

## ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ АНАДЫРСКОЙ ВПАДИНЫ В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ ЕЕ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ (СЕВЕРО-ВОСТОК ЕВРАЗИИ)

© 2009 г. М. П. Антипов<sup>1</sup>, Г. Е. Бондаренко<sup>1</sup>, Т. О. Бордовская<sup>1</sup>, Э. В. Шпилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., д. 7

<sup>2</sup>Мурманский морской и биологический институт Кольского научного центра РАН,  
183010, Мурманск, Владимирская ул., 17

Поступила в редакцию 5.09.2007 г.

В статье проведен анализ опубликованных данных по условиям осадконакопления, строению и тектонической эволюции в мезозое и кайнозое Анадырской впадины. Данные переосмыслены в контексте современных тектонических концепций о развитии северо-западной Циркум-Пацифики. Выполненный анализ позволил не только уточнить ряд положений и представлений о геологическом строении и тектонической истории региона, но также предложить основанный на новой концептуальной базе прогноз нефтегазоносности осадочного чехла впадины.

История формирования осадочного чехла Анадырской впадины неразрывно связана с тектонической историей региона. Рассматриваемая часть Чукотского полуострова в позднем мезозое развивалась на стыке Южно-Анжуйского бассейна океанического типа, окраины Азиатского континента и разновозрастных зон конвергенции вдоль границы Азиатского континента с Пацификой. В кайнозое преобладали условия сдвигообразования и импульсов растяжения преимущественно в связи с формированием орклинового изгиба структур северо-восточной Евразии и северо-западной Северной Америки на фоне аккреции террейнов вдоль зоны конвергенции с океаническими плитами Тихого океана.

В формировании чехла впадины можно выделить три основных этапа.

(1) После альб-сеноманского орогенеза в позднем мелу–раннем эоцене в условиях чередования обстановок пассивной и активной континентальной окраины сформировалась нижняя часть осадочного чехла. Переходный осадочный комплекс сеномана–нижнего эоцена приурочен главным образом к южной части Анадырской впадины (Майницкий и Лагунный прогибы).

(2) В среднем эоцене–олигоцене седиментация протекала на фоне растяжения и рифтинга в северной части палеовпадины и сжатия в ее южной части. Сжатие было обусловлено миграцией в северном направлении предгорного прогиба перед фронтом Корякского аккреционного орогена. Максимальные мощности эоцен-олигоценового осадочного комплекса фиксируются преимущественно в южной части впадины, а также в Центральном и Восточно-Анадырском прогибах.

(3) Среднемиоценовая активизация осадконакопления связана, главным образом, с процессами сдвигообразования и рифтогенеза. Миоцен-четвертичные осадки наиболее интенсивно накапливались в центральных и северных частях Анадырской впадины, а также в локальных присдвиговых депрессиях Центрального прогиба.

Анализ геолого-геофизических материалов подтверждает надвиговое строение южной части Анадырской впадины. Амплитуда перекрытия надвигами отложений Майницкого прогиба составляет первые десятки километров. Вертикальная мощность тектонически экранированных палеоген-неогеновых отложений в южной части Майницкого прогиба превышает 10 км.

Количественный прогноз объема эмиграции углеводородов из нефтематеринских толщ мела и палеогена свидетельствует о дисбалансе между эмигрировавшими и аккумулированными в ловушках, открытых в пределах Анадырской впадины, месторождений углеводородов.

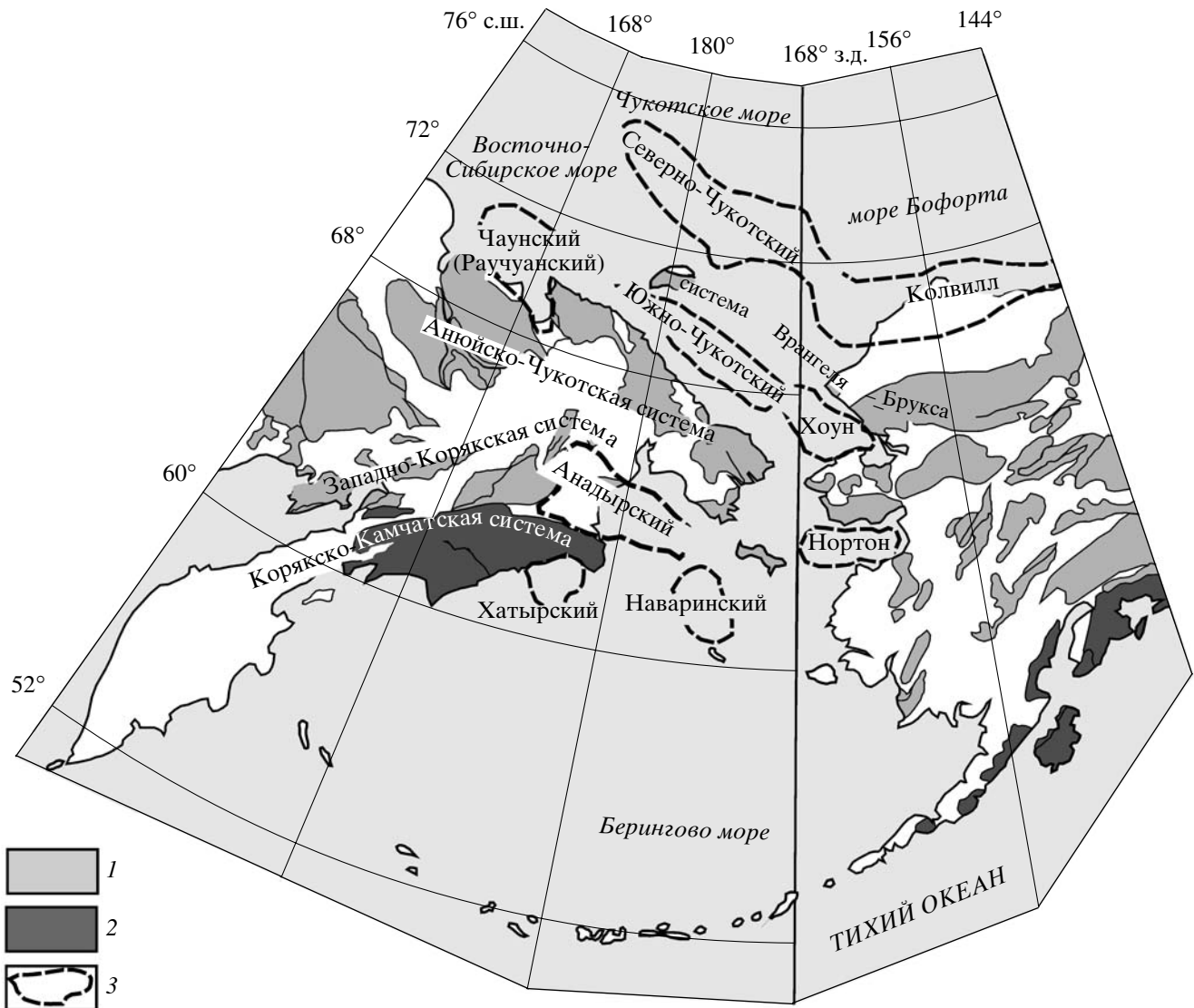
Наибольшие перспективы обнаружения новых месторождений углеводородов связаны с южной частью Анадырской впадины. Здесь вероятно обнаружение промышленных скоплений углеводородов в верхнемеловых, эоценовых и верхнеолигоцен-миоценовых поровых и трещинно-поровых коллекторах, локализованных в структурно-литологических ловушках поднадвигового типа.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблеме тектоники и нефтегазоносности Анадырской впадины посвящены публикации многих исследователей: Д.И. Агапитова, Д.Д. Агапитова, В.В. Иванова, М.Л. Вербы, Ю.К. Бурлина, В.Е. Архипова, Ю.Б. Гладенкова, Ю.М. Пушаровского, Э.В. Шпилова, А.П. Ставского, Е.Н. По-

лудеткиной, Л.С. Маргулиса и др. [1–9, 12–18, 21–27, 37–39]. Эти исследователи заложили основы современных представлений о тектонике, истории геологического развития, стратиграфии и нефтегазоносности Анадырской впадины.

Главная цель данной публикации заключается в том, чтобы уточнить место Анадырской впади-



**Рис. 1.** Местоположение Анадырской впадины в структуре позднемезозойских и альпийских складчатых сооружений северного обрамления Тихого океана

1, 2 – складчатые системы: 1 – позднемезозойского возраста, 2 – альпийского возраста; 3 – контуры осадочных бассейнов

ны среди меловых-кайнозойских осадочных бассейнов восточного сектора Арктики и на основании имеющихся геологоразведочных материалах, комплексного анализа условий тектонического развития, седиментации разработать непротиворечивую модель геодинамической эволюции впадины, а также сделать предположения о наиболее перспективных с точки зрения нефтегазоносности структурных элементах.

