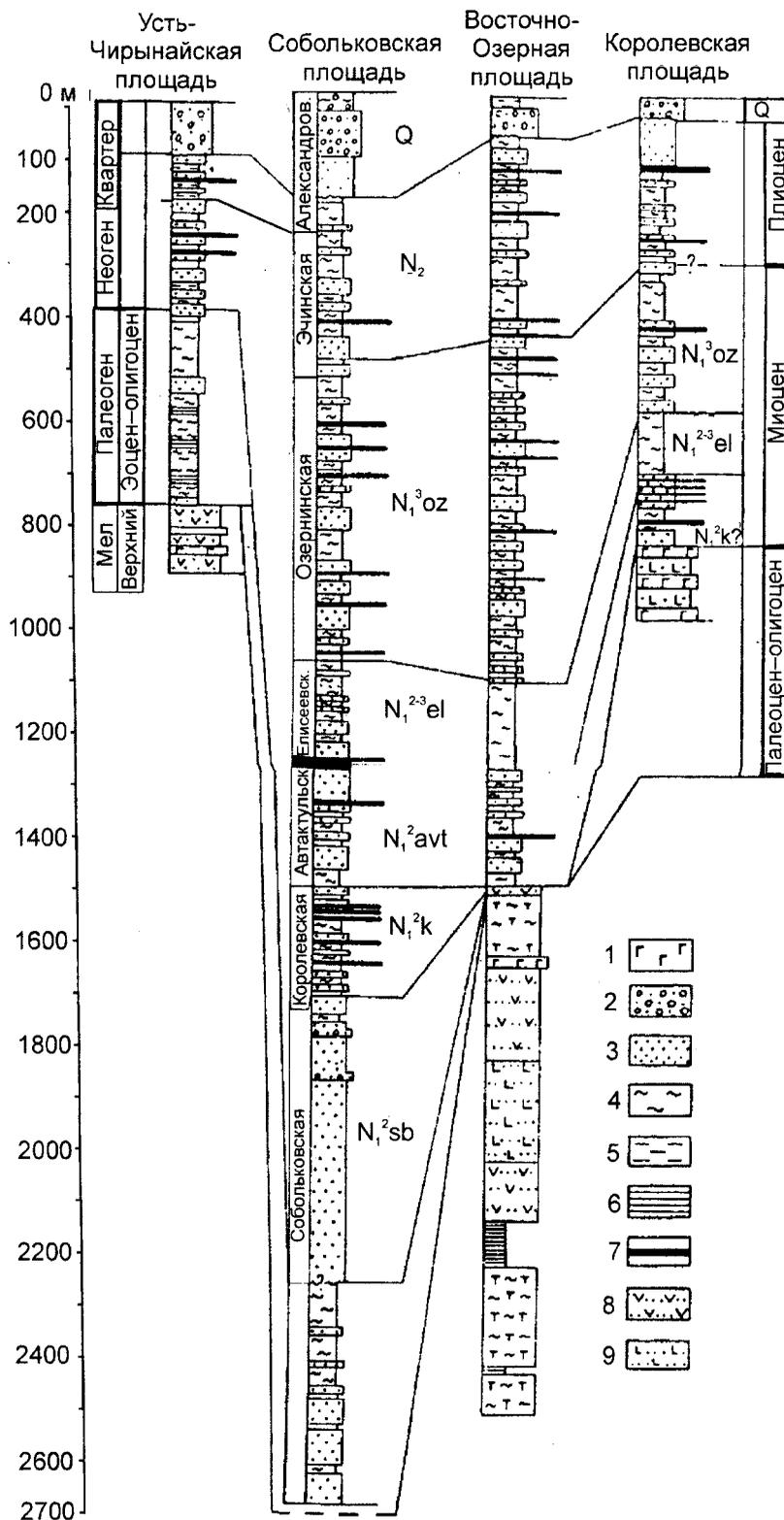


Рис. 9. Схема корреляции разрезов палеоцен-четвертичных отложений на Усть-Чирынайской, Соболевской, Восточно-Озерной и Королевской площадях по данным бурения и каротажа [2] с изменениями:

1 – потоки базальтов; 2 – песчаники, гравелиты, конгломераты; 3 – песчаники; 4 – алевриты; 5 – глины; 6 – аргиллиты; 7 – угли; 8 – пирокластические породы; 9 – туфоалевриты

**Верхний переходный комплекс.** Палеоцен–среднеэоценовый интервал разреза иногда рассматривается как верхняя часть переходного к осадочному чехлу комплекса [8]. Он сложен осадочными породами анадырской свиты мощностью от 240 до 1000 м. Вулканогенный тип разреза этого возраста – танюерская свита мощностью до 2500 м. Вулканогенный тип разреза распространен на севере (район залива Онемен) [6], а терригенный – в центральной части (Западно-Озерная, Восточно-Озерная площади) и на юге Анадырской впадины (Майницкий прогиб, Усть-Чирынайская, Верхне-Эчинская площади). Вулканогенные породы танюерской свиты в южном направлении фациально замещаются отложениями анадырской свиты. Для разреза анадырской свиты отмечается трансгрессивная последовательность седиментации. В северной части Анадырской впадины (бухта Угольная и пос. Угольные Копи) разрез анадырской свиты сложен континентальными и субконтинентальными угленосными отложениями, перемежающимися мелководно-морскими терригенными горизонтами. В южной части Анадырской впадины мощность разреза анадырской свиты возрастает в несколько раз, и ее величина оценивается более чем 4 км. Разрез сложен ритмичным флишевым чередованием морских песчаников, алевролитов и аргиллитов. В пределах акватории вскрыта только верхняя часть танюерского комплекса, которая напоминает ягельную угленосную толщу. Возраст танюерского комплекса основан на определении остатков листовой флоры, спор и пыльцы, в ягельной толще обнаружены фораминиферы и динофлагеллаты [28]. Калий-аргоновые датировки вулканитов находятся в интервале 44–67 млн лет [28]. Глинистые породы анадырской свиты могут рассматриваться как потенциально нефтематеринские.

В основании разрезов анадырской и танюерской свит фиксируется региональное угловое несогласие. Палеоэоценовая часть разреза порой оказывается размытой. Это несогласие маркирует максимум эоценовых складчатых деформаций в южном обрамлении Анадырской впадины [41].

**Комплексы осадочного чехла.** Большинство исследователей включают в состав осадочного чехла отложения от верхнего эоцена до неоген-четвертичных [25, 31] (рис. 9). Ими выделяется два крупных осадочных цикла, разделенных угловым несогласием и стратиграфическим перерывом – верхнеэоцен-олигоэоценовый и миоцен-четвертичный.

Породы верхнеэоцен-олигоэоценового цикла (усть-чирынайская и майницкая свиты) распространены в центральной и южной частях Анадырской впадины (рис. 8).

*Усть-чирынайская свита* (верхний эоцен) сложена преимущественно аргиллитами с прослоями алевролитов и известковистых песчаников. Цемент песчаников и алевролитов порового типа карбонат-сидерит-гидрослюдистого и слюдисто-кремнистого состава. Мощность отложений свиты от 100 до 500 м в центральной и юго-западной частях впадины, и от 700 до 1000 м и более на юге, в Майницком прогибе. Возможно, в северном направлении породы усть-чирынайской свиты фациально замещаются вулканогенно-терригенными отложениями верхней части танюерской свиты [6].

*Майницкая свита* (олигоэоцен) состоит из трех осадочных циклов – нижнего, среднего и верхнего.

Нижний цикл (подсвита) сложен аргиллитами и глинистыми алевролитами с включениями пирита. Количество прослоев алевролитов постепенно возрастает вверх по разрезу. Мощность варьирует по простиранию от 100 м на севере до более чем 1350 м на юге (скв. Р-18) (рис. 10).

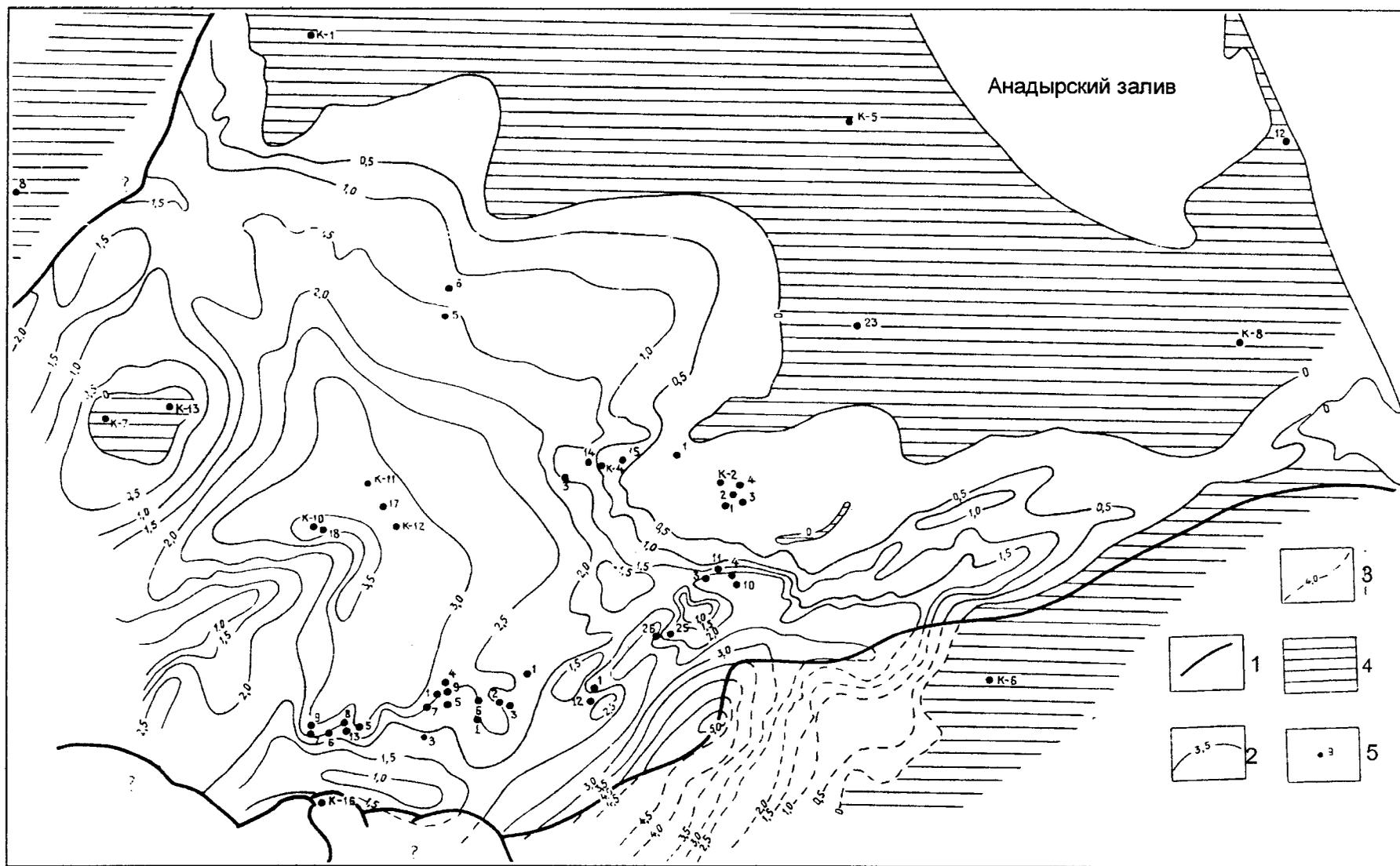


Рис. 10. Карта изопакит отложений майницкой свиты Анадырской впадины [6]:  
 1 – наиболее крупные разломы на юге Анадырской впадины; 2 – изопакиты отложений майницкой свиты; 3 – то же в пределах Майницкого и Ламутского прогибов; 4 – области отсутствия отложений майницкой свиты; 5 – скважины

Средний цикл (подсвета) с постепенным переходом сменяет нижний цикл, сложен алевролитами с примесью карбонатного вещества и рассеянного углефицированного детрита. Мощность отложений цикла меняется от 450 м на севере до 900 м на юге.

Верхний цикл (подсвета) согласно с постепенным переходом надстраивает средний цикл и сложен средне- и мелкозернистыми глинисто-алевритовыми песчаниками. Песчаники иногда обогащены карбонатным веществом. Отмечаются прослой глинистых алевролитов. Мощность отложений верхнего цикла меняется от 150 м на севере до 500 м на юге впадины. На электрокаротажных диаграммах породы верхнего цикла выделяются по низким уровням кажущихся сопротивлений (5–15 Ом·м) и слабо дифференцированным кривым КС и ПС (рис. 11).

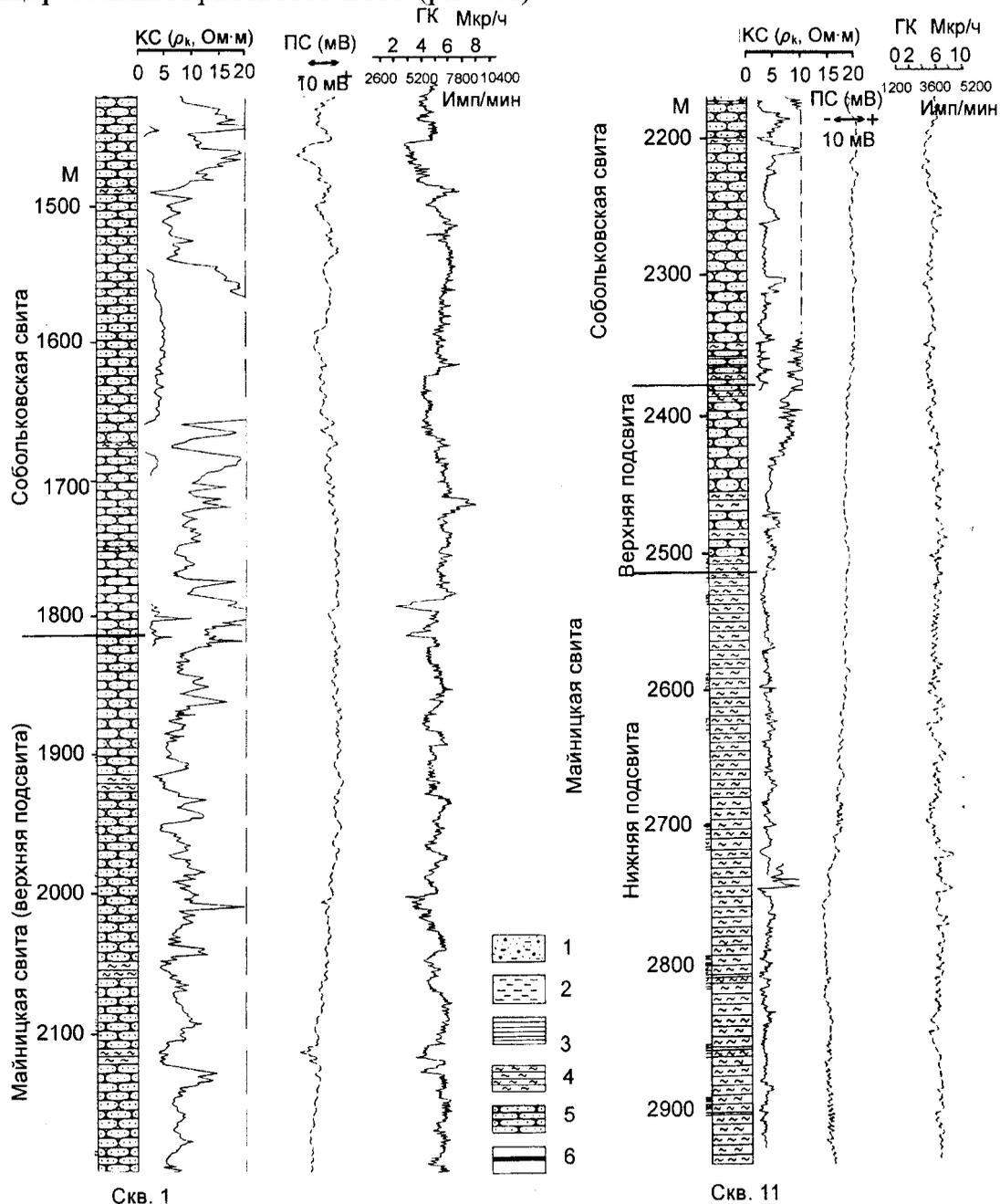


Рис. 11. Фрагменты каротажных диаграмм для отложений майницкой и собольковской свит Анадырской впадины в скв. 1 Мейнинукской площади и скв. 11 Изменной площади:

1 – песчано-галечные отложения; 2 – глины; 3 – аргиллиты; 4 – алевролиты; 5 – песчаники; 6 – угли

Минералогический состав пород майницкой и усть-чирынайской свит схож. В тяжелой фракции присутствуют ильменит, пирит, эпидот, биотит, хлорит, глауконит. В легкой фракции преобладают обломки пород, кварца, редко – полевых шпатов. Это свидетельствует о том, что источник сноса – Корякский ороген, оставался постоянным на протяжении верхнего эоцена и олигоцена. Цемент песчаников и алевролитов майницкой свиты гидрослюдисто-монтмориллонитовый и каолинит-гидрослюдисто-хлоритовый.