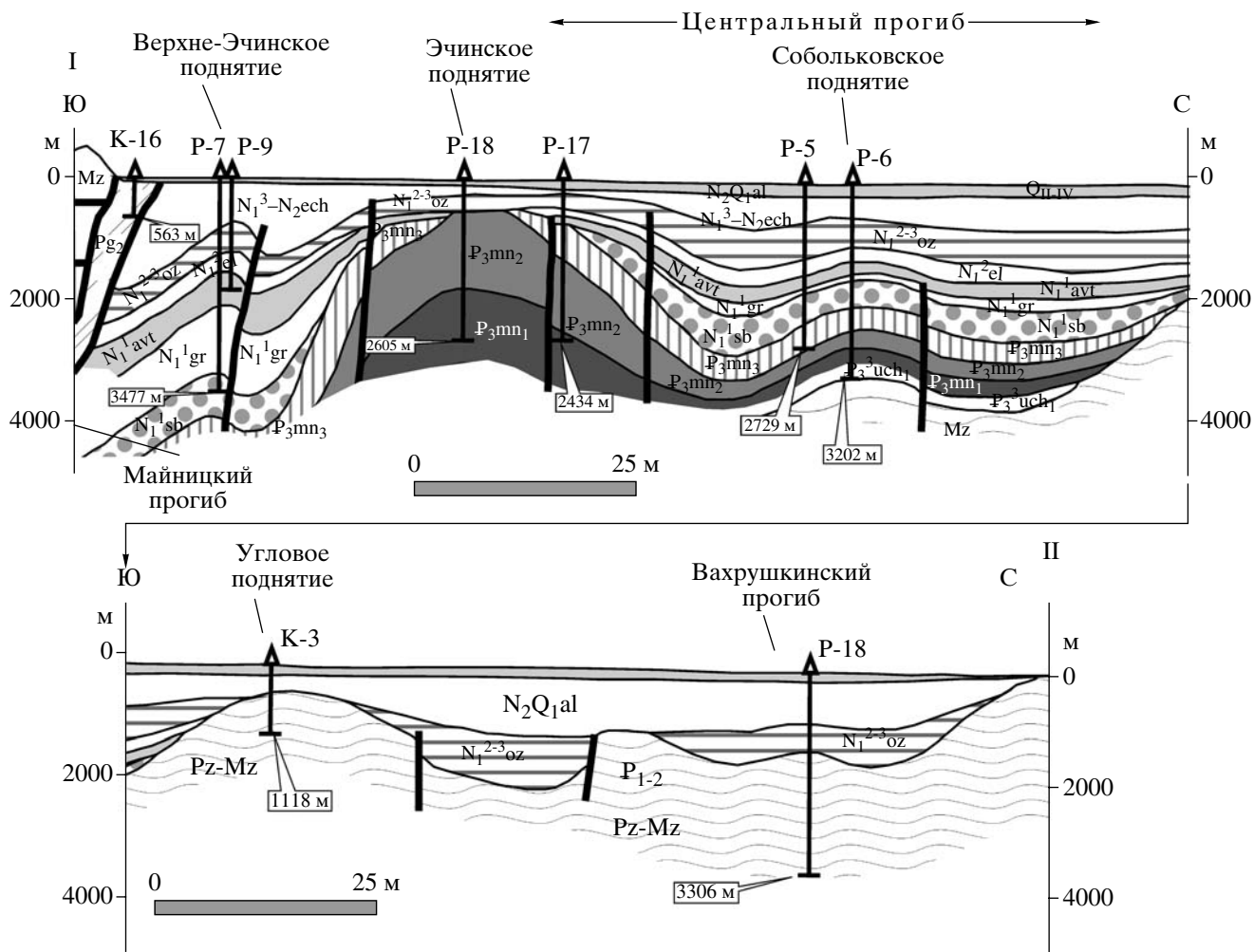
#### ТЕКТОНИКА ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА АНАДЫРСКОЙ ВПАДИНЫ

Анадырская впадина расположена на юго-востоке Чукотского полуострова и имеет акваторию

альное продолжение на шельфе Берингова моря (рис. 1). В поперечном сечении впадина характеризуется асимметричным строением: южный борт более крутой, а северный – более пологий (рис. 2). В структуре осадочного чехла выделяются система прогибов и поднятий, которые проявлены в распределении мощностей кайнозойских отложений и глубине залегания поверхности складчатого фундамента (рис. 3, см. рис. 2).

В сухопутной и шельфовой частях Анадырской впадины в направлении с юга на север выделяются следующие главные структурные элементы:

– прогибы южного борта – Майницкий, Лагунный, Центральный, Предрарыткинский;



**Рис. 2.** Схематический субмеридиональный геолого-геофизический профиль через Анадырскую впадину. Местоположение профиля показано на рис. 3

– поднятия – Туманское (разделяет Майницкий и Лагунный прогибы), Тымнинское (см. рис. 3);

– прогибы – Центральный и Восточно-Анадырский (осложнены системой локальных поднятий – Эчинское, Верхне-Эчинское, Озерное, Телекайское и др., к которым приурочены все известные на сегодняшний день месторождения нефти и газа [5]);

– система локальных поднятий северного борта (Кырганайское, Онеменское, Анаутское и др).

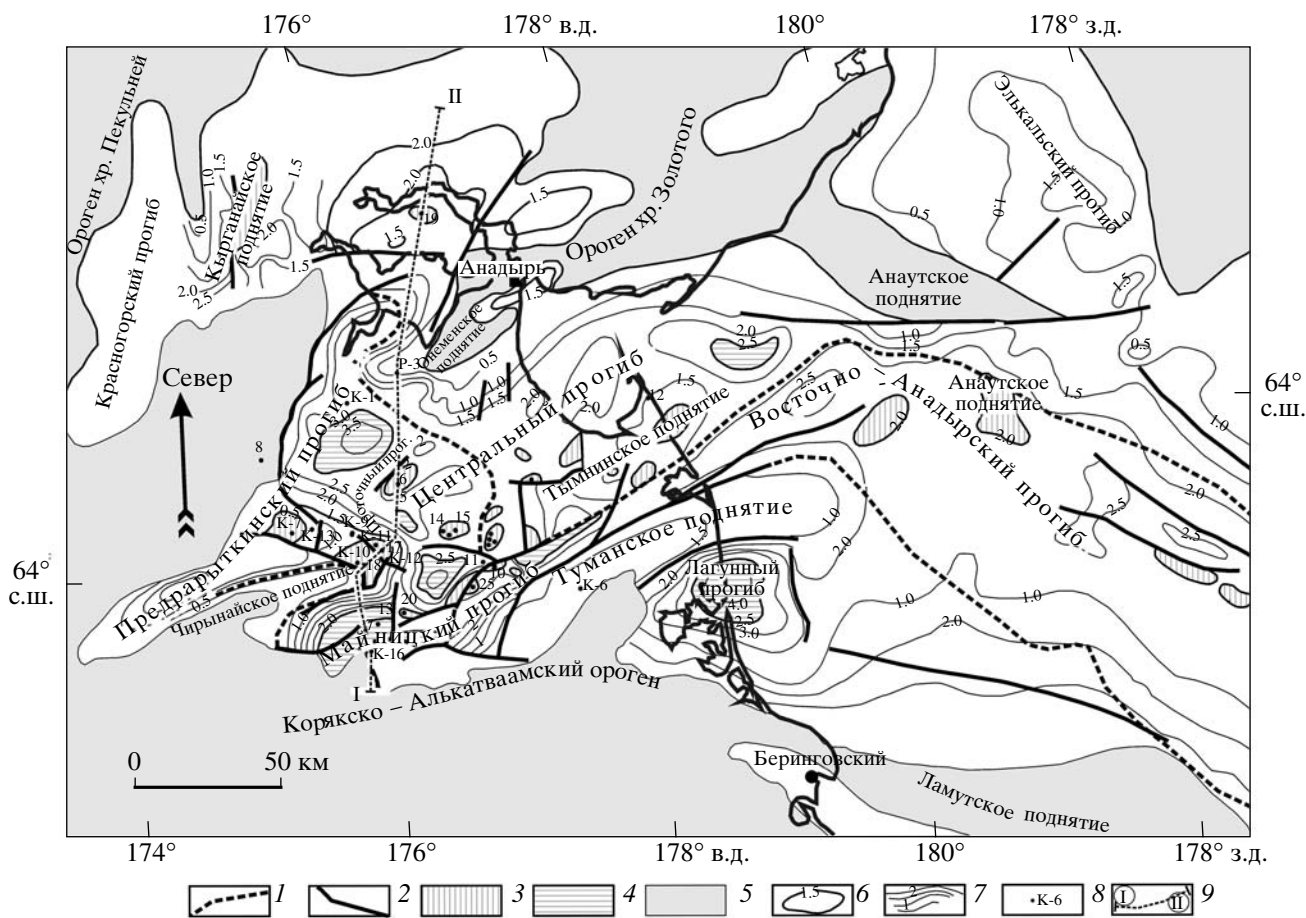
Мощность неоген-четвертичных отложений в пределах прогибов достигает 3500–4000 м, а в пределах поднятий сокращается до 500–1000 м (см. рис. 3).