В северном направлении мощность отложений майницкой свиты заметно сокращается, а их состав становится более грубообломочным. На Вязкой площади (рис. 12) морские отложения фациально замещаются 50-метровой пачкой субконтинентальных конгломератов и песчаников [22].

Максимальная суммарная мощность отложений усть-чирынайской и майницкой свит достигает более чем 3000 м на юге и юго-западе Анадырской впадины.

*Породы неоген-четвертичного осадочного цикла* распространены на всей площади Анадырской впадины. В основании неогенового разреза фиксируется региональное угловое несогласие. Отложения неогена накапливались в мелководно-морских, прибрежно-морских и субконтинентальных условиях. Стратиграфический разрез фациально изменчив. В составе неогенового осадочного цикла можно выделить три основных подцикла осадконакопления – нижний (собольковская и гагаринская свиты), средний (автактульская и елисеевская свиты) и верхний (озернинская, эчинская и александровская свиты). В основании каждого подцикла фиксируется несогласие. Наиболее значимо несогласие на границе нижнего и среднего подциклов.

Нижний подцикл – собольковская и гагаринская свиты. Разрез собольковской свиты (нижний миоцен) в нижней части представлен мелкозернистыми песчаниками и гравелитами, в верхней – переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. В центральной и южной частях Анадырской впадины преобладают тонкообломочные разности пород. На севере и северо-востоке преобладают песчаники с прослоями угля. В этом же направлении в разрезе возрастает доля пирокластических пород. Среди обломков преобладают кварц и полевые шпаты (до 60 %), а также породы (35–80 %). В тяжелой фракции преобладают пирит и ильменит. Глинистый цемент песчаников представлен монтмориллонит-хлорит-гидрослюдистыми и монтмориллонит-карбонатными разностями. Мощность отложений свиты меняется от 60 до 1450 м.

Гагаринская свита (нижний миоцен) состоит в северной части впадины из прибрежно-морских и лагунных песчано-алевроито-глинистых отложений с прослоями угля. В южном направлении разрез становится более глинистым. В районе Майницкого прогиба преобладают аргиллиты. Мощность отложений свиты достигает 1400 м в центральной и южной частях Анадырской впадины.

Средний подцикл – автактульская и елисеевская свиты. Автактульская свита (нижний–средний миоцен) соответствует автактульской и королевской толщам [4]. Разрез свиты сложен полимиктовыми песчаниками с прослоями алевролитов, известковистых песчаников и угля. Угленосность и мелководность отложений возрастает в северном направлении. Цемент песчаников имеет хлорит-монтмориллонитовый состав. В составе тяжелой фракции преобладает пирит. Мощность отложений автактульской свиты варьирует от 60 м на севере до 290 м в центральной и южной частях впадины. На каротажных диаграммах породы автактульской свиты выделяются по резко дифференцированным кривым КС и ПС (рис. 12).

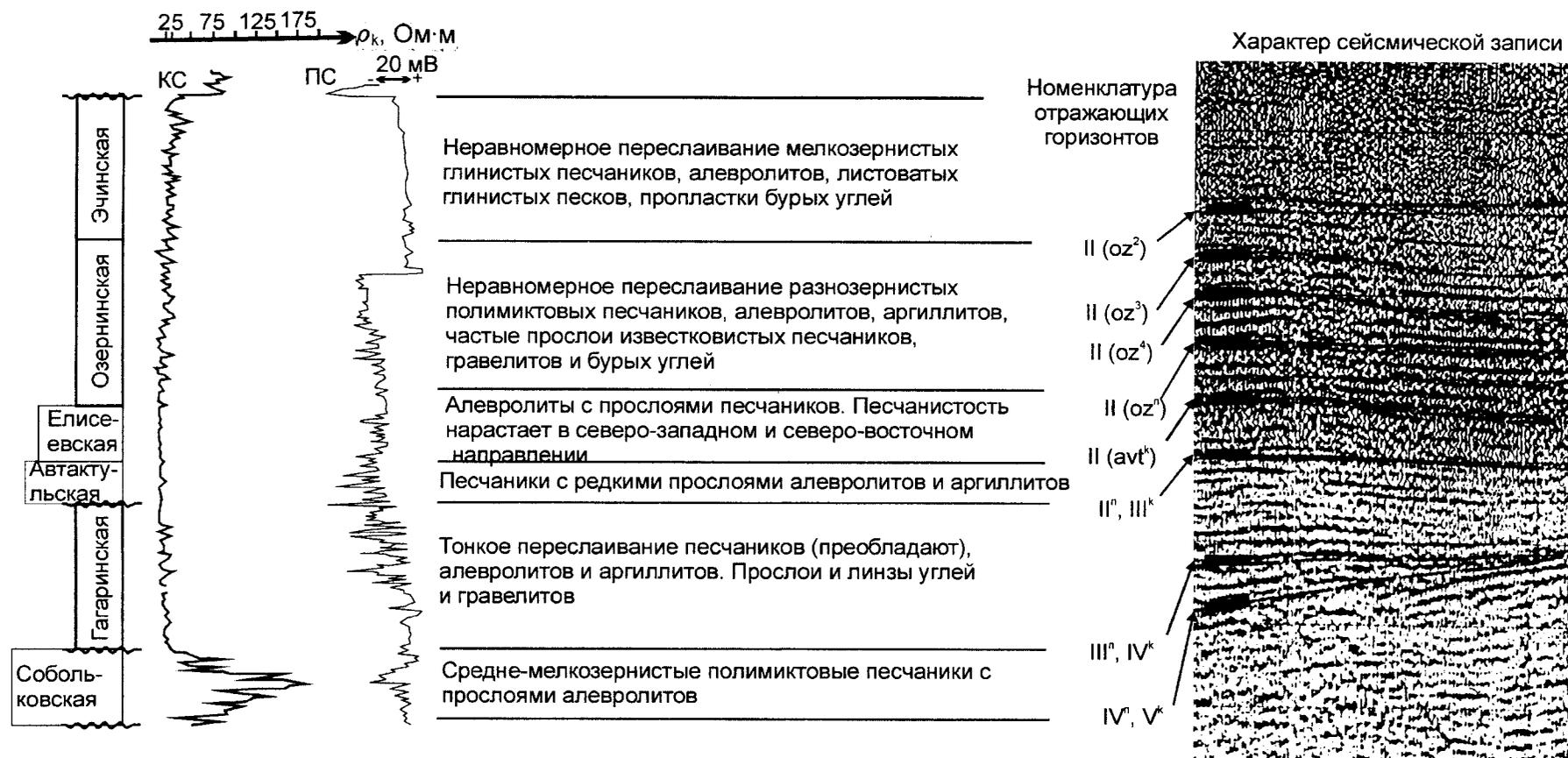


Рис. 12. Фрагменты каротажных диаграмм для отложений собольковской, гагаринской, автактульской, елисеевской, озернинской и эчинской свит Западно- и Восточно-Озерной площадей Анадырской впадины [6]

Елисеевская свита (средний миоцен) состоит из плохо сортированных песчаников и алевролитов с прослоями конгломератов. В южном направлении возрастает доля глинистых пород. Состав обломочной части, как и в автаткульской свите, – обломки пород (50–70 %), полевые шпаты (25–40 %) и кварц (10–20 %). Цемент песчаников гидрослюдисто-монтмориллонитовый. В составе тяжелой фракции преобладает ильменит, биотит и лейкоксен. Мощность отложений свиты меняется от 70 м до 330 м (на юге впадины). На каротажных диаграммах для пород елисеевской свиты характерны слабо дифференцированные кривые электрических сопротивлений (рис. 12).

Верхний подцикл – озернинская, эчинская и александровская свиты. Озернинская свита (средний–верхний миоцен) состоит из переслаивания полимиктовых песчаников и алевролитов с прослоями глин, известняков, известковистых песчаников, бурого угля. Минералогический состав пород сходен с таковым отложений елисеевской свиты. Мощность отложений озернинской свиты варьирует от 215 м на севере до 615 м на юге впадины. На каротажных диаграммах породы озернинской свиты выражены резко дифференцированными кривыми КС и ПС (рис. 12).

Эчинская свита (верхний миоцен–плиоцен) сложена слабо литифицированными полимиктовыми песчаниками, переслаивающимися алевролитами с прослоями глин и лигнитовых углей мощностью до 6.5 м. Мощность отложений свиты меняется от 120 до 500–800 м (соответственно в центральной и южной частях впадины). Кривые электрических сопротивлений резко дифференцированы, а общий уровень кривых КС выше, чем для пород озернинской свиты (рис. 12).

Александровская свита (плиоцен–плейстоцен) присутствует в скважинах, пробуренных в северной и западной частях Анадырской впадины (К-1, К-3, К-5, К-7, Р-5, Р-6, Р-23). Разрез свиты состоит из рыхлых песков, супесей, суглинков и глин с прослоями лигнитов. Мощность отложений меняется от 100 до 700 м.

Плейстоцен-голоценовые песчано-галечные отложения перекрывают всю территорию Анадырской впадины и имеют мощность от 40 до 200 м.

Альтернативная точка зрения на стратиграфическое расчленение осадочного чехла Анадырской впадины изложена в производственных отчетах Чаунской геолого-разведочной экспедиции (1982, 1988 гг.). Согласно этой точке зрения, в состав осадочного чехла в южной части Анадырской впадины (южнее Озерновского поднятия) следует включать также вулcano-терригенные отложения сантона–нижнего эоцена, мощность которого в Майницком прогибе достигает 5–5.5 км. Суммарная мощность разреза осадочного чехла в наиболее прогнутой части Майницкого прогиба превышает 10 км.

### **Коллекторские свойства пород**

Коллекторские свойства отложений автаткульской, елисеевской и озернинской свит изучены наиболее хорошо [15, 26]. Коллекторы представлены песчаниками и алевролитами, образующими пласты и пачки мощностью от первых сантиметров до нескольких десятков метров с однородной массивной, горизонтальной и косослойной текстурой. Характерна вертикальная и латеральная изменчивость гранулометри-

ческого состава, степени окатанности и сортированности зерен, уплотнения, количества, типа и состава цемента. Преобладают мелкозернистые песчаники. Полимиктовые разности отличаются плохой сортировкой и слабой окатанностью зерен. Плотность пород изменяется от 1.8 до 2.4 г/см<sup>3</sup>, возрастая вниз по разрезу. Зерна сцементированы в основном глинистым веществом с примесью хлоритов и карбонатов. Преобладает базальный и поровый тип цемента при подчиненности пленочного и сгусткового типов. Постдиагенетические изменения выражены слабо.

Коллекторские свойства терригенных пород автаткульской, елисеевской и озеринской свит представлены в табл. 1. В песчаниках общая пористость изменяется от 5 до 38 %, открытая – от 3 до 28 %, проницаемость – от 1 до 300–350 мД. В прослоях среднезернистых хорошо отсортированных песчаников с малым количеством глинистого цемента (5–6 %) проницаемость изменяется 1000 и 2300 мД. Фильтрационные свойства алевролитов значительно хуже и не превышают 65 мД. Размеры поровых каналов составляют от долей до первых единиц микрона.

Пористость и межзерновая проницаемость уменьшаются при увеличении карбонатности и глинистости (рис. 13). Для большинства изученных образцов коллекторов отсутствует отчетливая функциональная связь между проницаемостью и открытой пористостью (рис. 14). Значения проницаемости при одних и тех же показателях пористости меньше у пород с большей плотностью и худшей сортированностью зерен. Кривая 1 (рис. 14) присуща песчаникам с хорошей сортировкой зерен и цементом контактового типа, содержание которого не превышает 5 %.

Отчетливо прослеживается влияние типа цемента на коллекторские свойства пород. При поровом и пленочном типе цемента емкостные и фильтрационные свойства изменяются в зависимости от количества цемента. Базальный и сгустковый типы цемента резко ухудшают величину проницаемости, значения которой при этом составляют доли или первые единицы миллидарси.

Таким образом, в составе средне-миоценовых и плиоценовых пород присутствуют гранулярные коллекторы широкого промышленного спектра (от низкой до высокой проницаемости).

Собольковская свита нижнего миоцена состоит в основном из плотных вулканомиктовых, реже полимиктовых, хорошо сортированных песчаников со слабоокатанными зернами. Песчаники образуют пласты мощностью до нескольких десятков метров. В нижней части разреза они разделены редкими маломощными прослоями алевролитов, тогда как в верхней – количество и мощность алевролитовых прослоев возрастает. Цемент пленочный, поровый, реже базальный, представлен цеолитами и хлоритом. Значения общей пористости варьируют в пределах 8–30 %, проницаемость не превышает 56 мД.

Для отложений эоцен-олигоценовой майницкой свиты намечается два основных фациальных типа разрезом – Собольковско-Изменный (на северо-востоке Майницкого прогиба) и Чирынайский (на западе).

В разрезах Собольковско-Изменного типа преобладают глинистые алевролиты (до 80 %). Песчаники преимущественно мелкозернистые и глинистые, отмечаются в верхней и нижней частях разреза, образуют пласты мощностью до 10 м. Аргиллиты приурочены к подошве разреза свиты.

Таблица 1

## Коллекторские свойства верхнемеловых и эоцен-миоценовых терригенных пород Анадырского бассейна [24]

Площадь	Номер скважины	Интервал опробования, м	Возраст	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %		Проницаемость, мД
					общая	открытая	
Восточно-Озерная	P-1	1100–1537	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.6–2.7	17–30	–	2–70
		1537–2550	K <sub>2</sub>	2.0–2.7	5–22	–	1–95
	P-2	538–1423	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.6–2.3	15–34	–	4–127
	P-3	586–1628	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.8–2.7	5–31	–	0.1–247
		1628–1680	K <sub>2</sub>	2.5–2.6	4–8	–	< 0.1
	P-4		N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	–	7–33	–	4–132
Собольковская	K-2	555–1190	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	2–2.7	10–32	10–28	2–23
	P-5	1118–1670	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.8–2.3	20–30	–	4–976
		1670–2300	N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2.1–2.6	8–25	–	0.1–5
	P-6	2300–2724	Pg <sub>2</sub> –N <sub>1</sub>	2.5–2.7	4–12	–	< 0.1
		1010–1170	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.8–2.3	9–33	–	0.1–2326
		1170–1987	N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2–2.5	8–30	–	0.1–14
Изменная	P-10	1992–3191	Pg <sub>2</sub> –N <sub>1</sub>	2.2–2.5	3–10	–	< 0.1
		600–1095	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.8–2.4	10–27	–	1–237
		1095–1560	N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2.2–2.6	5–15	–	1–10
		1560–2500	Pg <sub>3</sub> –N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	–	–	11–14	–
Западно-Озерная	P-14	1040–1360	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	2–2.3	20–24	–	–
		1360–1630	N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2.1–2.4	15–24	6–22	2.5–56
	P-15	1630–2790	Pg <sub>2</sub> –N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2.2–2.6	10–11	1–10	< 0.1
		680–1448	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.9–2.5	5–25	–	0.1–20
		1448–2100	Pg <sub>2</sub> –N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2.1–2.7	6–25	–	< 0.1
		2100–3152	K <sub>2</sub>	2.2–2.7	6–18	–	0.1–7
K-4	640–1340	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.5–2.7	20–27	–	0.5–65	
Королевская	K-9	620–857	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.7–2.3	22–38	–	17–980
	Чирынайская	K-9	480–873	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.7–2.3	24–32	–
		873–1260	Pg <sub>2</sub> –N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	1.7–2.2	20–30	–	6–230
Эчинская	K-11	495–1005	N <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	1.8–2.4	6–38	–	6–340
		1005–1298	Pg <sub>2</sub> –N <sub>1</sub> <sup>1</sup>	2.1–2.2	10–28	–	4–25

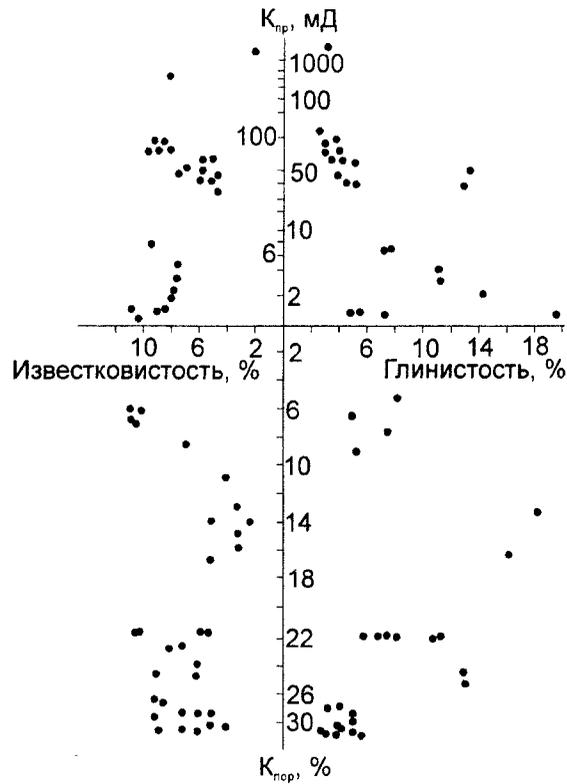


Рис. 13. Зависимость пористости ( $K_{пор}$ ) и проницаемости ( $K_{пр}$ ) от глинистости и известковистости коллекторов [23, 26]