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

Тымнинского поднятия, северный и южный борты Туманского горстообразного поднятия (см. рис. 3). Часть локальных положительных структур также имеют тектонические ограничения – Верхне-Эчинская, Телекайская и др. [31] (рис. 4, см. рис. 3).

В северном ограничении Анадырской впадины по геологическим и геофизическим данным фиксируются погружающиеся на север взбросы. В западном ограничении впадины фиксируются субвертикальные разломы предположительно сдвиговой кинематики. В центральной части впадины дислокации приурочены к субвертикальным разломам юго-западного (на суше) и юго-восточного (на шельфе) простирания. В южной части впадины по геофизическим данным на суше преобладают взбросы и надвиги северной vergentности.

Северный склон Центрального прогиба характеризуется моноклинальным залеганием слоев, осложненным малоамплитудными флексуобразными перегибами (рис. 5). Флексуры приурочены



**Рис. 3.** Схема тектонического районирования Анадырской впадины по Д.И. Агапитову и др.[2, 4, 22] с изменениями 1 – границы основных структурных элементов впадины; 2 – разломы; 3 – наиболее амплитудные поднятия; 4 – наиболее амплитудные прогибы; 5 – орогенические области; 6 – изопахиты меловых отложений; 7 – изопахиты неогеновых отложений; 8 – скважины и их номера; 9 – линия геолого-геофизического профиля, изображенного на рис. 2

ны к субвертикальным разломам сбросового типа, часть которых имеет конседиментационный характер (см. рис. 5). Разломы проникают в осадочный чехол, достигая отложений александровской свиты. Принятая в данной статье индексация и стратиграфическая привязка сейсмических отражающих горизонтов приведена в табл. 1.

*Осевая часть Центрального прогиба* (рис. 6) характеризуется наличием антиклинальных поднятий, которые наиболее четко фиксируются по кровле акустического фундамента (рис. 6 и 7 – восточная часть профиля), а также по кровле собольковской и гагаринской свит (см. рис. 7).

Признаки слоистой записи обнаруживаются в пределах переходного комплекса, а также, в меньшей степени, в верхней части акустического фундамента предположительно позднемиоценового возраста. Малоамплитудные субвертикальные разломы ограничивают локальные выступы фун-

дамента и избирательно проникают в нижнюю часть осадочного чехла (см. рис. 6).

*В Проточном прогибе* (см. рис. 3), разделяющем поднятия осевой зоны Центрального прогиба и поднятия перед северным фронтом Майницкого прогиба (Чирынайское поднятие на рис. 7), на склонах фиксируются стратиграфические несогласия в подошве озернинской, автактульской и майницкой свит.

*В Предарыткинском прогибе* (юго-западная часть Центрального прогиба) в западном направлении отмечается резкое воздымание кровли переходного комплекса и акустического фундамента, ограниченное разломами сбросового типа (рис. 8). Отчетливо проявлено уменьшение мощности осадочной призмы в западном направлении и несогласие в подошве озернинской свиты.

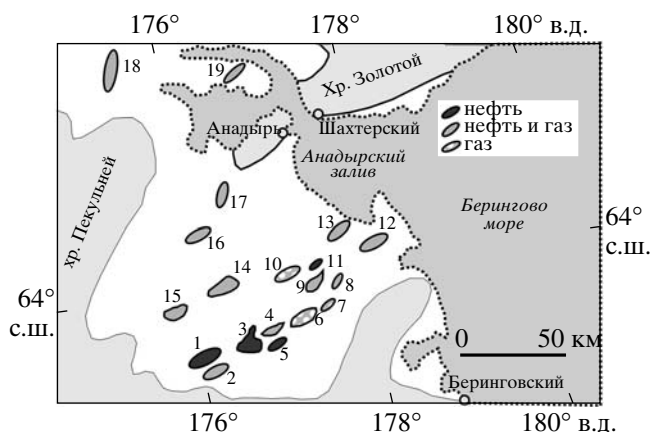
*Майницкий прогиб.* В южном направлении строение Центрального прогиба усложняется (рис. 9). Структура становится складчато-надвиговой.

Фронтальная (северная) часть надвиговых дислокаций ограничена Чирынайским поднятием, которое имеет форму рампового горста (антиклинали), с юга поднятие ограничено взбросами, а с севера – сбросами (см. рис. 9). В областях концентрации разломов фиксируются зоны потери корреляции с хаотическим характером сейсмической записи (выделены серым цветом на рис. 9).

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. 9). Не исключено, что в Майницком прогибе имеет место тектоническое сдвигание разреза осадочного чехла. Кровля акустического фундамента в изученной части Майницкого прогиба не фиксируется. Ольховая антиклинальная структура в западной части рис. 9 может интерпретироваться как аллохтонная, подстилаемая зоной надвигов.

Амплитуда надвигов в районе Майницкого прогиба, по данным Д.И. Агапитова с соавторами, оценивается в 30–40 км [7].

*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 соб-



**Рис. 4.** 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

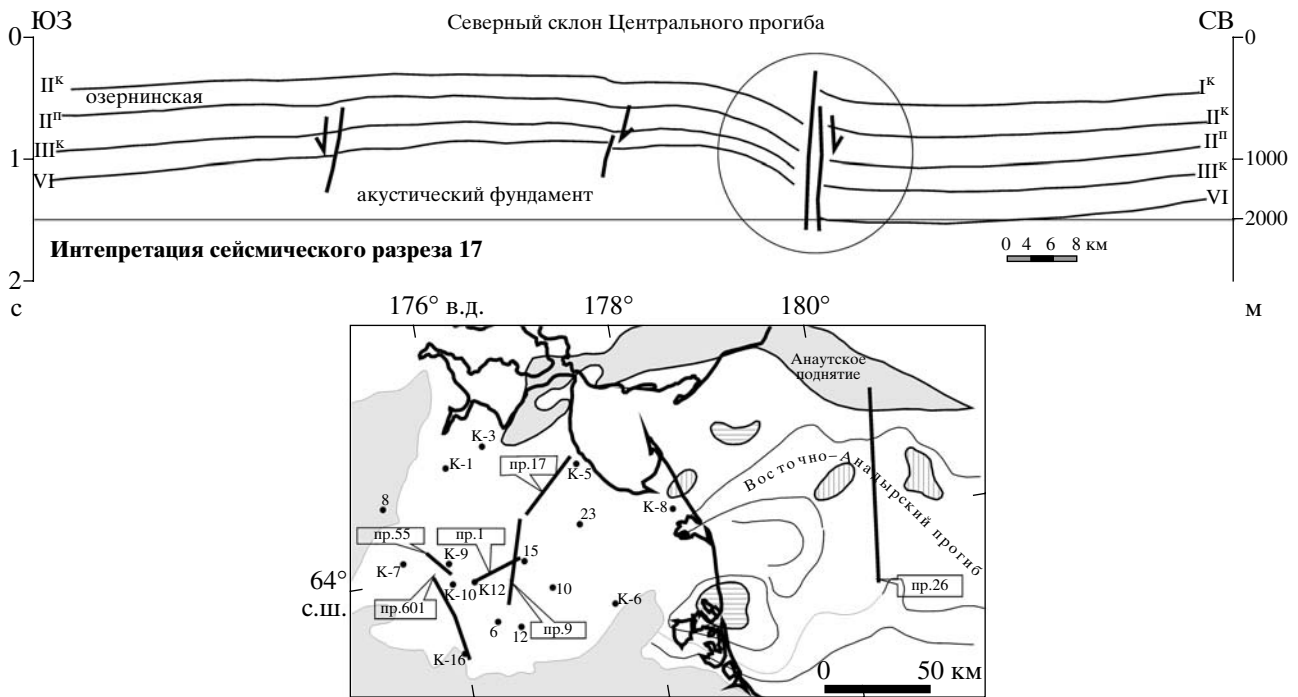
ственно Восточно-Анадырскому (на севере) прогибам (рис. 10).

В пределах северо-восточной части Туманского поднятия (см. рис. 10) мощность осадочного

**Таблица 1.** Индексация сейсмических отражений горизонтов осадочного чехла, переходного комплекса и акустического фундамента южной и центральной частей Анадырской впадины

Комплексы земной коры	Свита (толща)	Стратиграфический интервал	Индекс кровли/подшвы	Средняя пластовая скорость (м/с)
Осадочный чехол	александровская	$N_2-Q_1$	$I^1/I^2$	–
	эчинская	$N_{1-2}$	$I^3/I^4$	–
	озернинская	$N_1^{2-3}$	$II^k/II^п$	–
	елисеевская	$N_1^2$	$II^5/II^6$	–
	автактульская	$N_1^{1-2}$	$III^k/III^п$	<3000
	гагаринская	$N_1^1$	$IV^k/IV^п$	3000
	собольковская	$N_1^1$		4400
Переходный комплекс	майницкая	$P_3$	$V^k/V^п$	3800
Складчатый фундамент и нижний переходный комплекс	усть-чирынайская (ягельная)	$P_2$	VI	
	танюерерская (анадырская)	$P_{1-2}$		4200
	рарыткинская	$K_{2sm-m}$		4000
	нижний мел (берриас–альб)	$K_{1b-al}$		>4200

Примечание. Прочерк – нет данных.



**Рис. 5.** Геолого-геофизический разрез по профилю МОГТ через северный склон Центрального прогиба. В центральной части профиля (внутри круга) выделяется система сбросов, имеющих конседиментационную природу (мощности сейсмкомплексов в опущенном крыле сброса возрастают). На врезке показано положение основных используемых в данной статье сейсмических профилей в сухопутной и шельфовой частях Анадырского бассейна

чехла сокращается более чем в два раза. Переходный комплекс здесь, вероятно, частично размыт. Для зон разломов, ограничивающих с юга Туманское поднятие, более вероятен сдвиговый, а не надвиговый характер перемещений. На склонах поднятия фиксируется прилегание слоев и сокращение мощностей отложений верхнего олигоцена и нижнего миоцена, локальные несогласия, что может свидетельствовать о конседиментационном росте поднятия (см. рис. 10). Аналогичные формы фиксируются также на северном и южном склонах Восточно-Анадырского прогиба. В миоценовых отложениях южного склона Анаутского поднятия, вероятно, присутствуют клиноформенные тела, маркирующие южное направление сноса обломочного материала (см. рис. 10).

В шельфовой части бассейна не отмечено структур, сходных с Майницким прогибом как по мощности осадочной призмы, так и по стилю тектонических деформаций.

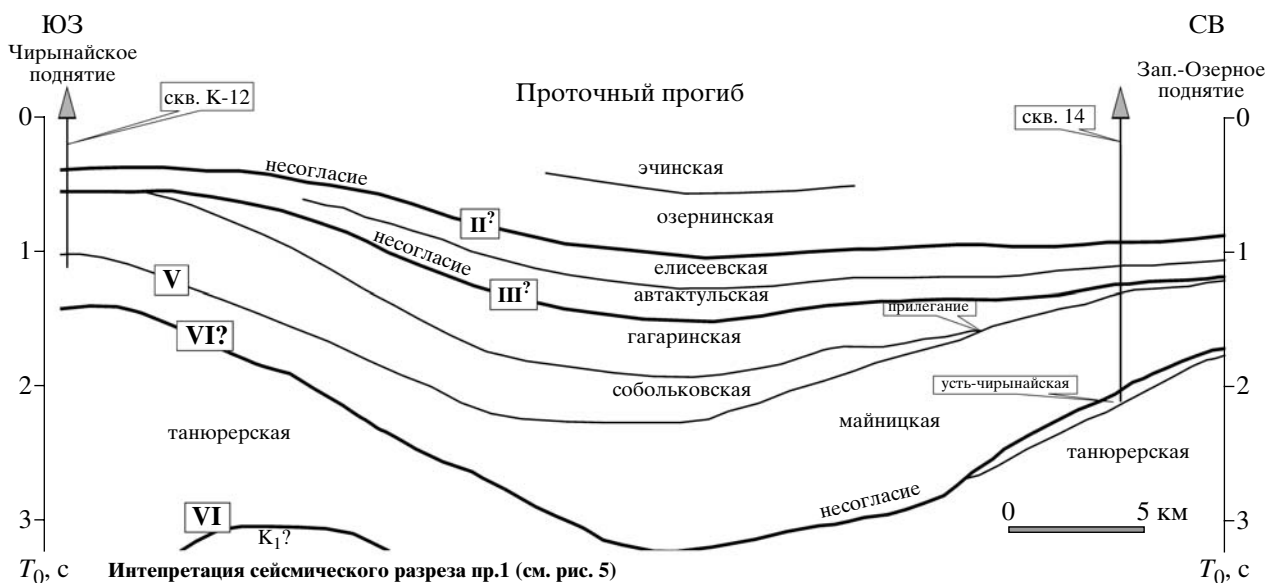
**СТРАТИГРАФИЯ**

На сегодняшний день не существует общепризнанной схемы стратиграфического разделения осадочного чехла Анадырской впадины. Обзор современных представлений проведен в работе Е.Н. Полудеткиной [33].

Наиболее дискуссионным является вопрос о возрасте самых древних отложений, входящих в состав осадочного чехла. В работах Д.И. Агапитова [5, 6], В.В. Иванова [22] и Ю.К. Бурлина [13] обосновывается среднеэоценовый возраст ниж-



**Рис. 6.** Геолого-геофизический разрез по субширотному профилю МОГТ через Западно-Озернинское поднятие. Местоположение профиля см на рис. 5. Интерпретация основных отражающих горизонтов: VI – кровля акустического фундамента (омолаживается в северном направлении); V – подошва верхней песчаной подсветы майницкой свиты (олигоцен); IV – подошва гагаринской и собольковской свит (нижний миоцен); П oz<sup>п</sup> – подошва озернинской свиты (средний миоцен); П oz<sup>к</sup> – кровля озернинской свиты (верхний миоцен); I ech<sup>к</sup> – кровля эчинской свиты (плиоцен)



**Рис. 7.** Геолого-геофизический разрез через Протоchnый прогиб. Жирные линии – поверхности несогласий. Вулкано-генные образования танюерской свиты могут рассматриваться как акустический фундамент (VI?). Местоположение профиля см. на рис. 5

ней части чехла (усть-чирьнайская свита). В работе [22] отмечается, что в основании этого крупного цикла осадконакопления не везде выделяется угловое несогласие. Это дало основание Л.С. Маргулису [28] предположительно включить в состав осадочного чехла отложения танюерской и ягельной свит палеоцен-раннеэоценового возраста.

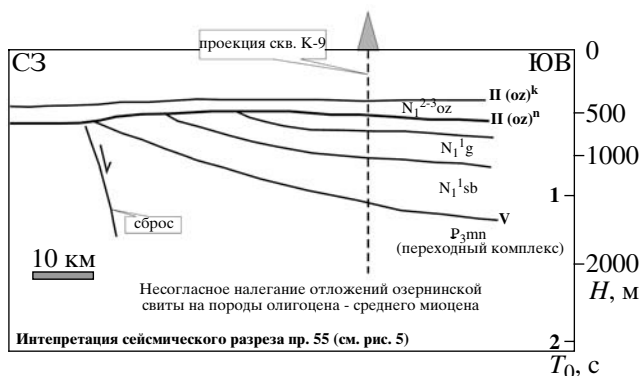
В работах Ю.Б. Гладенкова, Л.М. Гома, Е.Н. Полудеткиной и др. предполагается, что в составе чехла следует выделять верхнемеловой-палеоценовый переходный комплекс (рарыткинская свита и развитые в северной части впадины

ее угленосные возрастные аналоги). Данная точка зрения принята в настоящей статье.

Нижемеловые комплексы фундамента. Наиболее древние породы, вскрытые скважинами при бурении в Анадырской впадине, имеют раннемеловой 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 вулканогенно-терригенного нижнемелового разреза может превышать 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.