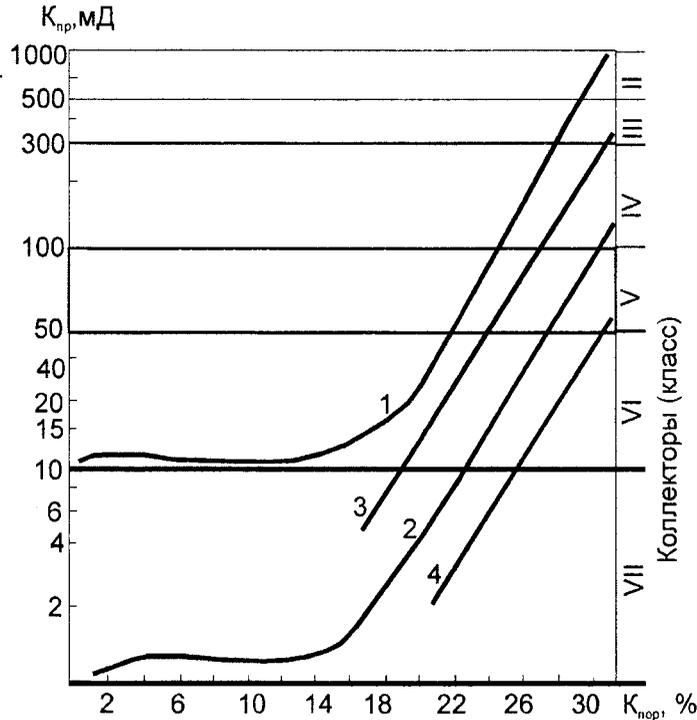


Рис. 14. Зависимость между пористостью и проницаемостью пород коллекторов миоцена и плиоцена Анадырской впадины [23, 26]:

1 – для коллекторов с объемом цемента контактового типа не более 5 %; 2 – для коллекторов с объемом порового и базального цемента не более 10 %; 3 и 4 – линии раздела между максимальными значениями проницаемости и фильтрационной способностью

В разрезах Чирынайского типа среднезернистые песчаники составляют 90 % разреза. Алевролитовые пачки приурочены к нижней части разреза. Песчаники и алевролиты полимиктовые, редко вулканомиктовые. Зерна плохо окатаны и отсортированы. Цемент глинистый монтмориллонитово-гидрослюдистый, реже хлоритовый и каолинитовый. Встречаются породы с карбонатным и цеолитово-кремнистым цементом. Тип цемента базальный и поровый. Вторичные изменения выражены карбонатазацией, цеолитизацией и каолинитизацией.

Для песчаников и алевролитов Собольковско-Изменного типа разреза майницкой свиты характерны низкие коллекторские свойства. Открытая пористость не превышает 10–14 %, а проницаемость – десятых долей миллидарси. Зафиксированные в скважинах Р-10, Р-11 притоки пластовых флюидов из отдельных горизонтов майницкой свиты указывают на возможное развитие в них коллекторов трещинного или порово-трещинного типа, что подтверждается данными по керну.

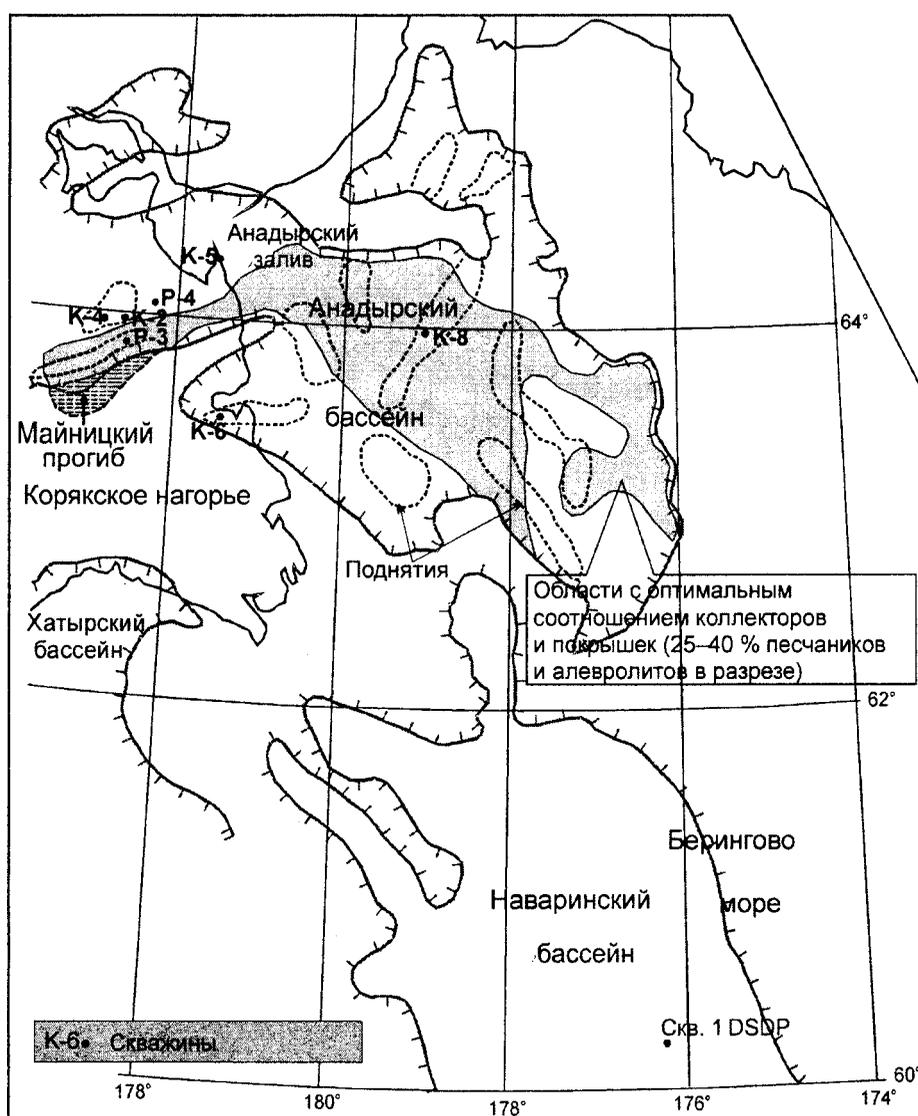


Рис. 15. Схема площадного распространения зон с оптимальными коллекторскими свойствами в неогеновых отложениях Анадырской впадины на суше и прилегающем шельфе Берингова моря (по данным ГП “Востокгеология”)

В разрезе Чирынайского типа понижается степень уплотнения коллекторов, а их фильтрационные и емкостные параметры возрастают. Величина пористости изменяется от 10 до 30 %, а проницаемость достигает 230 мД. Практически непроницаемы здесь только редкие и маломощные прослои песчаников и алевролитов с карбонатным или цеолитово-кремнистым цементом. С Чирынайским типом разреза следует в первую очередь связывать возможность обнаружения залежей в гранулярных коллекторах майницкой свиты [26].

В строении разрезов верхнемеловых отложений в скважинах К-6 и Р-15 участвуют неравномерно переслаивающиеся песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые аргиллиты с прослоями угля, гравелитов, конгломератов и пластовыми телами вулканитов. Среди песчаников доминируют глинисто-алевритовые разновидности. Алевролиты в большинстве случаев глинисто-песчанистые и песчанистые. Обломочный материал (филлиты, глинистые сланцы, реже вулканиты) слабо отсортирован и почти не окатан. Цемент порового либо базального типа кремнисто-карбонатно-глинистый или карбонатно-глинистый. Среди глинистых минералов цемента преобладает каолинит, присутствуют гидрослюда и монтмориллонит. Вторичные изменения выражены в серицитизации и пелитизации. Общая пористость песчано-алевролитовых пород варьирует от 4 до 18 %, проницаемость – от 0.1 до 7 мД. Эти данные, подтвержденные фактами получения притоков пластовых флюидов в скв. Р-15, позволяют предполагать наличие среди верхнемеловых пород коллекторов трещинно-порового типа [26].

Коллекторские свойства кайнозойских пород в пределах восточной части Анадырского бассейна на шельфе Берингова моря проанализированы на основании данных бурения скважин, расположенных на восточном побережье бассейна, а также по результатам сейсморазведки (рис. 15).

### Катагенетическая зональность пород

Основой для анализа катагенетической зональности осадочных отложений Анадырской впадины являются данные по скважинам Собольковской (Р-5, Р-6), Западно-Озерной (Р-14, Р-15), Изменной (Р-10, Р-11), Вязкой (Р-23) и Чирынайской (К-9) площадей [24, 32] (рис. 16; табл. 2).

Зона протокатагенеза (ПК), или бурых углей охватывает отложения почти всего неогена и верхнюю часть разреза олигоценовой майницкой свиты. Мощность зоны протокатагенеза меняется от 1250 до 2700 м (рис. 17). Минимальная мощность зафиксирована на Восточно- и Западно-Озерной площадях, максимальная – на Собольковской площади в Центральном прогибе. В полимиктовых песчаниках автактульской свиты диагенетическая минерализация представлена кальцитом и глауконитом. В вулканомиктовых отложениях собольковской свиты отмечается хлоритизация и цеолитизация. Проницаемость песчаников стадии катагенеза ПК варьирует от 2.5 до 4 Д. Отражательная способность витринита в иммерсии, палеотемпература и стадии катагенеза приведены в табл. 3.

Стадия раннего мезокатагенеза (МК<sub>1</sub>) охватывает преимущественно породы майницкой свиты олигоцена и частично породы собольковской свиты нижнего миоцена. На Собольковской и Восточно-Озерной площадях зона МК<sub>1</sub> отмечена на глубине

2000–2500 м (скв. Р-15). В целом эта зона охватывает интервал глубин 1250–3200 м при мощности зоны от 100 до 1000 м. В составе глинистых минералов сокращается роль монтмориллонита (превращение его в гидрослюда). Отмечается каолинитизация минеральных обломков. Аутигенные минералы представлены сульфидами, глауконитом, карбонатом.

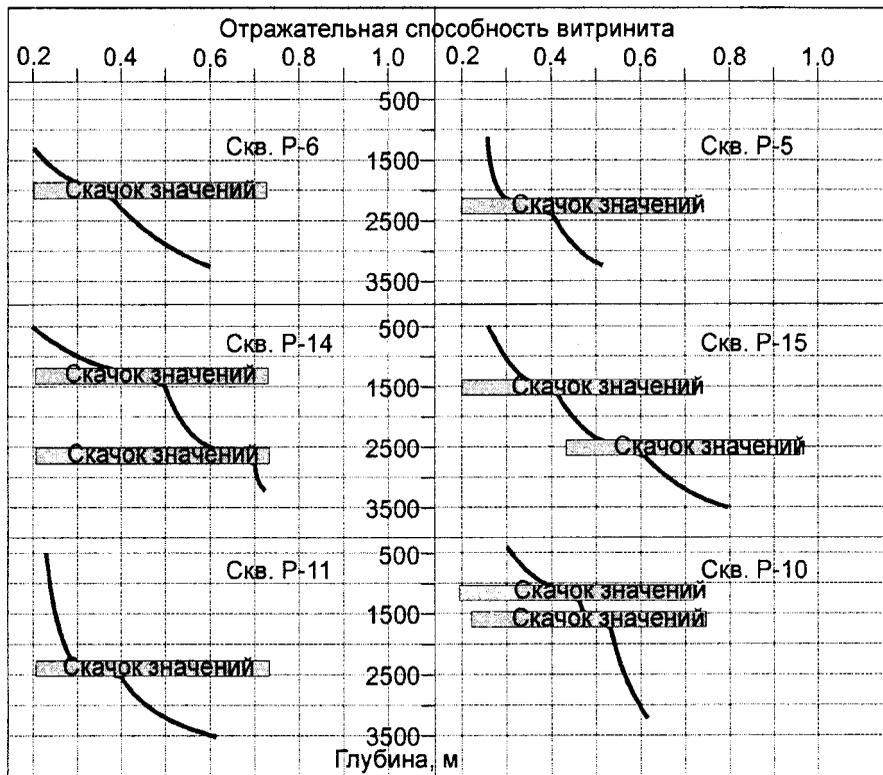


Рис. 16. Отражательная способность витринита для кайнозойских толщ Анадырской впадины. Скачки значений отражательной способности связываются с несогласиями и размывами пород в периоды активизации вертикальных тектонических движений

Т а б л и ц а 2

**Особенности катагенетических преобразований меловых и кайнозойских отложений Анадырского бассейна по данным исследований керна скважин**

Возраст	Свита, подсвита	$V_o$ , %	Стадия катагенеза	Палеотемпература, °C	Расчетная глубина катагенеза, м [36]
$N_1^{2-3}$ -Q	Эчинская, Александровская, Озернинская	0.53–0.7	ПК–МК <sub>1-1</sub>	50–90	200–1400
$N_1^{1-2}$	Елисеевская	0.55–0.77	ПК–МК <sub>1-1</sub>	50–100	200–1400
$N_1^{1-2}$	Автактульская	0.5–0.8	ПК–МК <sub>1-2</sub>	50–135	200–2500
$N_1^1$	Гагаринская, Соболевская	0.55–0.87	ПК–МК <sub>1-2</sub>	50–135	200–2500
$Pg_{2-3}$	Майнишкая, Усть-чирынайская	0.6–0.87	МК <sub>1-1</sub> –МК <sub>1-2</sub>	50–135	1400–3800
$Pg_{1-2}$	Анадырская, Танюерская	0.7–0.72	МК <sub>1-1</sub> –МК <sub>1-2</sub>	50–90	1400–3800
$K_{2st}$ - $Pg_1$	Рарыткинская	0.75–0.95	МК <sub>1-2</sub> –МК <sub>2</sub>	90–160	2500–4500
$K_{1nc}$ , $K_{2st}$	–	0.85–0.92	МК <sub>1-2</sub> –МК <sub>2</sub>	90–160	2500–4500

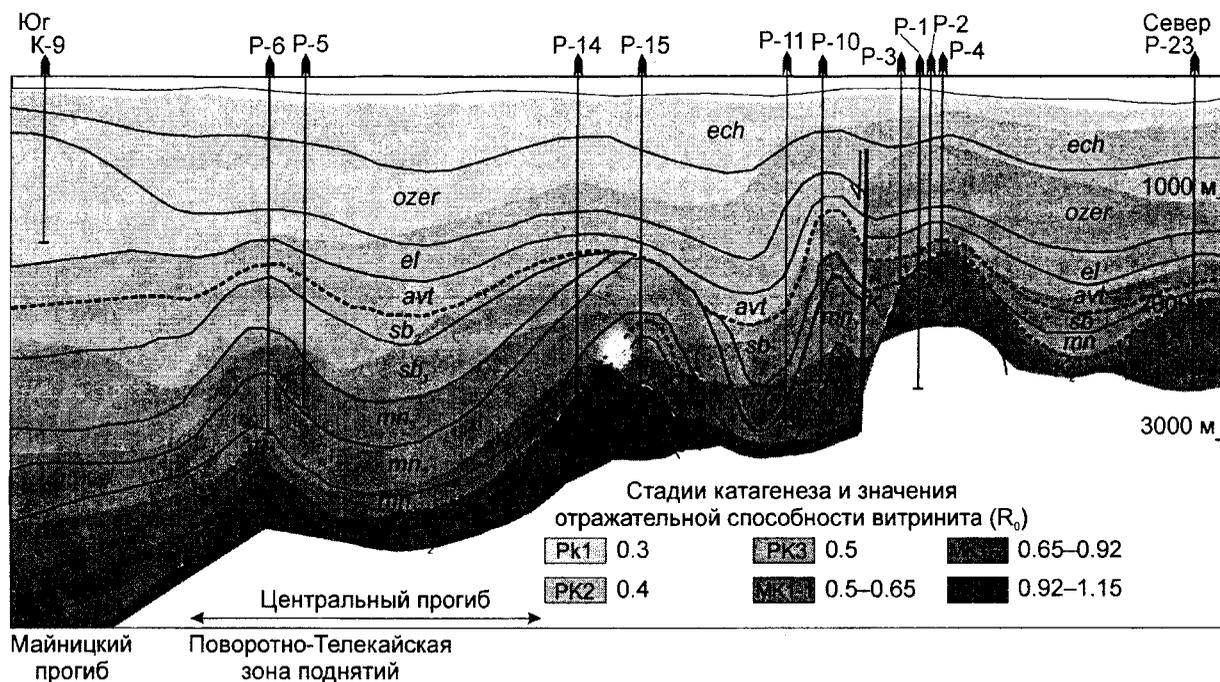


Рис. 17. Распределение катагенетической зональности в разрезе осадочного чехла и верхней части складчатого фундамента Анадырского прогиба {по: [24] с дополнениями}:

*ech* – эчинская и александровская, *ozet* – озернинская, *el* – елисеевская, *avt* – автакткульская свиты; *sb*<sub>2</sub> – верхняя и *sb*<sub>1</sub> – нижняя подсвиты собольковской свиты; *mn* – майницкая свита нерасчлененная, *mn*<sub>1</sub> – нижняя, *mn*<sub>2</sub> – средняя и *mn*<sub>3</sub> – верхняя подсвиты; *uch* – усть-чирынайская свита

Таблица 3

**Стадии катагенеза, температура, стадии углефикации и отражательная способность витринита\* (с изменениями)**

Стадия катагенеза	Температура, °С	Палеоглубина, км	V <sub>o</sub> , %	Стадии углефикации	
ПК	< 50	0.2–1.4	0.3–0.5	Б <sub>1-3</sub>	О <sub>1-3</sub>
МК <sub>1-1</sub>	50–90	1.4–2.5	0.65	Д	I
МК <sub>1-2</sub>	90–135	2.5–3.8	0.92	Г	II
МК <sub>2</sub>	135–160	3.8–4.5	1.15	Ж	III
МК <sub>3-1</sub>	160–185	4.5–5.0	1.6–2.0	К-КО	IV–V
МК <sub>3-2</sub>	185–200	5.0–5.7	2.5	Т	VI–VII
АК <sub>1</sub>	200–230	5.7–6.5	4.0	ПА-А	VIII
АК <sub>2</sub>	> 230	> 6.5	> 5.5	АС	IX

Стадия среднего мезакатагенеза (МК<sub>2</sub>) фиксируется в интервале глубин 2480–3040 м (скв. Р-15), иногда поднимаясь до 2078 м (скв. Р-23). В этом интервале залегают породы верхнемелового и палеогенового возраста (песчаники, алевролиты и аргиллиты). Среди глинистых пород доминируют гидрослюды. Аутигенные минералы представлены сульфидами и карбонатами. Роль монтмориллонита понижается, он приурочен преимущественно к вулканомиктовым пачкам. Проницаемость песчаников составляет менее 1 мД.

\*По: Геология и геохимия нефти и газа / А.А.Бакиров, М.В.Бордовская, В.И.Ермолкин и др. М.: Недра, 1993. 288 с.

Таблица 4

## Распределение температуры в керновых скважинах по глубине и в зависимости от времени простоя

Площадь	Номер скважины	Мощность отложений, м		Температура, °С						Температура через 10 сут. (глубина замера, м)
		четвертичных	неогеновых	300 м	500 м	1000 м	1500 м	2000 м	2500 м	
Собольковская	6	215	1888	7.5	17.5	40.8	63.0	82.5	100.0	110.8 (2790)
Изменная	10	135	1447	10.0	16.0	35.2	52.8	68.0	85.0	20 (500)
	11	140	2260	9.0	15.2	31.5	48.5	64.5	79.0	85 (2730)
Береговая	12	157	1152	6.0	16.5	26.0	–	–	–	27 (1020)
Западно-Озерная	14	110	1537	9.6	15.0	27.0	35.5	–	–	32 (1310)
	К-4	–	1400	–	–	–	–	–	–	39.8 (1357)
	15	145	1335	9.0	20.5	34.0	47.0	60.0	77.0	89 (2885)
Поворотная	25	35	1342	15.2	18.0	34.0	48.5	68.5	–	55 (1680)
	26	80	755	11.5	13.5	25.4	43.0	68.0	–	58 (1790)
Вязкая	23	120	1564	7.2	18.0	28.5	41.0	68.5	81.6	69.4 (2120)
Эчинская	18	100	439	11.4	22.7	–	–	–	–	26.2 (608)
	К-12	145	572	8.5	15.5	–	–	–	–	18.5 (600)
Королевская	К-8	80	825	4.0	18.0	–	–	–	–	26 (725)
Восточно-Озерная	1	134	1455	9.6	21.6	32.0	47.0	61.0	78.5	68 (2200)
	К-2	166	1200	–	12.7	33.0	–	–	–	68 (2200)
Профильная	8	64	0	9.0	13.5	26.0	37.0	51.8	61.8	60.6 (2290)
Верхне-Эчинская	7	155	2000	9.3	15.2	33.8	53.0	–	–	–

Стадия позднего мезокатагенеза (МК<sub>3</sub>) приурочена к терригенным отложениям верхнего мела и палеоцена–эоцена на глубине более 3000 м. Гидрослюдистый агрегат доминирует среди глинистых минералов. Доля вторичного кварца достигает 1 %. В аргиллитах фиксируется начальная сланцеватость.

При детальном анализе распределения отражательной способности витринита с глубиной фиксируются скачкообразные увеличения значений на границе олигоцена и миоцена (подошва собольковской свиты), эоцена и олигоцена (подошва майницкой свиты), а также, менее явно, на границе нижнего и среднего миоцена (подошва автактульской свиты). Скачкообразные изменения отражательной способности витринита маркируют стратиграфические несогласия, сопровождаемые размывом пород.

Представление о современном распределении температур в керновых скважинах можно получить из табл. 4.

### Характеристика потенциально нефтематеринских пород

Отложения среднего-верхнего миоцена находятся в температурных условиях, где возможна лишь биохимическая генерация газа. Нижнемиоценовые и эоцен-олигоценовые отложения находятся преимущественно в условиях стадий РК<sub>3</sub>–МК<sub>2</sub> (рис. 17). Они перспективны для генерации газа и тяжелой высокопарафинистой нефти. Верхне-меловые и палеоцен-эоценовые отложения расположены в условиях генерации легкой нефти и газоконденсата [22].

В южной части бассейна глинистые породы альба–сеномана и сенона–нижнего палеоцена слабо обогащены органическим веществом ( $C_{\text{НК}}$  или органический углерод, соответственно 0.64 и 0.97 %) гумусового (арконового) типа [22, 25].

В центральной части бассейна для сенонских аргиллитов в скв. Р-1  $C_{\text{НК}} = 0.59$  %, при величине ХБ (хлороформенный битум) = 0.037 %. Нижнепалеоценовые глинистые породы в скв. Р-15 преобразованы в диапазоне МК<sub>1</sub>–МК<sub>2</sub>, обогащены гумусовым органическим веществом ( $C_{\text{НК}} = 0.96$  %) при среднем содержании ХБ = 0.037 %.

Глинистым породам усть-чирынайской свиты верхнего эоцена свойственны низкие (околокларковые) концентрации  $C_{\text{НК}} = 0.2$ –1.2 % и максимальное содержание в кайнозойском разрезе при ХБ = 0.05 % и УВ = 340 г/т. Среди углеводородов, составляющих 57–70 % веса ХБ, преобладают метаново-нафтенновые разности. Высокий нефтематеринский потенциал глинистых пород усть-чирынайской свиты (рис. 18, табл. 5) подтверждается битумопроявлениями в скв. К-7 на Усть-Чирынайском поднятии. Здесь вся толща насыщена по микротрещинам аллохтонными битумоидами, а из туфов (интервал 802–806 м), непосредственно подстилающих глинистые образования, поднят керн с капельножидкой нефтью [4].

В глинистых породах нижней и средней подсвит майницкой свиты (олигоцен) содержание  $C_{\text{НК}} = 0.56$ –1.05 % и возрастает от центральных районов впадины к югу по направлению к Майницкому прогибу. Среднее содержание ХБ = 0.052 % и УВ = 0.033 % близко к значениям этих параметров в глинах верхнего эоцена. Как и в эоцене, здесь проявлено перераспределение подвижных компонентов. Битумоиды пород майницкой свиты в наибольшей степени обогащены углеводородами (Me = 68 %), среди которых преобладают метаново-нафтенновые разности. Предполагается гумусовая природа исходного органического вещества [22, 32].

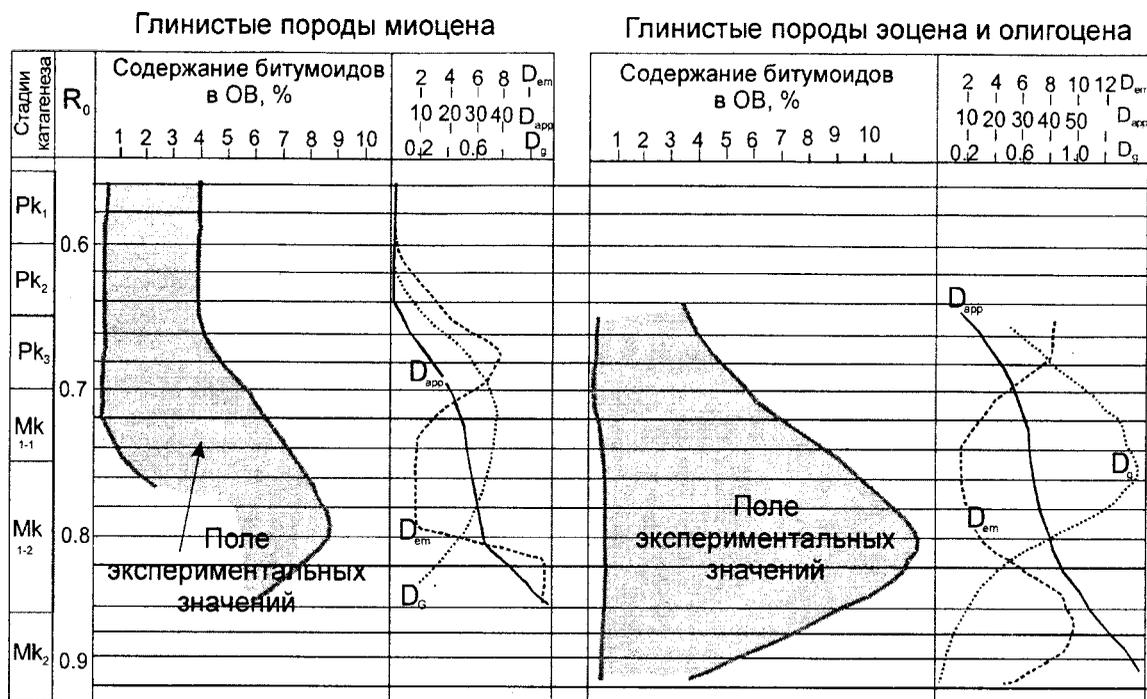


Рис. 18. Катагенетическая преобразованность и нефтематеринский потенциал глинистых пород эоцена–олигоцена и миоцена осадочного чехла Центрального прогиба [22]:

D<sub>g</sub> – динамика генерации углеводородов, D<sub>em</sub> – динамика эмиграции углеводородов, D<sub>app</sub> – усредняющая кривая

Таблица 5

**Характеристика органического вещества глинистых пород керна из скважин Ягельной, Источной и Мейнинукской площадей**

Площадь, скважина, свита	Глубина отбора, м	C <sub>НК</sub> , %	Потенциал генерации УВ, кг/т	ХБ, г/т	Максимальная температура прогрева образцов, °С	Содержание в C <sub>орг</sub> , мг/г	
						УВ	CO <sub>2</sub>
Ягельная-1	955–966	1.87	0.07	2.80	429	150	140
	1428–1441	0.88	0.03	0.63	434	72	61
	1873–1897	2.20	0.16	1.89	436	86	29
Источная-3	882–887	1.41	5.81	4.46	406	316	65
	1215–1223	3.34	1.33	6.10	430	183	38
Мейниукская	754–766	0.89	0.05	1.25	434	140	40
	3004–3005	0.86	0.20	0.96	449	112	16
Миоцен	–	0.14–7.87	–	2.0–2.17	–	136–152	116–128
Олигоцен	–	0.05–1.87	0.1–0.94	3.0–15.8	–	–	–
Палеоцен–эоцен	–	0.19–4.71	0.22–1.09	4.0–9.0	–	–	–

Эоцен-олигоценовые глинистые породы характеризуются однотипным арконовым или алиново-арконовым составом органического вещества – III тип [35], однородными его концентрациями и условиями реализации углеводородного потенциала

(рис. 18). Это позволяет рассматривать их как нефтематеринские породы для известных в пределах Центрального прогиба нефтяных месторождений в миоценовых коллекторах.

В неогеновых отложениях органическое вещество распределено неравномерно и в его составе большую по сравнению с эоцен-олигоценовыми породами роль играет гумусовая составляющая.

Концентрации  $S_{HK}$  в глинистых породах возрастают вверх по разрезу неогеновых отложений: от 0.63 % в собольковской до 3 % в александровской свитах. По площади концентрации  $S_{HK}$  возрастают от центра впадины к ее западной и южной периферии.

По сравнению с эоцен-олигоценовыми отложениями неогеновые разрезы содержат меньше хлороформенного битума и углеводородов. Корреляция между содержаниями хлороформенного битума и  $S_{HK}$  закономерно возрастает вверх по разрезу. По мере того, как в составе органического вещества возрастает доля гумусовой компоненты, в битумоидах начинают преобладать ароматические и кислородосодержащие структуры. Органическое вещество глинистых пород неогеновых отложений Центрального прогиба и более северных районов Анадырской впадины обладает меньшим нефтематеринским потенциалом, чем органическое вещество эоцен-олигоценовых отложений. Здесь эти породы еще не достигли оптимальной для нефтеобразования стадии катагенетической преобразованности и могут рассматриваться как газопroduцирующие [4, 5, 18]. Этот вывод не может быть распространен на площадь Майницкого прогиба, где мощности неогеновых отложений достигают 4.5 км и более и требуют проведения дополнительных исследований.

Приведенные данные свидетельствуют в пользу того, что основной очаг нефтеобразования для сухопутной части Анадырского бассейна пространственно тяготеет к району Майницкого прогиба. Наибольшим нефтегенерирующим потенциалом обладают породы верхнего эоцена–олигоцена.

### Месторождения углеводородов

Известные месторождения нефти, газа и газоконденсата Анадырской впадины связаны с зонами локальных поднятий в пределах Центрального прогиба в южной части впадины, которая граничит с Майницким прогибом (рис. 19).

*Верхнее-Эчинское нефтяное месторождение* приурочено к линейной антиклинальной структуре широтной ориентировки, которая по изогипсе 1600 м (кровля автактульской свиты) имеет размер 12x2.5 км. С севера и юга складка ограничена субвертикальными разломами с вертикальной амплитудой смещения 150–200 м (рис. 7А).

Западное крыло антиклинали имеет углы падения слоев 15–18°. Восточное крыло более крутое, углы падения около 30°. Амплитуда антиклинали по кровле автактульской свиты около 100 м. Залежи нефти тяготеют к кровле отложений автактульской свиты. Выделяется одна пластово-сводового типа и несколько более мелких линзовидных залежей. Дебит нефти при испытаниях составлял до 38 м<sup>3</sup>/сут. при диаметре штуцера 10 мм. Мощность нефтенасыщенной части коллектора около 50–60 м.