Выше с угловым несогласием и размывом 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 прослои и пачки пирокластических пород, которые отлагались через толщу воды. Этот осадоч-

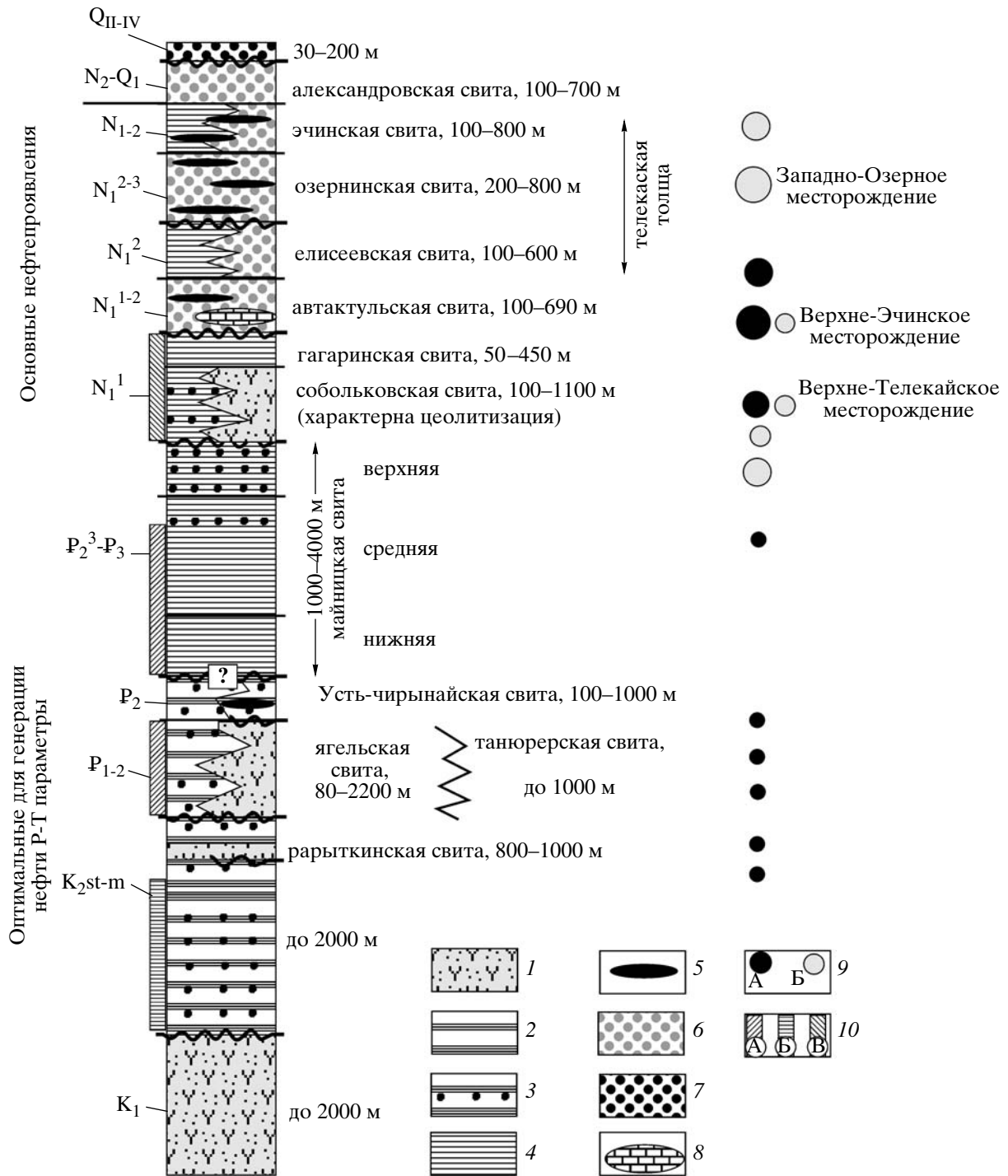


**Рис. 8.** Геолого-геофизический разрез по фрагменту профиля МОГТ Отчетливо выражено несогласие в подошве озернинской свиты (жирная линия). Местоположение профиля см. на рис. 5









**Рис. 11.** Сводная литолого-стратиграфическая колонка для меловых-кайнозойских отложений Анадырского бассейна. По [22] с изменениями и дополнениями

1 – терригенно-пирокластические породы; 2 – глинисто-алевритовые породы; 3 – глинисто-алевритовые породы с прослоями песчаников; 4 – преимущественно глинистые породы; 5 – прослой и линзы угля; 6 – преимущественно песчаники; 7 – конгломераты и брекчии; 8 – прослой и линзы известняков; 9 – проявления: А – нефти, Б – газа; 10 – основные нефтепроизводящие (А), нефте-газопроизводящие (Б) и газопроизводящие (В) толщи

изменяются от 240 до 1000 м и более. В южной части Анадырской впадины палеоцен-эоценовые морские отложения имеют терригенный состав – ягельная и усть-чирынайская толщи Западно-Озерной, Восточно-Озерной, Усть-Чирынайской, Верхне-Эчинской площадей и Майницкого прогиба мощностью от 700–900 м на юго-западе до 2200 м на юге. В акваториальной части впадины вскрыта верхняя часть палеогеновых отложений, литологически сходных с ягельной толщей.

Возраст палеогеновых отложений обоснован находками флористических, споро-пыльцевых и микрофаунистических остатков [28]. Датировки палеогеновых эффузивов К-Аг методом находят в интервале среднего эоцена – 44–67 млн. лет [28]. В основании разреза танюерской толщи фиксируется региональное угловое несогласие. Палеоценовая часть разреза порой оказывается размытой. Это связывается с эоценовыми складчатými деформациями в южном обрамлении Анадырской впадины [41].

*Комплексы собственно осадочного чехла.* Большинство исследователей включают в состав осадочного чехла отложения от верхнего эоцена до неоген-четвертичных [4, 8, 31] (см.рис. 11). Выделяется два крупных осадочных цикла, разделенные угловым несогласием и стратиграфическим перерывом: позднеэоцен-олигоценый (средне-позднеэоцен-олигоценый, по Ю.Б. Гладенкову) и миоцен-четвертичный.

*Позднеэоцен-олигоценый цикл* – терригенные отложения майницкой свиты распространены в центральной и южной частях Анадырской впадины.

Ранний подцикл 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 (скважина Р-18).

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

Поздний подцикл согласно с постепенным переходом надстраивает средний цикл и сложен средне- и мелкозернистыми глинисто-алевритовыми песчаниками. Песчаники иногда обогащены карбонатным веществом. Отмечаются прослои глинистых алевролитов. Мощность отложений верхнего цикла меняется от 150 м на севере до 500 м на юге впадины.

Вопрос о региональном характере несогласия на границе усть-чирынайской и майницкой свит дискуссионен, т.к. литологический состав обеих свит имеет много общего [7]. Это свидетельствует о том, что основным источником сноса с се-

верной части эоцена был Корякский ороген. В северном направлении состав отложений майницкой свиты становится более грубообломочным. На Вязкой площади разрез этой свиты представлен 50-метровой пачкой субконтинентальных конгломератов и песчаников [22].

*Неоген-четвертичный цикл.* Его породы распространены на всей площади Анадырской впадины. В основании неогенового разреза (собольковской свиты) фиксируется региональное угловое несогласие. Характерной особенностью отложений собольковской свиты является широкое развитие цеолитизации.