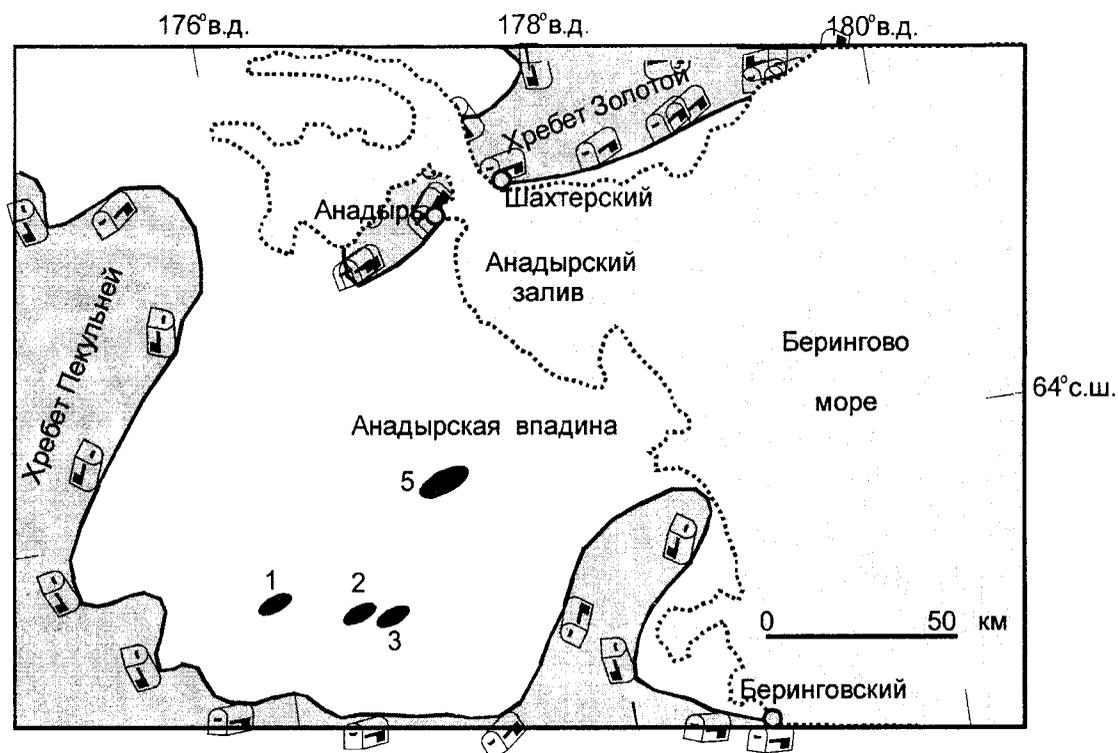


Рис. 19. Карта месторождений нефти, газа и газоконденсата Анадырской впадины {по: [6, 31] с изменениями}:

1 – Верхне-Эчинское нефтяное, 2 – Телекайское газоконденсатно-нефтяное, 3 – Восточно-Телекайское газоконденсатно-нефтяное, 4 – Западно-Озерное газовое

**Телекайское газоконденсатно-нефтяное месторождение** представлено локальной антиклинальной структурой в пределах Поворотно-Телекайской зоны антиклиналей, как и Верхне-Эчинское месторождение. Верхне-Телекайская антиклиналь имеет северо-северо-восточное простирание. Ее размер 8x3 км по изогипсе 1800 м (кровля собольковской свиты). Вертикальная амплитуда складки более 200 м (рис. 7Б). С глубиной отмечается миграция сводовой части антиклинали в северном направлении. Складка разбита на два блока субширотным субвертикальным разломом с вертикальной амплитудой смещения от 20 до 50 м. В пределах коллекторов собольковской свиты зафиксировано 6 залежей на различных глубинах. Верхняя залежь газовая, две более нижние – газоконденсатные (в интервале глубин 1610–1780 м). Три нефтяные залежи расположены на глубине 1950–2150 м и обнаружены только в пределах северного блока. Вертикальная амплитуда этажа нефтегазоносности около 450 м. Высота залежей варьирует от 65 до 120 м. Порово-трещинные коллекторы представлены песчаниками собольковской свиты. Дебит газа и газоконденсата составляет до 155 м<sup>3</sup>/сут. Дебит нефти колеблется в пределах 22.8–177.3 м<sup>3</sup>/сут.

**Восточно-Телекайское газоконденсатно-нефтяное месторождение** расположено восточнее Телекайского и приурочено к приразломной антиклинали широтного простирания. Размер антиклинали по изогипсе 1800 м составляет 6x2 км. Антиклиналь осложнена субвертикальным сбросом с вертикальной амплитудой смещения около 100 м. Газовые и газоконденсатные залежи приурочены к глубинам от 1720 до 1825 м. Мощности пластов коллекторов варьируют от 10 до 50 м. Нефтяные залежи

приурочены к сводовой части антиклинали и расположены на глубине 1835–1870 м. Мощность нефтенасыщенных коллекторов 7–12 м. Дебит нефти составляет от 15 до 28.9 м<sup>3</sup>/сут.

*Западно-Озерное газовое месторождение* связано с куполовидной антиклиналью размером 10x11 км. Зафиксировано два продуктивных горизонта в верхнемиоценовых отложениях озернинской свиты. Коллекторы сложены среднезернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и расположены на глубине около 800 м. Дебит газа составляет от 128 м<sup>3</sup>/сут. при диаметре штуцера 12 мм до 255 м<sup>3</sup>/сут. при диаметре штуцера 10 мм.

### Палеотектонический анализ и происхождение нефти месторождений Анадырской впадины

Методика анализа изменений во времени палеотектонических и геотермических условий в осадочном бассейне подробно изложена в работе [19, 20]. Суть данной методики заключается в том, что с помощью специализированных компьютерных программ проводится комплексный анализ палеотектонических и палеотемпературных событий в осадочном бассейне. При этом учитывается возраст пород, их литологический состав, мощность отложений, наличие в разрезе несогласий и стратиграфических перерывов, глубина палеобассейна, тип содержавшегося в них органического вещества, концентрация  $C_{орг}$ , глубина погружения потенциально нефтематеринских толщ, температура их прогрева, возраст и амплитуда последующих поднятий, наличие в вышерасположенной части разреза пород с хорошими коллекторскими свойствами и перекрывающих их слабопроницаемых отложений. Исходные данные для моделирования были взяты по материалам скв. К-16 Ольховой площади и скважинам Верхне-Эчинской площади (табл. 6). На основании анализа стратиграфических данных по скважинам, материалов сейсморазведки и с учетом геологических материалов по южному обрамлению Анадырской впадины выделены следующие уровни стратиграфических несогласий и размывов в результате палеовоздыманий и эрозии: в кровле майницкой, гагаринской, елисеевской и эчинской свит. Палеотектоническое моделирование было выполнено для северной части Майницкого прогиба в непосредственной близости от Верхне-Эчинской структуры на основе сейсмопрофиля 790601 (см. рис. 27, кривая ПТ).

Распределение современных температур в скважинах показывает, что только палеогеновые и более древние отложения в настоящее время находятся в термических условиях, благоприятных для нефтегенерации (рис. 20А). Значение палеотемператур, основанное на данных по отражательной способности витринита свидетельствует, что на протяжении геологической истории в достаточной для нефтегенерации степени были прогреты отложения майницкой свиты и более древние образования. Миоценовые отложения, вероятнее всего, оказались “недогретыми” (рис. 20Б).

Результаты моделирования прогрева толщ, заполняющих Анадырский осадочный бассейн, показаны на рис. 21. Кривые прогрева мел-кайнозойских толщ во времени – тонкие ломаные линии. Жирные черные линии отражают степень зрелости органического вещества толщ (значения отражательной способности витринита).

Таблица 6

**Мощность отложений и амплитуда эрозии, используемых при палеотектоническом моделировании северной части Майницкого прогиба**

Свита, серия	Возраст, млн лет	Глубина залегания подошвы, км	Мощность, м	Литология, %					Палеобатиметрия, м	Нефтематеринские породы		
				1	2	3	4	5		тип керогена [36]	общая мощность, %	ТОС, %
Александровская	(3.0) 3.5	1450	(-2500) 1450	90	–	–	5	5	50	–	–	–
Эчинская	(4.0) 12.0	2050	(-250) 600	60	–	30	10	–	50	–	–	–
Озернинская	14.0	2250	200	50	30	15	5	–	50	III	100	1.5
Елисеевская	(15.0) 17.0	2850	(-500) 600	75	15	10	–	–	100	III	100	1.5
Автактульская	20.0	3050	200	10	80	10	–	–	100	III	100	1.5
Гагаринская	(21.0) 22.0	3250	(-500) 200	70	15	–	15	–	150	–	–	–
Собольковская	24.5	3650	400	90	10	–	–	–	150	–	–	–
Майницкая верхняя	(25.0) 28.0	4125	(-500) 475	40	40	20	–	–	100	II–III	100	2.0
Майницкая средняя	34.5	5075	950	10	70	20	–	–	100	II–III	100	2.0
Майницкая нижняя	38.0	5550	475	25	15	50	–	10	100	II–III	100	2.0
Усть-чирынайская	45.0	6150	600	60	10	25	–	5	50	II–III	100	2.0
Анадырская	60.0	6750	600	40	–	40	–	20	50	–	–	–
Сенон	90.0	8150	1400	15	50	35	–	–	50	–	–	–

ПРИМЕЧАНИЕ. 1 – песчаники, 2 – алевриты, 3 – глины, 4 – уголь, 5 – туфы. Цифры в скобках – соответственно возраст и амплитуда эрозии.

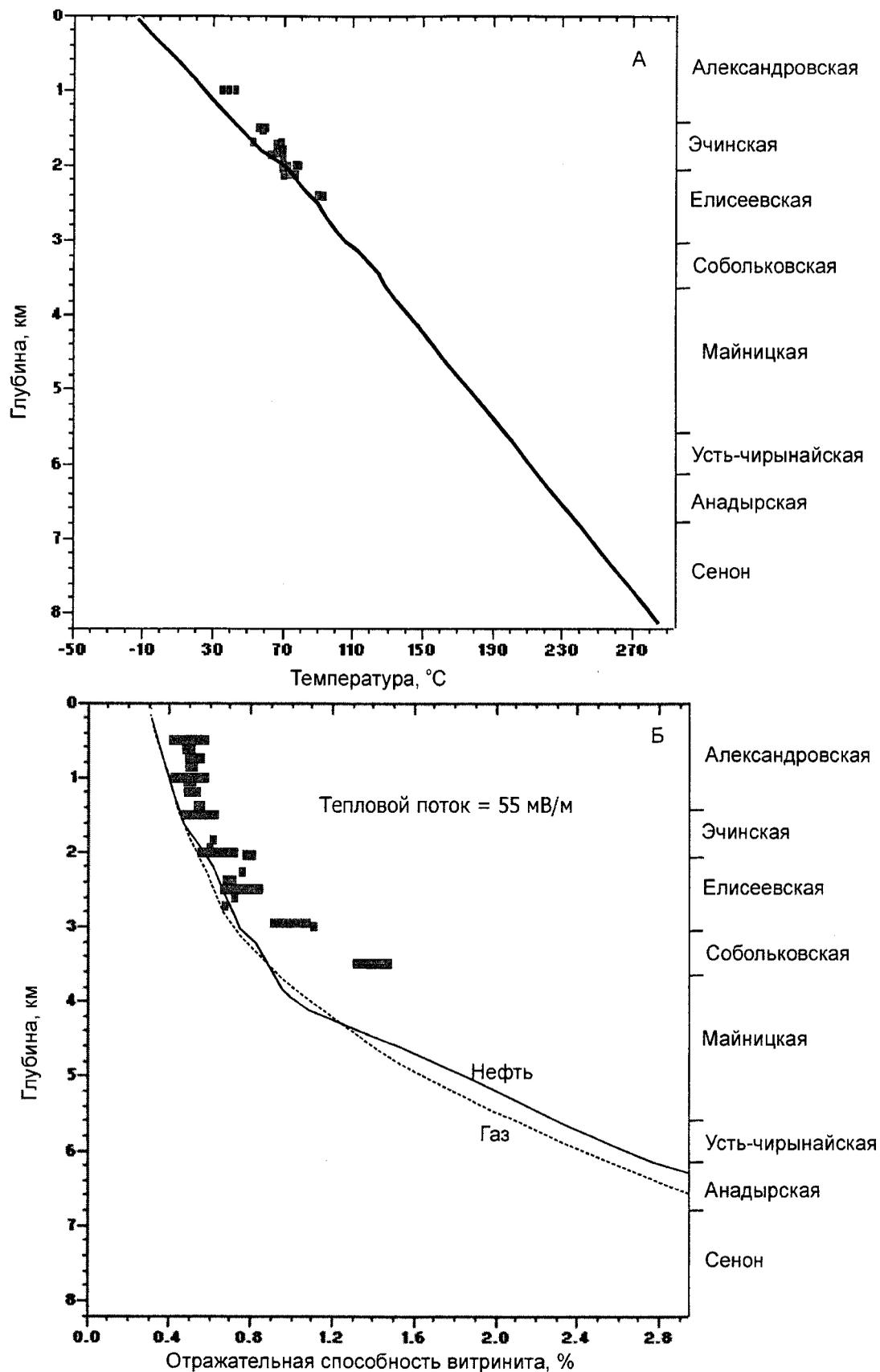


Рис. 20. Распределение современных температур (А) и отражательной способности витринита (Б) в скважинах Анадырской впадины

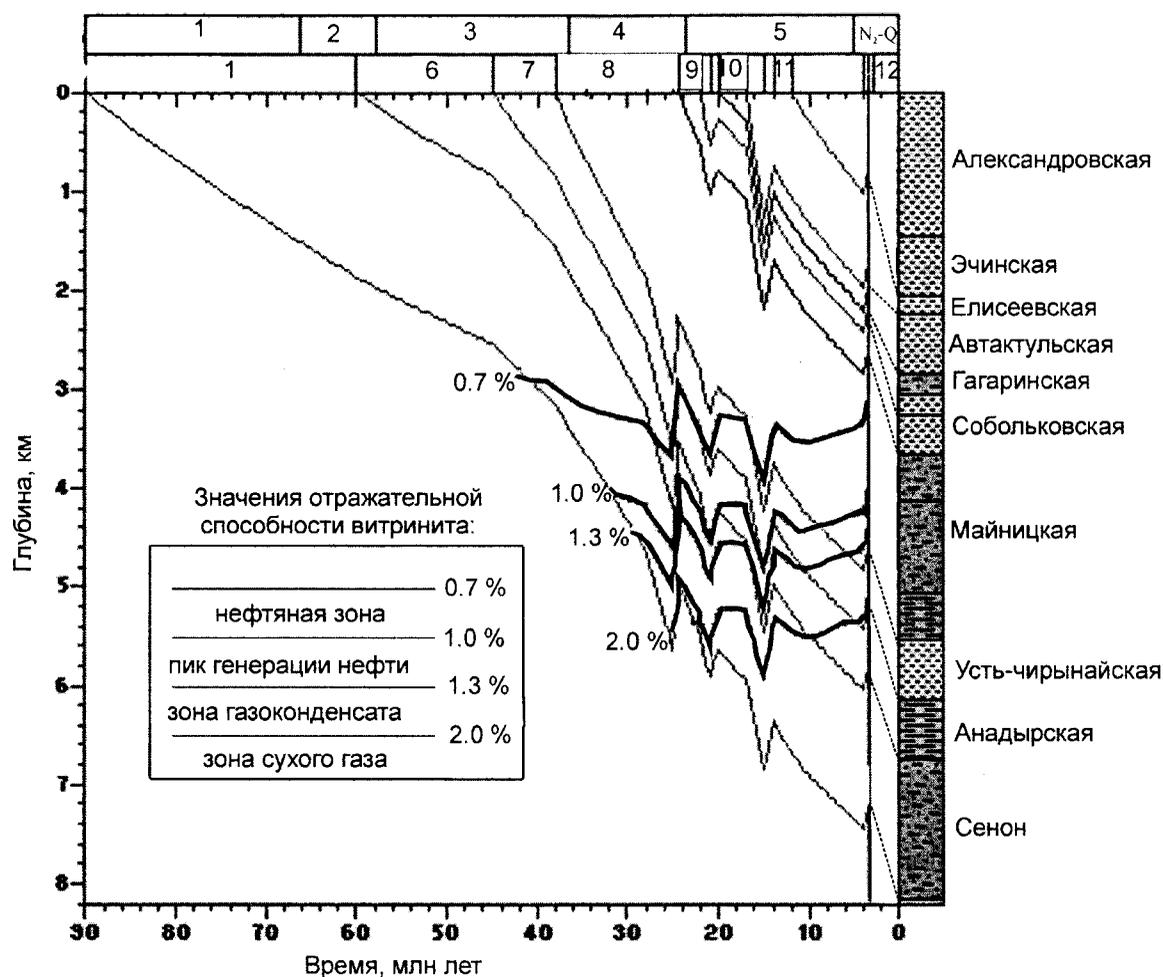


Рис. 21. Кривые прогрева мел-кайнозойских отложений Анадырского бассейна: 1 – сенон, 2 – палеоцен, 3 – эоцен, 4 – олигоцен, 5 – миоцен; 6 – анадырская, 7 – усть-чирынайская, 8 – майницкая, 9 – собольковская, 10 – автактульская, 11 – елисеевская, 12 – эчинская свиты

Из модельных расчетов следует, что оптимальной степени зрелости для нефтегенерации в процессе воздействия давлений и температур достигло органическое вещество майницкой свиты, а также более древних отложений. Следовательно, домиоценовые глинистые образования, в первую очередь глины майницкой свиты, следует рассматривать как основные нефтематеринские толщи для южной части Анадырского бассейна.

Это согласуется с более ранними выводами других исследователей, которые основывались на данных по химическому составу известных нефтепроявлений и битумоидов из разновозрастных глинистых пород южной части Анадырской впадины. Для нефтей Озерной площади нефтематеринскими могут служить отложения палеоцена и эоцена, для нефтей Усть-Чирынайской площади – эоцена, для нефтей Изменой и Верхне-Эчинской площадей – олигоцена. Есть основания предполагать, что в нефтепроявлениях Изменой и Верхне-Эчинской площадей присутствуют также автохтонные углеводороды, источником которых могут быть глинистые отложения нижнемиоценовой собольковской свиты [4, 31, 32]. Для нефтей, образующих залежи в стратиграфически более верхних интервалах разреза, наиболее вероятна миграционная природа.

Таким образом, можно утверждать, что в неогеновых отложениях, как правило, не достигших стадии мезокаатагенеза, в настоящее время происходит преимущественно метанообразование. В низах неогенового разреза начинается формирование тяжелых газов, которое, как и нефтеобразование, наиболее типично для отложений эоцена-олигоцена.

### Интерпретация материалов сейсморазведки

Территория Анадырской впадины изучена сейсморазведкой с разной степенью детальности. Наибольшее количество материалов получено по сухопутной части впадины, где работы велись с 1970-х годов государственными и частными компаниями. Значительная часть материалов сейсморазведки МОВ ОГТ 1970–1980-х годов обладает достаточно высоким качеством и пригодна для детального расчленения разреза, проведения корреляций и сейсмостратиграфического анализа. В данной работе представлен анализ доступных для изучения материалов сейсморазведки по суше и по шельфовой части Анадырской впадины. Схема расположения сейсмических профилей МОГТ, по которым составлены приведенные в данной работе геолого-геофизические профили, показана на рис. 22.

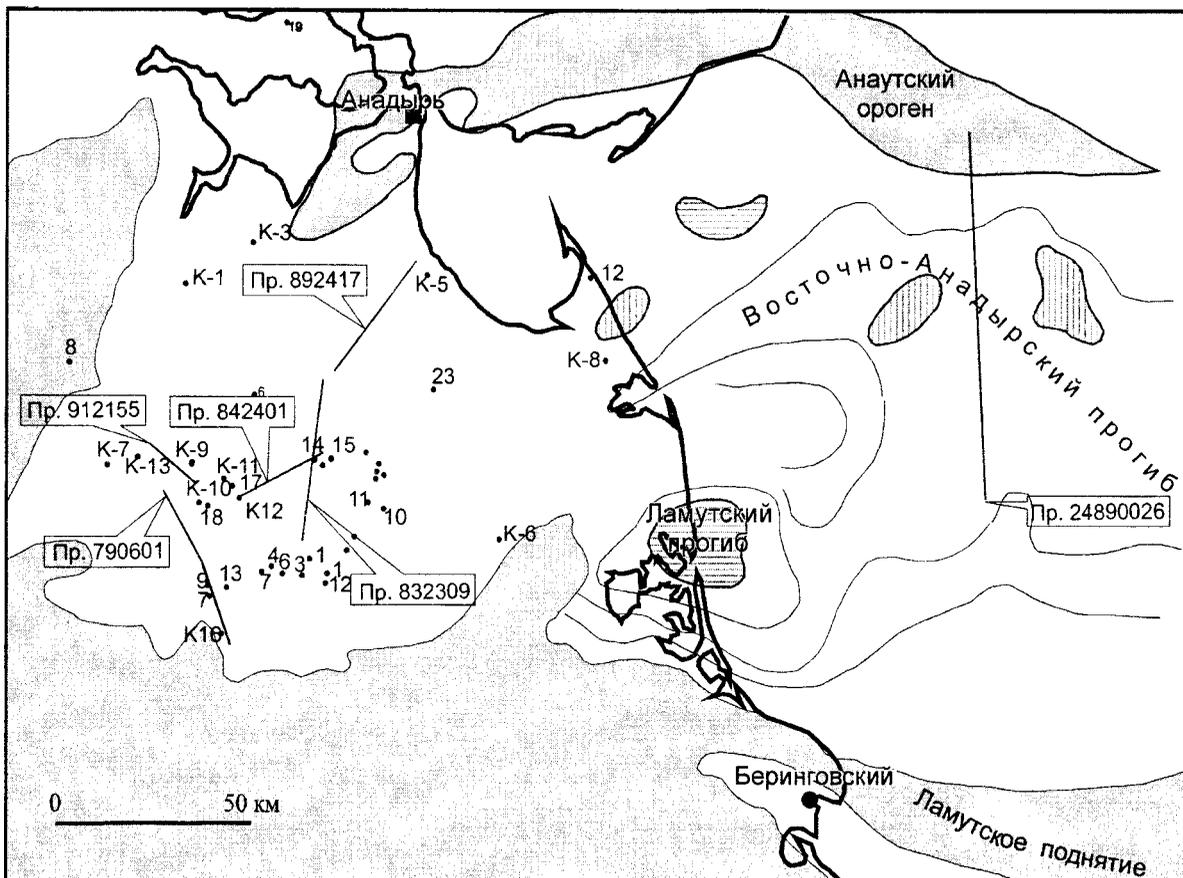


Рис. 22. Схема расположения сейсморазведочных профилей в сухопутной и шельфовой частях Анадырского бассейна

Как следует из приведенных выше данных, наибольший интерес с точки зрения перспектив нефтеносности представляет южная сухопутная часть впадины – Центральный, Майницкий и Ламутский прогибы, а также Восточно-Анадырский прогиб в пределах шельфовой части впадины (рис. 3).

Индексация и стратиграфическая привязка отражающих горизонтов приведена в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

**Индексация сейсмических отражающих горизонтов осадочного чехла, переходного комплекса и акустического фундамента южной и центральной частей Анадырской впадины (по материалам научно-производственных отчетов ВНИГРИ)**

Свита (толща)	Стратиграфический интервал	Индекс кровли/подошвы	Индекс кровли	Средняя пластовая скорость, м/с
<b>Осадочный чехол</b>				
Александровская	$N_2-Q_1$	$I^1/I^2$	$I^1/I^2$	–
Эчинская	$N_{1-2}$	$I^3/I^4$	$I^3/I^4$	–
Озернинская	$N_1^{2-3}$	$II^k/II^n$	$II^k/II^n$	–
Елисеевская	$N_1^2$	$II^5/II^6$	$II^5/II^6$	–
Автактульская	$N_1^{1-2}$	$III^k/III^n$	Ac	< 3000
Гагаринская	$N_1^1$	$IV^k/IV^n$	Gc	3000
Собольковская	$N_1^1$	$IV^k/IV^n$	Gc	4400
<b>Переходный комплекс</b>				
Майницкая	$P_3$	$V^k/V^n$	Gc <sub>2</sub>	3800
<b>Складчатый фундамент и нижний переходный комплекс</b>				
Усть-чирынайская (ягельная)	$P_2$	VI	Cc	–
Танюрерская (анадырская)	$P_{1-2}$	VI	–	4200
Рарыткинская	$K_{2sm-m}$	VI	–	4000
Нижний мел (берриас-альб)	$K_{1b-al}$	VI	–	> 4200

Северный склон Центрального прогиба южнее Анадыря характеризуется моноклинальным залеганием осадочных слоев, осложненных малоамплитудными флюксуорообразными перегибами, приуроченными к субвертикальным разломам сбросового типа, часть которых имеет отчетливо конседиментационный характер (рис. 23). Разломы фиксируются в породах акустического фундамента и проникают в осадочный чехол, достигая отложений александровской свиты. Осадочный чехол имеет сокращенную мощность, уменьшающуюся в северном направлении.

Осевая часть Центрального прогиба характеризуется отчетливыми антиклинальными поднятиями, которые наиболее четко фиксируются по кровле акустического фундамента, а также по кровле собольковской и гагаринской свит (рис. 24 и рис. 25 – восточная часть профиля).



Рис. 23. Геолого-геофизический разрез по профилю МОГТ № 892417 через северный склон Центрального прогиба (по материалам ЧАНГРЭ ПГО "Сахалингеология", 1989 г.). В центральной части профиля (внутри круга) выделяется система сбросов, имеющих конседиментационную природу (мощности сейсмокомплексов в опущенном крыле сброса возрастают)

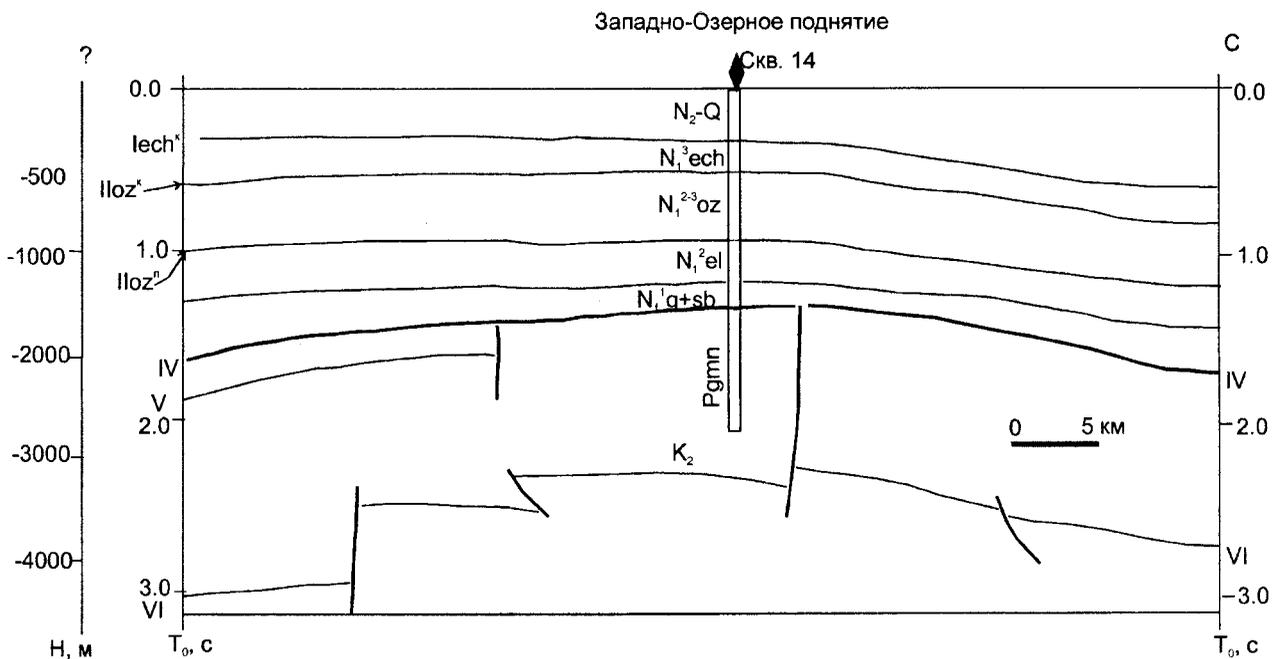


Рис. 24. Геолого-геофизический разрез по субширотному профилю МОГТ № 832309 через Западно-Озернинское поднятие (по материалам ЧАНГРЭ ПГО "Сахалингеология", 1989 г.). Здесь и на рисунках 25, 26:

VI – кровля акустического фундамента (омолаживается в северном направлении); V – подошва верхней песчаной подсвиты майницкой свиты (олигоцен); IV – подошва гагаринской и собольковской свит (нижний миоцен); II oz<sup>n</sup> – подошва озернинской свиты (средний миоцен); II oz<sup>k</sup> – кровля озернинской свиты (верхний миоцен); I ech<sup>k</sup> – кровля эчинской свиты (плиоцен)

На сейсмических профилях признаки слоистой записи обнаруживаются в пределах переходного комплекса (майницкая свита), а также, в меньшей степени, в верхней части акустического фундамента. Малоамплитудные субвертикальные разломы ограничивают локальные выступы фундамента и избирательно проникают в нижнюю часть осадочного чехла (рис. 24).

В Проточном прогибе, разделяющем поднятия осевой зоны Центрального прогиба и поднятия перед северным фронтом Майницкого прогиба (Чирынайское поднятие), выделяются стратиграфические несогласия. Несогласия фиксируются на склонах Проточного прогиба в подошве озернинской, автактульской и майницкой свит (рис. 25).

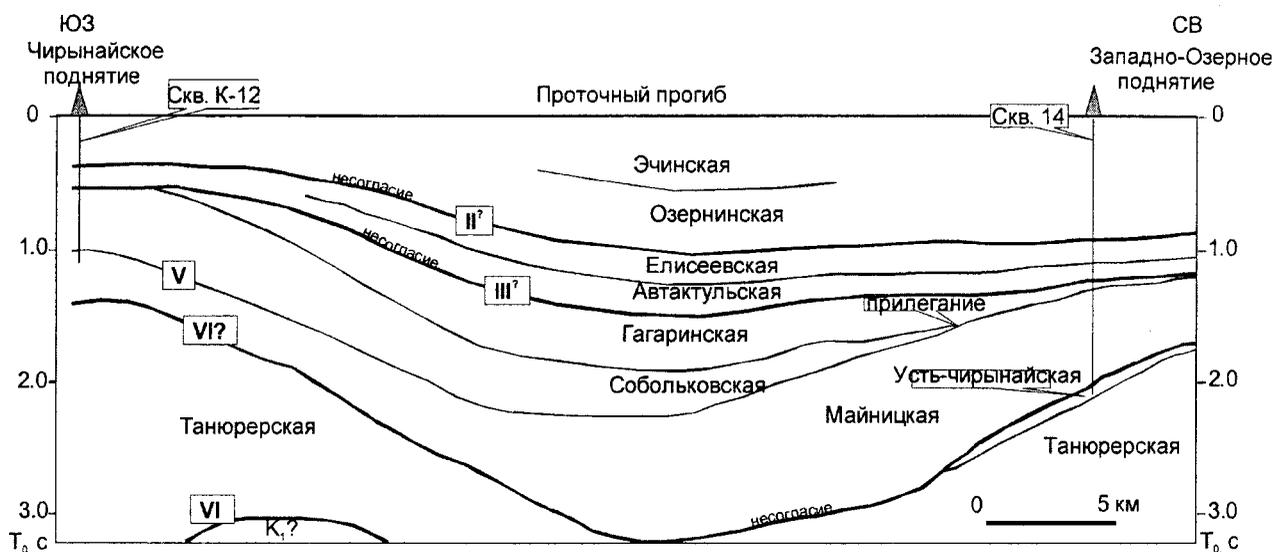


Рис. 25. Геолого-геофизический разрез через Проточный прогиб по профилю № 842401 (по данным ЧАНГРЭ ГП "Востокгеология", 1984 г.). Жирные линии – поверхности несогласий. Вулканогенные образования танюерской свиты могут рассматриваться как акустический фундамент (VI?)

В Предарыткинском прогибе (юго-западная часть Центрального прогиба) по направлению к Рарыткинскому орогену (к западу) отмечается резкое воздымание кровли переходного комплекса и акустического фундамента, ограниченное разломами сбросового типа (рис. 26). Отчетливо проявлено уменьшение мощности осадочной призмы в западном направлении и несогласие в подошве озернинской свиты.