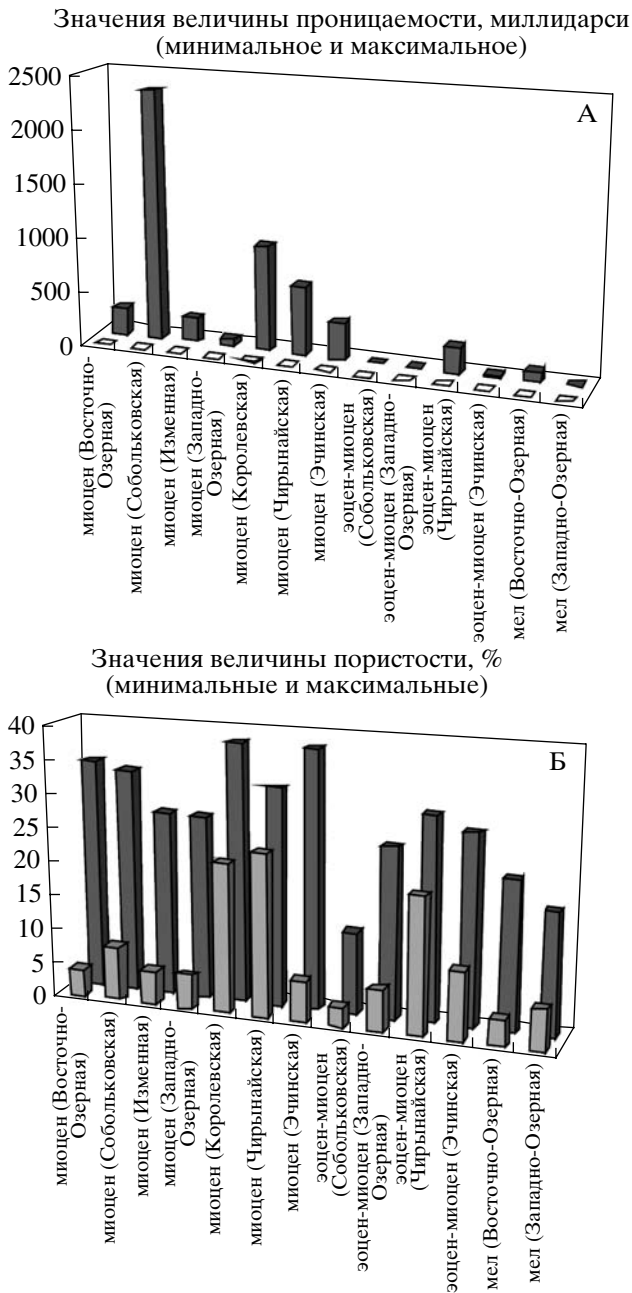
Отложения неогена накапливались в мелководно-морских, прибрежно-морских и субконтинентальных условиях. Стратиграфический разрез фациально изменчив. В составе неогенового осадочного цикла можно выделить три основных подцикла осадконакопления: нижний (собольковская и гагаринская свиты), отделенный несогласием и размывом средний (автактульская и елисеевская свиты) и верхний (озернинская, эчинская и александровская свиты).

Разрез собольковской свиты (нижний миоцен) в нижней части представлен мелкозернистыми песчаниками и гравелитами, а в верхней – переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. В центральной и южной частях Анадырской впадины преобладают тонкообломочные разновидности пород. На севере и северо-востоке преобладают песчаники с прослоями угля. В этом же направлении в разрезе возрастает доля пирокластических пород. Максимальная мощность отложений свиты до 1450 м (район Верхне-Телекского месторождения). В западном направлении мощность свиты достигает 900 м.

Гагаринская свита (нижний миоцен) состоит в северной части впадины из прибрежно-морских и лагунных песчано-алевритово-глинистых отложений с прослоями угля. В южном направлении разрез становится более глинистым. В районе Майницкого прогиба преобладают аргиллиты. Мощность отложений свиты достигает 1600 м в центральной (Верхне-Эчинское месторождение) и южной частях Анадырской впадины.

Автактульская свита (нижний–средний миоцен) соответствует автактульской и королевской толщам [5]. Разрез свиты сложен полимиктовыми песчаниками с прослоями алевролитов, известковистых песчаников и угля. Угленосность и мелководность отложений возрастает в северном направлении. Мощность отложений автактульской свиты варьирует от 60 м на севере до 690 м в центральной и южной частях впадины.

Елисеевская свита (средний миоцен) состоит из плохо сортированных песчаников и алевролитов с прослоями конгломератов. В южном направлении возрастает доля глинистых пород.



**Рис. 12.** Графики минимальных и максимальных значений проницаемости (А) и пористости (Б) для меловых, палеогеновых и миоценовых коллекторов Анадырской впадины (по [24] с изменениями)

Мощность отложений свиты меняется от 70 м до 330 м (на юге впадины).

Озернинская свита (средний–верхний миоцен) состоит из переслаивания полимиктовых песчаников и алевролитов с прослоями глин, известняков, известковистых песчаников, бурого угля. Мощность отложений озернинской свиты варьирует от 215 м на севере впадины до 615 м на юге.

Эчинская свита (верхний миоцен–плиоцен) сложена слабо литифицированными полимиктовыми песчаниками, переслаивающимися с алевролитами с прослоями глин и лигнитовых углей до 6.5 м мощности. Мощность отложений свиты меняется от 120 до 500–800 м (соответственно в центральной и южной частях впадины).

Отложения елисейской, озернинской и эчинской свит объединяются в телекайскую толщу [33].

Александровская свита (плиоцен–плейстоцен) присутствует в скважинах, пробуренных в северной и западной частях Анадырской впадины. Разрез свиты состоит из рыхлых песков, супесей, суглинков и глин с прослоями лигнитов. Мощность отложений меняется от 100 до 700 м. В южной части впадины в основании александровской свиты, по данным Ю.К. Бурлина, отмечается несогласие.

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

Для отложений майницкой свиты намечается два основных фациальных типа разрезов: на северо-востоке Майницкого прогиба (собольковско-изменный тип) и на западе (чирынайский тип). Коллекторские свойства чирынайского типа разреза существенно выше.

Зафиксированные в скв. Р-10, Р-11 притоки пластовых флюидов из отдельных горизонтов майницкой свиты в пределах собольковско-изменного типа разреза указывают на возможное развитие в них коллекторов трещинного или порово-трещинного типа, что подтверждается данными по керну. С чирынайским типом разреза следует, в первую очередь, связывать возможность обнаружения залежей в гранулярных коллекторах майницкой свиты [27].

Коллекторские свойства верхнемеловых песчано-алевролитовых пород невысокие (пористость 4–18%, проницаемость 0.1–7 мД), что зафиксировано в скв. К-6 и Р-15 (рис. 12). Эти данные согласуются с фактами получения притоков пластовых флюидов в скв. Р-15. Это позволяет предполагать наличие коллекторов трещинно-порового типа среди верхнемеловых пород [27].

### ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ПОРОД

Детальный анализ нефтематеринских пород дан в работах [4, 5, 7, 18, 22, 25, 32, 33]. Большинство авторов сходятся во мнении, что отложения среднего–верхнего миоцена находятся в температурных условиях, где возможна лишь биохимическая генерация газа.

Нижнемиоценовые преимущественно терригенные отложения собольковской свиты с гумусовым типом органического вещества обладают

низким, преимущественно газогенерирующим потенциалом.

Современные исследования свидетельствуют, что основными производящими углеводородов толщами являются ягельная и майницкая [33]. Невысокие показатели битуминозности, гумусовая специализация органического вещества свидетельствуют о невысоком вкладе ягельной толщи в генерацию жидких углеводородов. Наиболее перспективными для генерации жидких углеводородов являются глинистые отложения майницкой толщи [33].

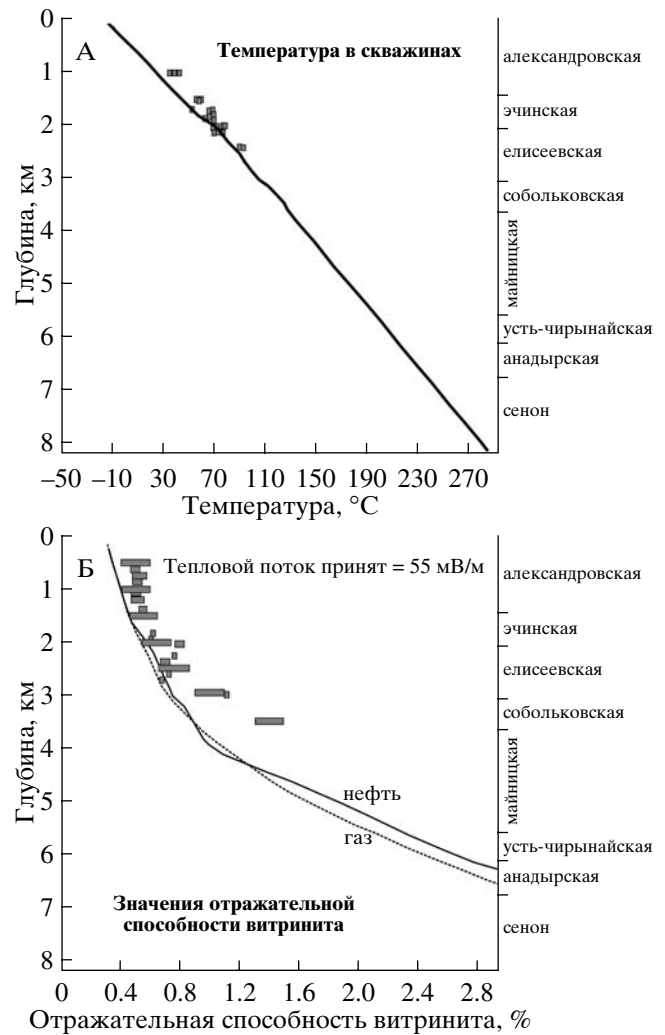
Нефтематеринский потенциал глинистых пород усть-чирынайской свиты подтверждается битумопроявлениями в скв. К-7 на Усть-Чирынайском поднятии. Здесь вся толща насыщена по микротрещинам аллохтонными битумоидами, а из туфов (интервал 802–806 м), непосредственно подстилающих глинистые образования, поднят керн с капельножидкой нефтью [5].