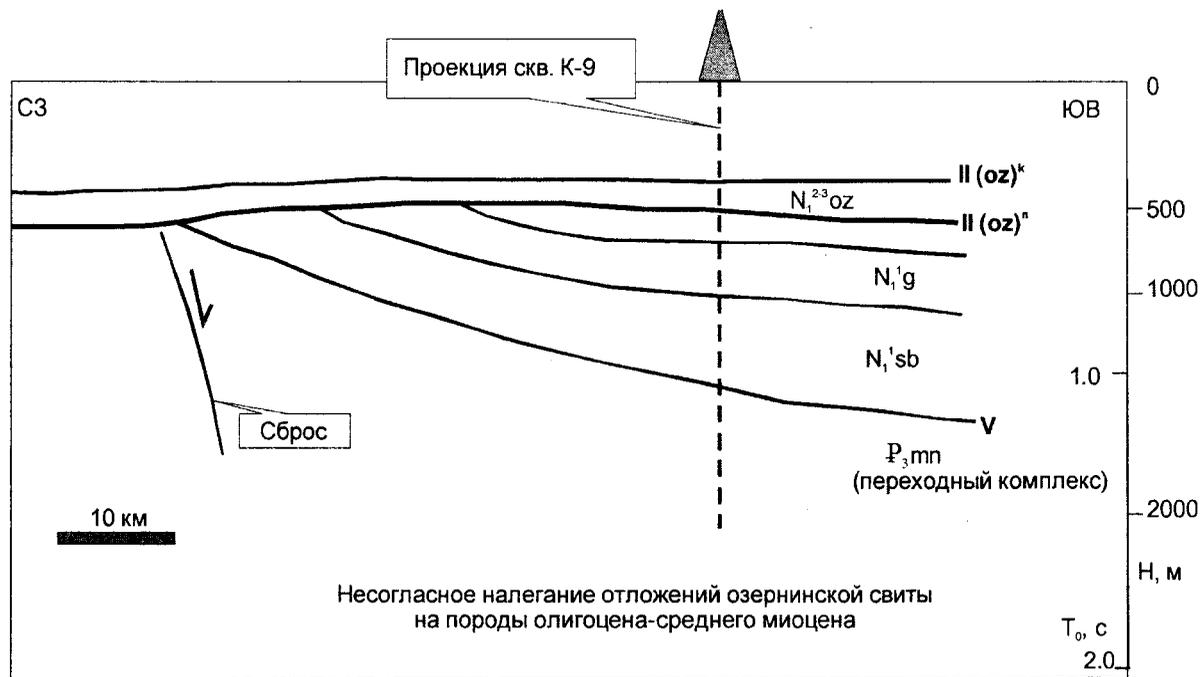


Рис. 26. Геолого-геофизический разрез по фрагменту профиля МОГТ № 912155 (по данным ЧАНГРЭ ГП "Востокгеология", 1992 г.). Отчетливо выражено несогласие в подошве озернинской свиты (жирная линия)



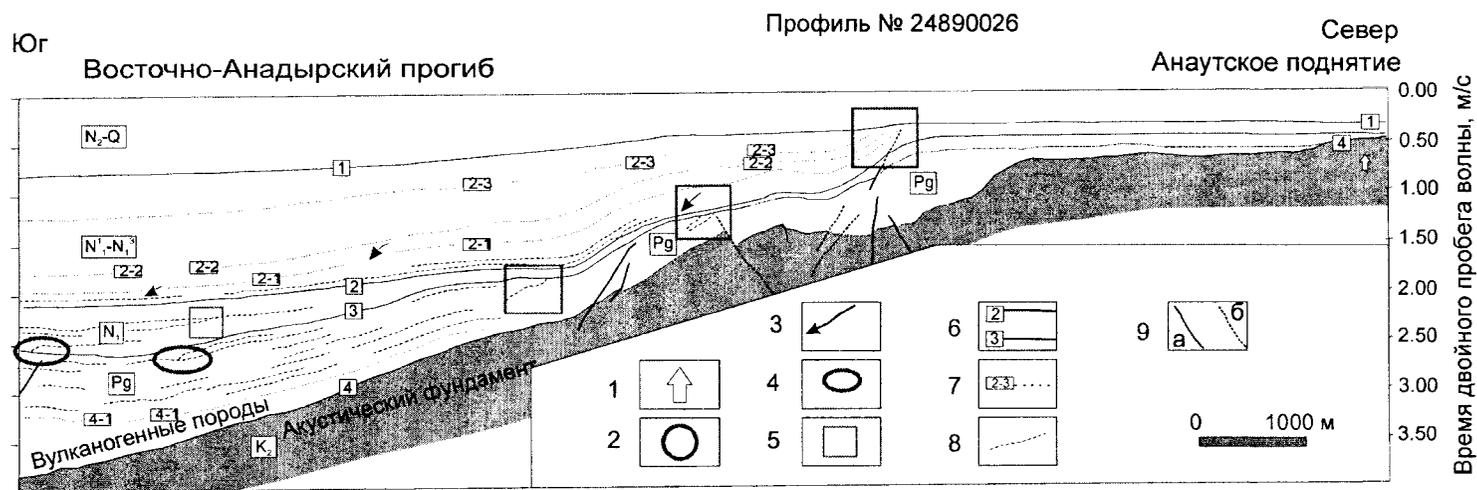
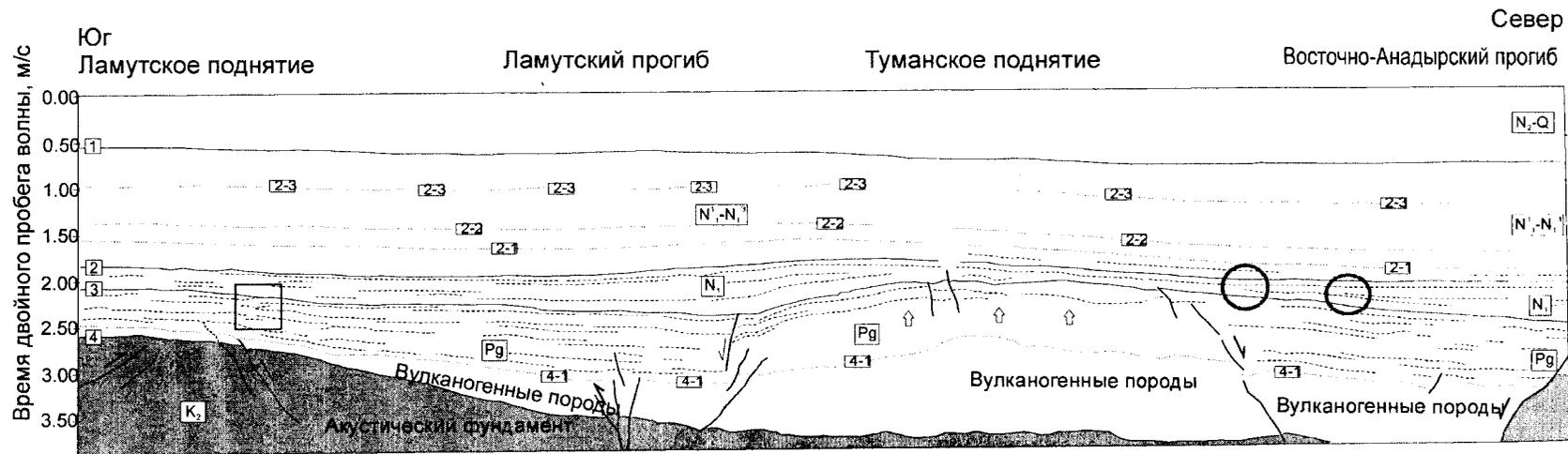


Рис. 28. Фрагмент геолого-геофизического разреза вдоль меридионального морского сейсмического профиля МОГТ № 24890026 (по материалам ПГО "Сахалингеология", 1991 г.):

1 – конседиментационное поднятие; 2 – стратиграфическое притыкание слоев; 3 – признаки клиноформенного (подводно-оползневое) строения и направление транспорта обломочного материала в плоскости профиля; 4 – фронтальная часть подводно-оползневое тела; 5 – угловое или стратиграфическое несогласие (врез); 6 – основные отражающие горизонты, отвечающие кровле и подошве сейсмокомплексов; 7 – реперные отражающие горизонты в пределах сейсмокомплексов; 8 – отражающие поверхности в пределах сейсмокомплексов; 9 – зоны разломов, выделяемые уверенно (а) и вероятные (б)

*Майницкий прогиб и Чирынайское поднятие.* В южном направлении строение Центрального прогиба существенно усложняется (рис. 27). Структура становится складчато-надвиговой. Фронтальная (северная) часть надвиговых дислокаций ограничена Чирынайским локальным поднятием. Последнее имеет горстообразное строение. С юга поднятие ограничено взбросами, а с севера – сбросами. В областях концентрации взбросов и надвигов фиксируются зоны потери корреляции с хаотическим характером сейсмической записи (выделены серым цветом на рис. 27).

В направлении Майницкого прогиба вертикальная мощность осадочного чехла возрастает. Северная часть Майницкого прогиба характеризуется наиболее интенсивными тектоническими деформациями надвигового типа (обозначена как ЗИД в левой части рис. 27). Не исключено, что в Майницком прогибе имеет место тектоническое сдваивание разреза осадочного чехла. Кровля акустического фундамента в изученной части разреза не фиксируется. Ольховая антиклинальная структура (в левой части рис. 27) может интерпретироваться как аллохтонная, подстилаемая зоной надвигов.

*Восточно-Анадырский прогиб.* В строении шельфовой части Анадырского бассейна обнаруживаются некоторые аналогии с его сухопутной частью. Наибольшие мощности осадочного чехла приурочены к Ламутскому (на юге) и к собственно Восточно-Анадырскому (на севере) прогибам (рис. 28).

Туманское поднятие занимает осевую часть структуры (рис. 28). В его пределах мощность осадочного чехла сокращается более чем в 2 раза. Переходный комплекс в пределах Туманского поднятия, вероятно, частично размыт. На его склонах фиксируется прилегание слоев и сокращение мощности отложений верхнего олигоцена и нижнего миоцена, локальные несогласия, что свидетельствует о конседиментационном росте поднятия. Аналогичные формы фиксируются также на северном и южном склонах Восточно-Анадырского прогиба. В миоценовых отложениях южного склона Анаутского орогена, вероятно, присутствуют клиноформенные тела, маркирующие южное направление сноса обломочного материала.

В шельфовой части бассейна не отмечено структур, сходных с Майницким прогибом как по мощности осадочных отложений, так и по напряженности тектонического стиля. Для зон разломов, ограничивающих с юга Туманское поднятие, более вероятен сдвиговый, а не надвиговый характер перемещений.

## **Палеотектонические реконструкции мезозойско-кайнозойского этапа развития региона**

В конце раннего мела (до альба) регион Восточной Арктики был вовлечен в коллизионные события. В результате соприкосновения Чукотского микроконтинента с активной окраиной северо-восточной части Сибирского континента закрылась Анюйская ветвь Южно-Анюйского океанического бассейна. Чукотский микроконтинент в составе более крупной микроплиты Чукотка–Арктическая Аляска был отчленен от североамериканской окраины в результате открытия спредингового Канадского бассейна [11]. На финальной стадии коллизии Чукотки с окраиной Сибири вдоль Южно-Анюйского коллизионного шва (сутуры) происходили правосдвиговые перемещения вследствие вращения Чукотского микроконтинента против часовой стрелки

(рис. 29А). Этому предшествовало формирование системы тектонических покровов, перекрывших южную (в современных координатах) пассивную окраину Чукотского микроконтинента.

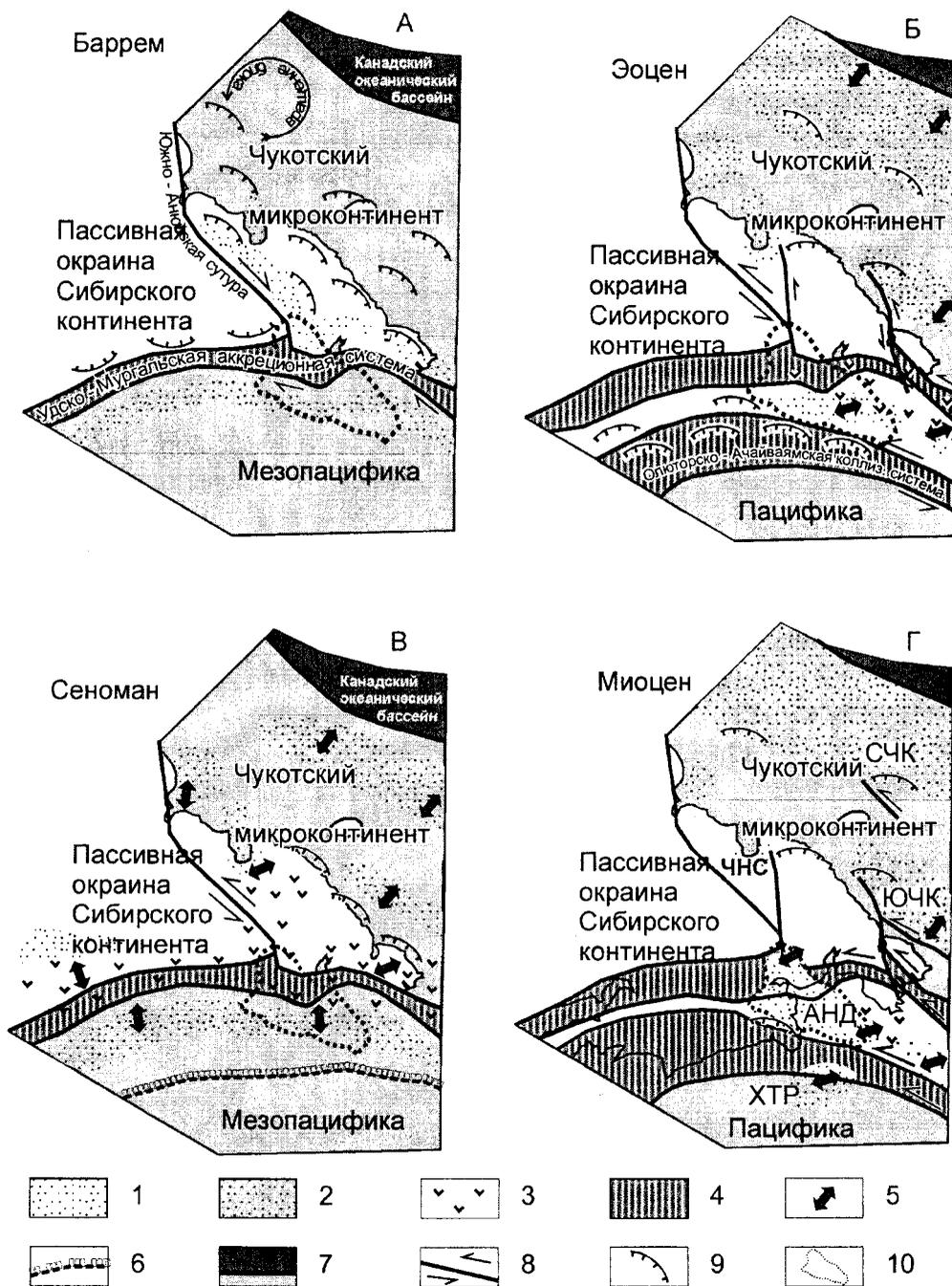


Рис. 29. Схематические палеотектонические реконструкции на барремский (А), эоценовый (Б), сенонанский (В) и миоценовый (Г) этапы развития структур, обрамляющих Анадырский бассейн:

1 – области терригенной седиментации на суше, 2 – на шельфе; 3 – ареалы вулканизма; 4 – коллизионные складчато-надвиговые системы; 5 – латеральное растяжение; 6 – зона конвергенции; 7 – кора океанического типа Канадской котловины; 8 – основные шовные зоны сдвигового типа и направления перемещения по ним; 9 – зоны взбросово-надвиговых дислокаций; 10 – граница Анадырского бассейна

В барреме–апте перед северным фасом Южно-Ануйской покровной системы формировались эпиконтинентальные бассейны терригенной седиментации. В это же время на юго-востоке (со стороны Мезопафики) окраина Сибири испытала коллизию с Удско-Мургальской островодужной системой.

В альбе имела место перестройка системы зон конвергенции в северо-западном секторе Мезопафики. Это привело к началу вулканизма в Охотско-Чукотском окраинно-континентальном поясе.

В конце альба–сеномане рассматриваемый регион был охвачен региональным растяжением, которое интерпретируется как позднеколлизийная фаза орогенического коллапса [11]. Закладываются Северно-Чукотский и Южно-Чукотский осадочные бассейны. Активная вулкано-терригенная седиментация имеет место также вдоль тихоокеанской окраины Сибири (рис. 29Б).

В позднем мелу имеет место активная морская седиментация на южной (тихоокеанской) окраине Сибири (Укэлятский флишевый прогиб), в том числе в пределах Анадырского сегмента (см. рис. 30).

На границе мела и палеогена, по данным М.Н.Шапиро и А.В.Соловьева [43, 44], фиксируется начало деформаций вдоль тихоокеанской окраины рассматриваемого сектора Сибири, связанного с ранними фазами коллизии с Олюторско-Ачайваямской островодужной системой (рис. 29В). На ранних этапах коллизии в палеоцене–эоцене доминируют взбросо-надвиговые дислокации. В эоцене преобладают левые сдвиги запад-северо-западного простирания. Южная часть прото-Анадырского бассейна также была вовлечена в эоценовые деформации. Перемещения по сдвигам сопровождались формированием локальных зон растяжения (грабенов), в которых имел место эффузивный магматизм. В середине эоцена в северном обрамлении прото-Анадырского бассейна также фиксируется деформационное событие, связанное с перемещениями по системе северо-западных левых сдвигов [11]. Вероятно, в эоцене имели место повторные деформации в южном обрамлении Северно-Чукотского бассейна.

В эоцене–олигоцене фронт деформаций в южном обрамлении прото-Анадырского бассейна перемещался в северном направлении. Таким же образом вела себя ось максимального прогибания в прото-Анадырском бассейне.

В миоцене, после завершения орогении в Олюторско-Ачайваямской системе, началась трансгрессия моря. Активизировались субширотные и северо-западные сдвиги (рис. 29Г). Причина этого кроется в формировании ороклинального изгиба Северо-Восточной Азии и северо-запада Северной Америки. К данной системе сдвигов приурочены многочисленные раздвиговые (рифтовые) бассейны, в том числе Хатырский и Наваринский.

Максимальное прогибание и максимальные мощности осадков сосредоточены в пределах будущего Центрального прогиба прото-Анадырского бассейна. Накапливались мелководно-морские отложения собольковской свиты. Имел место локальный субаэральный вулканизм. Аккумуляция осадков гагаринской, автактульской и елисе-евской свит происходила в условиях периодических локальных поднятий и опусканий уровня моря. По-видимому, это связано с периодической активизацией сдвигов, оказывавшей влияние на палеорельеф.

Накопление отложений озернинской, эчинской и александровской свит имело место преимущественно в континентальных условиях.

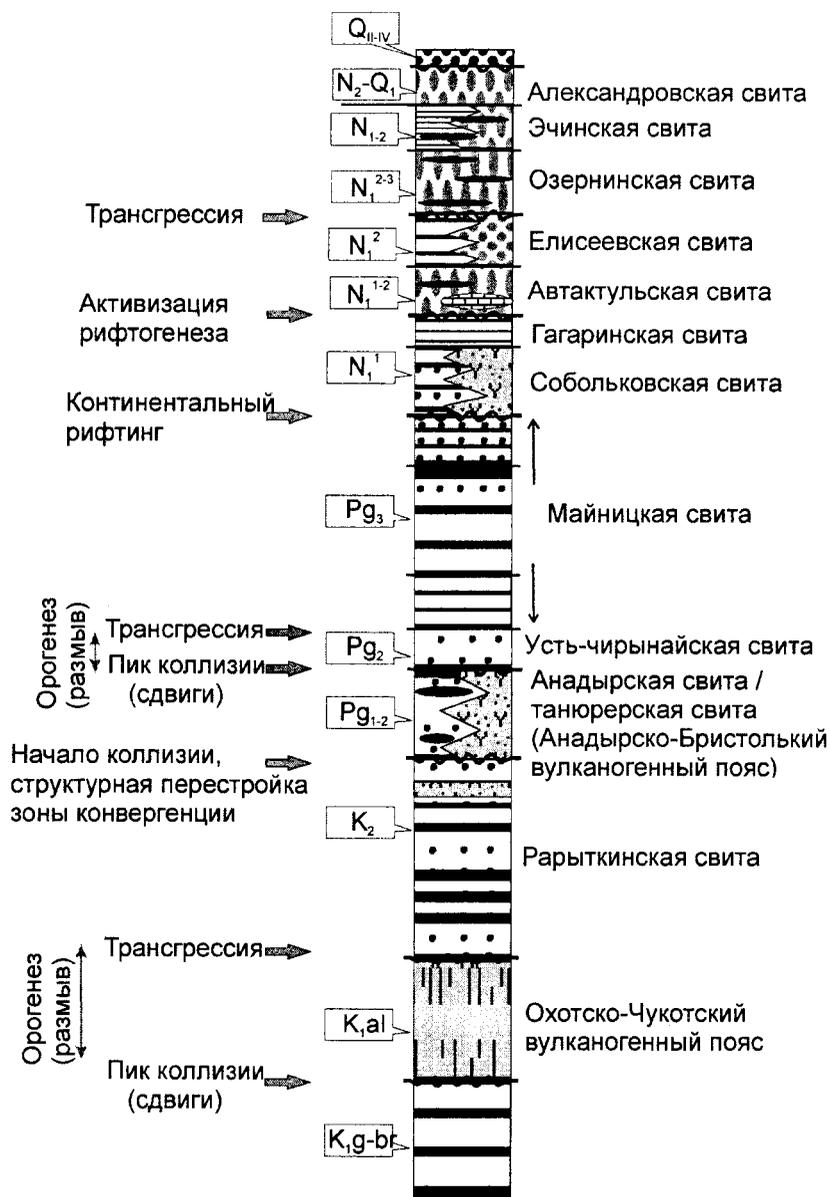


Рис. 30. Схема геологических событий в Анадырском бассейне:

АНД – Анадырский, ХТР – Хатырский, ЧНС – Чаунский (Раучуанский); ЮЧК – Южно-Чукотский; СЧК – Северно-Чукотский осадочные бассейны

### Основные направления поисково-разведочных работ

В Центральном прогибе (сухопутная часть бассейна) задача поисково-разведочных работ сводится к доизучению уже открытых антиклинальных структур [32].

В шельфовой части бассейна необходима детализация степени картирования антиклинальных ловушек в пределах Тимкинского поднятия, а также поиск структурно-литологических (клиноформенных) ловушек в северной (прианавутской) части Восточно-Анадырского прогиба. Помимо миоценовых отложений интерес могут представлять также коллекторы палеогена.

Наибольший интерес представляет поиск и картирование приразломных структурно-литологических и поднадвиговых антиклинальных ловушек в эоценовых и миоценовых отложениях северной части Майницкого прогиба и обрамляющих его Чирынайского и Туманского поднятия в сухопутной части бассейна, а также на стыке Туманского поднятия и Ламутского прогиба в мелководной прибрежной части бассейна.

## Выводы

Происхождение месторождений нефти в пределах локальных поднятий Центрального прогиба Анадырской впадины остается дискуссионным. Параметры температур и давлений в миоценовых отложениях не достигают уровня, необходимого для массовой генерации нефти. В качестве нефтегенерирующих рассматриваются глинистые отложения олигоцена [7, 22, 31]. Анализ геолого-геофизических и буровых материалов, а также моделирование условий седиментации и распределения палеотемператур в Анадырском бассейне свидетельствуют, что наибольшим углеводородным потенциалом располагает южная, наиболее прогнутая и экранированная с юга надвигами часть бассейна, известная как Майницкий прогиб.

В шельфовой части Анадырской впадины маловероятно обнаружение структурных аналогов Майницкого прогиба, что связано с затуханием надвиговых деформаций по направлению к восточной (шельфовой) части впадины и преобладанию на шельфе сдвигового стиля деформаций [44].

Следовательно, наибольшими перспективами для обнаружения новых залежей углеводородов обладает южная примайницкая часть Анадырской впадины. Напряженная тектоника и активная термальная история этой части впадины позволяют предположить, что среди вновь открытых месторождений будут преобладать газовые и газоконденсатные.

\* \* \*

Авторы благодарны профессорам Ю.К.Бурлину и А.Е.Шлезингеру за консультации и критические замечания, к.г.-м.н. М.В.Бордовской за обсуждение геохимических данных.

Работа подготовлена в рамках выполнения проектов Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 05-05-64072, № 08-05-00014), НШ 7559.2006.5 и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 14 "История формирования бассейна Северного Ледовитого океана и режим современных природных процессов Арктики (по программе Международного полярного года 2007–2008 гг.)".

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Агапитов Д.И., Бабкин П.В., Иванов В.В.* Результаты и направления нефтегазопроисковых работ в Магаданской области. Магадан, 1976. 13 с.
2. *Результаты геологоразведочных работ на нефть и газ в Анадырской впадине и задачи дальнейших исследований / Д.И.Агапитов, Ю.К.Бурлин, И.Е.Драбкин и др.* // Геология нефти и газа. 1970. № 8. С. 22–25.
3. *Агапитов Д.И., Вахрушкин Р.А., Иванов В.В.* Неогеновые отложения южной части Анадырской впадины // Геология и геофизика. 1971. № 8. С. 110–113.
4. *Агапитов Д.И., Иванов В.В., Крайнов В.Г.* Новые данные по геологии и перспективам нефтегазоносности Анадырской впадины // Тр. СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. 1973. Вып. 49. С. 23–39.
5. *Агапитов Д.И., Иванов В.В.* История тектонического развития Пенжинско-Анадырского района в позднем мезозое и кайнозое // Геотектоника. 1969. № 1.
6. *Новые данные о нефтегазоносности южной Чукотки / Д.И.Агапитов, В.В.Иванов, Ю.В.Мотовилов, И.И.Тютрин* // Геология и геофизика. 1983. № 10. С. 115–117.
7. *Новые данные о перспективах нефтегазоносности Северо-Востока СССР / Д.И.Агапитов, Ю.А.Косыгин, Ю.В.Мотовилов и др.* // Геология нефти и газа. 1983. № 3. С. 1–6.
8. *Архипов В.Е., Брызгалова Г.С., Иванов М.К.* Геологические предпосылки нефтегазоносности Анадырского и Наваринского бассейнов // Советская геология. 1989. № 1. С. 9–18.
9. *Находки битумов в рудопроявлениях ртути на Чукотке / П.В.Бабкин, Б.А.Клубов, А.Л.Сыромятников, Д.Н.Федотов* // Докл. АН СССР. 1980. № 2. С. 397–398.
10. *Белый В.Ф.* Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ РАН, 1994. 76 с.
11. *Бондаренко Г.Е.* Тектоника и геодинамическая эволюция мезозоид северного обрамления Тихого океана: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2004. 46 с.
12. *Бурлин Ю.К.* О связи нефтегазоносности с тектоникой и формациями на северо-западе Тихоокеанского тектонического пояса // Геотектоника. 1976. № 5. С. 101–107.
13. *Перспективы нефтегазоносности северо-восточной окраины СССР / Ю.К.Бурлин, В.В.Донцов, В.В.Иванов, Е.Н.Костылев.* М.: ВНИИОЭНГ, 1967. 97 с.
14. *Бурлин Ю.К., Донцов В.В., Новиков Н.К.* Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности Анадырской и Нижне-Хатырской впадин на Чукотке. М.: ВНИИОЭНГ, 1973. 51 с.
15. *Состав и строение продуктивных нижнемiocеновых отложений Анадырского бассейна / Ю.К.Бурлин, Е.Е.Карнюшина, Е.П.Свистунов, В.В.Донцов* // Геологические проблемы развития углеводородной и сырьевой базы Дальнего Востока и Сибири: Матер. науч.-практ. конф. СПб.: Недра, 2006. С. 182–185.

16. *Верба М.Л., Ермаков Б.В.* Геотектоническое районирование северо-западной части шельфа Берингова моря и прилегающих побережий // Геотектоника. 1976. № 2. С. 101–110.
17. *Гнибиденко Г.С., Сваричевский А.С.* Структура и перспективы нефтегазоносности акватории Берингова моря // Советская геология. 1974. № 1. С. 89–96.
18. *Донцов В.В.* Условия нефтеобразования в кайнозойских впадинах Анадырско-Корякского региона (на примере Анадырской и Нижне-Хатырской впадин): Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1972. 25 с.
19. *Ермолкин В.И.* Зональность нефтегазонакопления на платформенных территориях. М.: Недра, 1986. 190 с.
20. *Ермолкин В.И.* Генетические связи нефтегазообразования и нефтегазонакопления в земной коре // Тр. Гос. ун-та нефти и газа. 2006. С. 77–99.
21. *Иванов В.В.* Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Пенжинско-Анадырского района. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1967. 22 с.
22. *Иванов В.В.* Осадочные бассейны Северо-Восточной Азии / Ред. А.А.Трофимук. М.: Наука, 1985. 209 с.
23. *Иванов В.В., Клубов Б.А., Алтаева Н.В.* Нафтиды и нафтоиды Северо-Востока СССР // Тр. СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. 1979. Вып. 69. С. 182–200.
24. *Иванов В.В., Коришунов А.А.* Катагенетическая зональность пород Анадырской впадины и некоторые вопросы ее геологии // Геолого-геохимические особенности месторождений полезных ископаемых на Северо-Востоке СССР. Магадан, 1976. С. 169–181 (Тр. СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. Вып. 69).
25. *Иванов В.В., Москвин Я.Г.* Характер распределения битумоидов в мезозойских и кайнозойских отложениях юго-западного участка обрамления Анадырской впадины // Геология и геофизика. 1964. № 10. С. 30–34.
26. *Иванов В.В., Скуб А.И., Мохов А.Е.* Коллекторские свойства осадочных пород Анадырской впадины // Геология нефти и газа. 1975. № 7. С. 52–58.
27. *Иванов В.В., Пуцаровский Ю.М.* Тектоническое положение и особенности строения осадочных бассейнов на северо-западном обрамлении Тихого океана // Геотектоника. 1981. № 4. С. 5–19.
28. *Маргулис Л.С.* Строение осадочного чехла Анадырского НГБ. Опыт комплексного стратиграфического исследования // Геологические проблемы развития углеводородной и сырьевой базы Дальнего Востока и Сибири: Матер. науч.-практ. конф. СПб.: Недра, 2006. С. 352–360.
29. *Некрасов Г.Е.* Тектоническая природа Корякско-Камчатского региона и вопросы геодинамики складчатого обрамления севера Тихого океана // Геотектоника. 2003. № 6. С. 53–79.
30. *Некрасов Г.Е.* Палеоокеанические домены (системы структуры) Корякско-Камчатской области // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81. Вып. 5. С. 5–41.
31. *Нефтегазоносность осадочных бассейнов северо-западной части Тихоокеанского пояса* / Ред. Ю.К.Бурлин. М.: МГУ, 1991. 205 с.
32. *Оруджева Д.С., Обухов А.Н., Агапитов Д.Д.* Перспективы нефтегазопромысловых работ в Чукотском море // Геология нефти и газа. 1999. № 3–4. С. 5–13.
33. *Полудеткина Е.Н., Баженова О.К., Фадеева Н.П.* Геохимические характеристики органического вещества и нефтей Анадырского бассейна // Геологические проблемы развития углеводородной и сырьевой базы Дальнего Востока и Сибири: Матер. науч.-практ. конф. СПб.: Недра, 2006. С. 186–191.
34. *Соколов С.Д.* Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992. 182 с.

35. *Тектоника* зоны сочленения Верхоянско-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатых областей / С.Д.Соколов, Г.Е.Бондаренко, О.Л.Морозов, М.В.Лучицкая // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2001. Т. 76. Вып. 6. С. 24–41.
36. *Тиссо Б., Вельте Д.* Образование и распространение нефти. М.: Мир, 1981. 501 с.
37. *Филатова Н.И.* Периокеанические вулканогенные пояса. М.: Недра, 1988. 264 с.
38. *Шутилов Э.В.* Геотектонические предпосылки нефтегеологического районирования Беринговоморского региона // Освоение ресурсов нефти и газа морских месторождений. М.: ВНИИЭГазпром, 1983. Вып. 1. С. 1–5.
39. *Шутилов Э.В.* О некоторых особенностях размещения и строения осадочных бассейнов Берингова моря в свете современных геолого-геофизических исследований // Геология и геохимия горючих ископаемых. Вып. 59. 1983. С. 89–95.
40. *Шутилов Э.В.* Структурно-тектонические особенности и перспективы нефтегазоносности Берингова моря: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Львов: Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР, 1984. 26 с.
41. *Шутилов Э.В.* О грабен-рифтовой системе Чукотского моря // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1989. № 10. С. 96–107.
42. *Шутилов Э.В.* Новые элементы тектоники Чукотского моря // Докл. РАН. 1990. Т. 313. № 4. С. 926–930.
43. *Sources of zircons from Cretaceous and Lower Paleogene terrigenous sequences of the southern Koryak Upland and western Kamchatka / M.N.Shapiro, A.V.Soloviev, J.I.Garver, M.T.Brandon // Lithology and Mineral Resources. 2001. Vol. 36, № 4. P. 322–326.*
44. *New age data from the Lesnaya Group: a key to understanding the timing of arc-continent collision, Kamchatka, Russia / A.V.Soloviev, M.N.Shapiro, J.I.Garver, E.A.Shcherbinina, I.R.Kravchenko-Berezhnoy // The Island Arc. 2002. Vol. 11. P. 79–90.*
45. *Worall D.M.* Tectonic history of the Bering Sea and the evolution of Tertiary strike-slip basins of the Bering Shelf // Geological Society of America. Special Paper 257. 1991. 120 p. (3 sheets, scale 1:2500000).

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
В в е д е н и е .....	5
Тектоническое районирование .....	5
Стратиграфия .....	13
Коллекторские свойства пород .....	21
Катагенетическая зональность пород .....	26
Характеристика потенциально нефтематеринских пород .....	30
Месторождения углеводородов .....	32
Палеотектонический анализ и происхождение нефти месторождений Анадырской впадины .....	34
Интерпретация материалов сейсморазведки .....	38
Палеотектонические реконструкции мезозойско-кайнозойского этапа развития региона .....	44
Основные направления поисково-разведочных работ .....	47
В ы  в  о  д ы .....	48
Литература .....	49

## CONTENTS

	Page
Introduction .....	5
Tectonic zoning .....	5
Stratigraphy .....	13
Collecting properties of rocks .....	21
Katagenetic zonality of rocks .....	26
Characteristics of potentially oil-source rocks .....	30
Hydrocarbon deposits .....	32
The paleotectonic analysis and origin of oil from deposits of Anadyr depression .....	34
Interpretation of seismology prospecting materials .....	38
Paleotectonic reconstructions of mesozoic-cenozoic stage of the area development .....	44
Main directions of exploration .....	47
Conclusion .....	48
References .....	49

Научное издание

Михаил Петрович Антипов  
Григорий Евгеньевич Бондаренко  
Татьяна Олеговна Бордовская  
Эдуард Викторович Шпилов

**АНАДЫРСКИЙ БАССЕЙН**  
**СЕВЕРО-ВОСТОК ЕВРАЗИИ, БЕРИНГОВОМОРСКОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ**  
геологическое строение, тектоническая эволюция и нефтегазоносность

Технический редактор В.А.Ганичев  
Компьютерная верстка Н.Ю.Иванова

**Лицензия серия ЦД №00801 от 06 октября 2000 г.**

Подписано к печати 26.09.2008  
Формат бумаги 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic  
Усл.печ.л. 6.5. Заказ № 43. Тираж 150 экз.

---

*Российская Академия Наук*

Ордена Ленина Кольский научный центр им.С.М.Кирова  
184209, Апатиты, Мурманская область, Ферсмана, 14