Высока вероятность присутствия нефтематеринских толщ в составе верхнемеловых отложений рарытчинской свиты Анадырской впадины. Косвенно это предположение согласуется с данными по Наваринскому бассейну, где 7 скважин вскрыли верхнемеловые отложения с высоким содержанием органического вещества. Верхнемеловые и палеоцен-эоценовые отложения центральной части Анадырской впадины расположены в условиях генерации легкой нефти и газоконденсата [22]. Эти утверждения справедливы для наиболее изученной бурением центральной части бассейна. В Майницком и Лагунном прогибах верхнемеловые, палеогеновые и неогеновые отложения находятся в принципиально иных термодинамических условиях. Неогеновые отложения здесь погружены до глубин 4.5 км и более. Их генерационный потенциал в этих условиях еще недостаточно изучен.

Анализ потенциально нефтематеринских пород позволяет предположить, что основной очаг нефтеобразования для сухопутной части Анадырской впадины пространственно тяготеет к району Майницкого прогиба [7].

### ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Методика анализа изменений во времени палеотектонических и геотермических условий в осадочном бассейне подробно изложена в работах [19, 20]. Суть методики заключается в том, что 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,



**Рис. 13.** Графики распределения современных температур (А) и значений отражательной способности витринита (Б) в скважинах Анадырской впадины

концентрация  $S_{орг}$ , 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 скважины К-16 Ольховой площади и скважинам на Верхне-Эчинской площади (табл. 2). На основании анализа стратиграфических данных по скважинам, материалов сейсмозаземки и с учетом геологических материалов по южному образованию Анадырской впадины выделены основные уровни стратиграфических несогласий, амплитуды поднятий и размывов (см. табл. 2).

Палеотектоническое моделирование было выполнено для северной части Майницкого прогиба в непосредственной близости от Верхне-

Таблица 2. Исходная информация для палеотектонического моделирования

Свита/серия	Возраст (млн. лет)	Глубина залегания подошвы (км)	Мощность (размыв) (м)	Литология (%)										палеобатим. (м)	Нефтематеринские		
				песчаники	алевриты	глины	мергели	известняки	доломиты	соль	ангидриты	уголь	туфы		Тип мерогена по Тиссо	общ. мощ. (%)	Сум. органич. С (%)
<b>Эрозия</b>	3.0		<b>-2500</b>														
Александровская	3.5	1450	1450	90	-	-	-	-	-	-	-	5	5	50	-	-	-
<b>Эрозия</b>	4.0		<b>-250</b>														
Эчинская	12.0	2050	600	60	-	30	-	-	-	-	-	10		50	-	-	-
Озернинская	14.0	2250	200	50	30	15	-	-	-	-	-	5		50	III	100	1.5
<b>Эрозии</b>	15.0		<b>-500</b>														
Елисеевская	17.0	2850	600	75	15	10	-	-	-	-	-	-	-	100	III	100	1.5
Автактульская	20.0	3050	200	10	80	10	-	-	-	-	-	-	-	100	III	100	1.5
<b>Эрозии</b>	21.0		<b>-500</b>														
Гагаринская	22.0	3250	200	70	15	-	-	-	-	-	-	15	-	150	-	-	-
Собольковская	24.5	3650	400	90	10	-	-	-	-	-	-	-	-	150	-	-	-
<b>Эрозии</b>	25.0		<b>-500</b>														
Майницкая верхняя	28.0	4125	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
<b>Эрозии</b>	45-42		<b>-650</b>														
Усть-Чирынайская	45.0	6150	600	60	10	25	-	-	-	-	-	-	5	50	II-III	100	2.0
<b>Палеоцен-эоцен</b>	60.0	6750	600	40		40	-	-	-	-	-	-	20	50	-	-	-
<b>Эрозия</b>	65-60		<b>-700</b>														
<b>Верхний мел</b>	90.0	8150	1400	15	50	35	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-

Примечание. Прочерк – отсутствие данного типа отложений или данных.

Эчинской структуры на основе сейсмопрофиля (см. линию ПТ на рис. 10).

Распределение современных температур в скважинах свидетельствует, что только палеогеновые и более древние отложения в настоящее время находятся в термических условиях, благоприятных для нефтегенерации (рис. 13,А). Распределение палеотемператур, основанное на данных по отражательной способности витринита, свидетельствует, что на протяжении геологиче-

ской истории в достаточной для нефтегенерации степени были прогреты отложения майницкой свиты и более древние образования. Миоценовые отложения, вероятнее всего, оказались “недогретыми” (см. рис. 13,Б).

Результаты моделирования прогрева толщ, заполняющих Анадырский осадочный бассейн, показаны на рис. 14. Кривые прогрева меловых-кайнозойских толщ во времени – тонкие ломаные линии. Жирные черные линии отражают степень

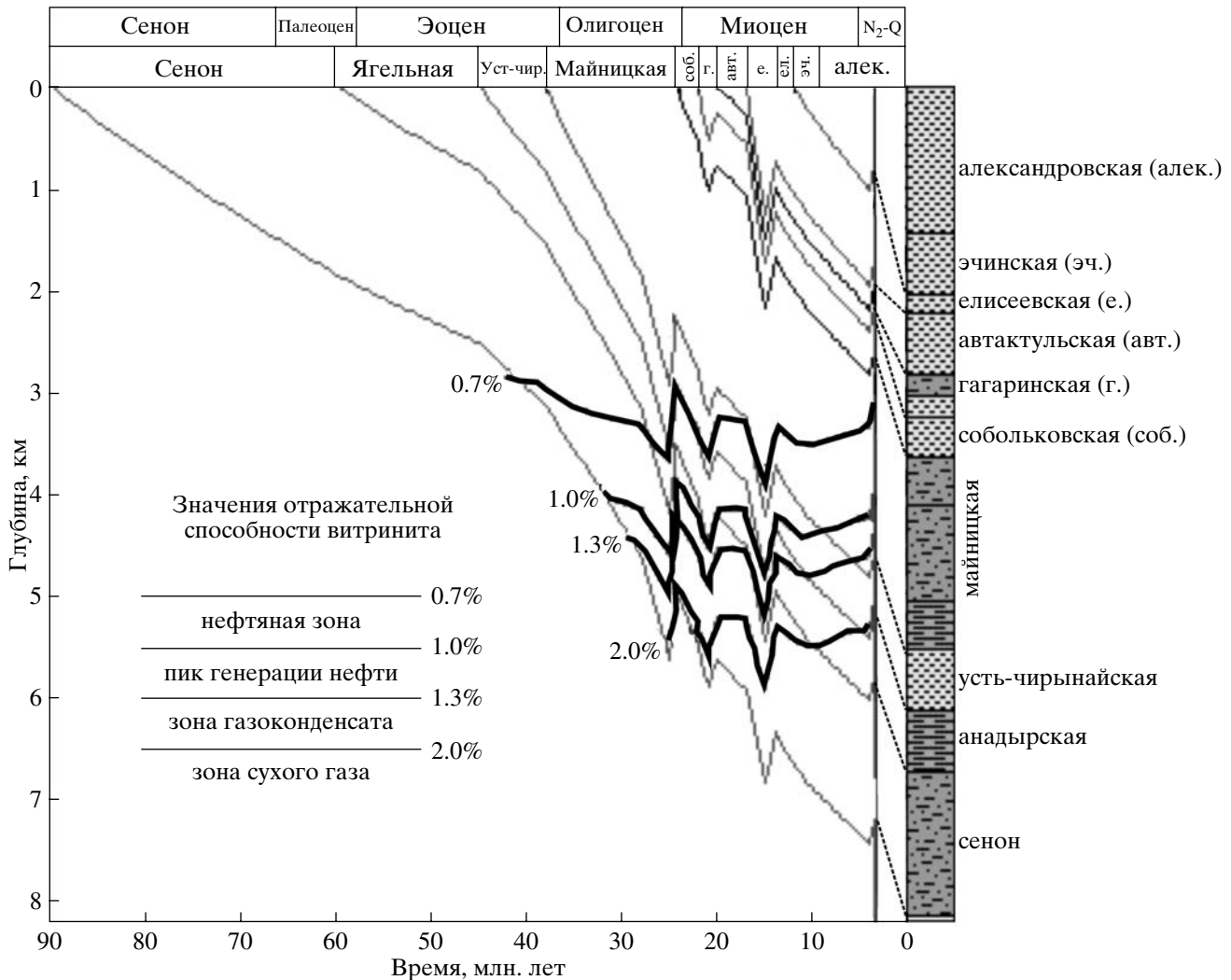


Рис. 14. Кривые прогрева меловых–кайнозойских отложений Анадырского бассейна

зрелости органического вещества толщ (значения отражательной способности витринита).

Главный вывод, который следует из модельных расчетов, – 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 [5, 31–33]. Для нефтей Озерной площади основными нефтематеринскими могут служить отложения палеоцена и эоцена; Усть-Чирыйской площади – эоцена; Изменной и Верхне-Эчинской площадей – олигоцена. Возможен незначительный вклад глинистых пород нижнего миоцена в

формирование нефти в миоценовых коллекторах Изменной и Верхне-Эчинской площадей.

Таким образом, есть основания предполагать, что в неогеновых отложениях в настоящее время происходит преимущественно метанообразование. В низах неогенового разреза начинается формирование тяжелых газов, которое, как и нефтеобразование, наиболее типично для отложений эоцена–олигоцена [33].

#### МОДЕЛЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ АНАДЫРСКОЙ ВПАДИНЫ

Осадочный чехол Анадырской впадины несогласно наложен на структуры трех разновозрастных складчато-надвиговых систем: альпийской Корякско-Камчатской на юге, позднемезозойских Западно-Корякской и Анюйско-Чукотской на западе и на севере соответственно (см. рис. 1). Гетерогенность фундамента в значительной сте-

пени предопределяет различия в строении нижних горизонтов осадочного чехла впадины.

Завершающая складчатость в пределах рассматриваемой части Западно-Корякского и Анюйско-Чукотского складчатых систем имела место в конце неокома (до позднего альба). Формирование Западно-Корякской системы связано с эволюцией мезозойской Удско-Мургальской зоны конвергенции между Азиатским континентом и океаническими плитами Мезо-Пацифики [29, 30, 33]. Западно-Корякская система состоит из террейнов активной окраины Азиатского континента и офиолитовых террейнов Пацифики.

Формирование Анюйско-Чукотской складчатой системы связано с эволюцией Южно-Анюйского океанического бассейна [11]. Анюйско-Чукотская система состоит из террейнов активной и пассивной окраины Азии, северного склона Аляски (Северной Америки) и офиолитовых террейнов Южно-Анюйского бассейна [11]. В барреме–апте в пределах Пекульнейско-Канчаланского сегмента Западно-Корякской системы, а также в пределах Анюйско-Чукотской системы широко проявились сдвиговые деформации.

В альбе–туроне территория обеих складчатых систем была охвачена растяжением и горообразованием. Это предопределило обширный снос обломочного материала как на юг – в пределы будущей Анадырской впадины, так и на север – в Южно-Чукотский и Северно-Чукотский прогибы.

Формирование широтной складчато-чешуйчатой структуры Алькатваамского сегмента Корякско-Камчатского складчатого сооружения (Наваринская ветвь, по Е.Н. Полудеткиной [33]) происходило в два этапа. В конце раннего мела (до позднего альба) этот южный (в современной структуре) борт Анадырской впадины был частью Западно-Корякской складчатой системы [29, 30, 33]. В позднем альбе–туроне здесь также возобладало растяжение и орогенез. 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, формировались флишевые отложения Укэлятского задугового прогиба. В среднем эоцене имело место их пространственное совмещение со структурами Алькатваамского сегмента Западно-Корякской системы. Причиной была коллизия азиатской окраины с Ачайваамской энсиматической дугой и обдукция слагающих ее образований на отложения Укэлятского флишевого прогиба [40, 41]. 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, в Лагунном прогибе. 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. Финальное орогеническое событие в пределах впадины имело место в середине миоцена и предопределило наличие регионального несогласия в автактульской свиты.

Меловые–эоценовые образования в современной структуре слагают складчатый фундамент и нижнюю часть чехла южной части Анадырской впадины (см. рис. 2). Система прогибов южной части Анадырской впадины имеет более древнее заложение, чем прогибы центральной и северной частей впадины.

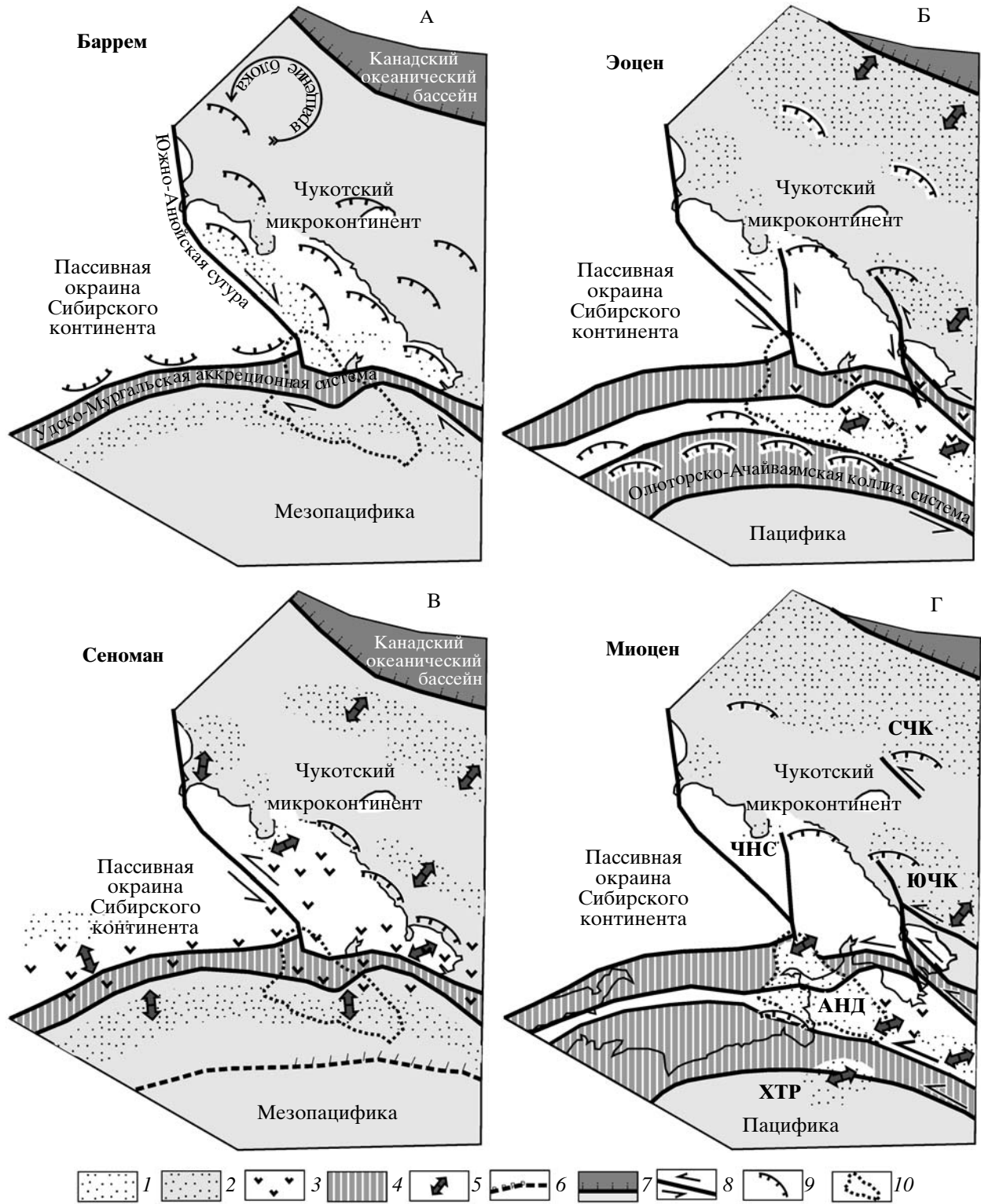
Таким образом, предлагаемая в данной статье модель строения и геодинамической эволюции обрамления и фундамента Анадырской впадины существенно отличается от модели, предложенной в работе [33].

## ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

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 крупного микроконтинента 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. 15,А). Этому предшествовало формирование системы тектонических покровов, перекрывших южную (в современных координатах) пассивную окраину Чукотского микроконтинента.

В барреме–апте перед северным краем Южно-Анюйской покровной системы формировались эпиконтинентальные бассейны терригенной седиментации (см. рис. 15,А). В это же время на юго-востоке (со стороны Мезопаацифики) окраина Си-

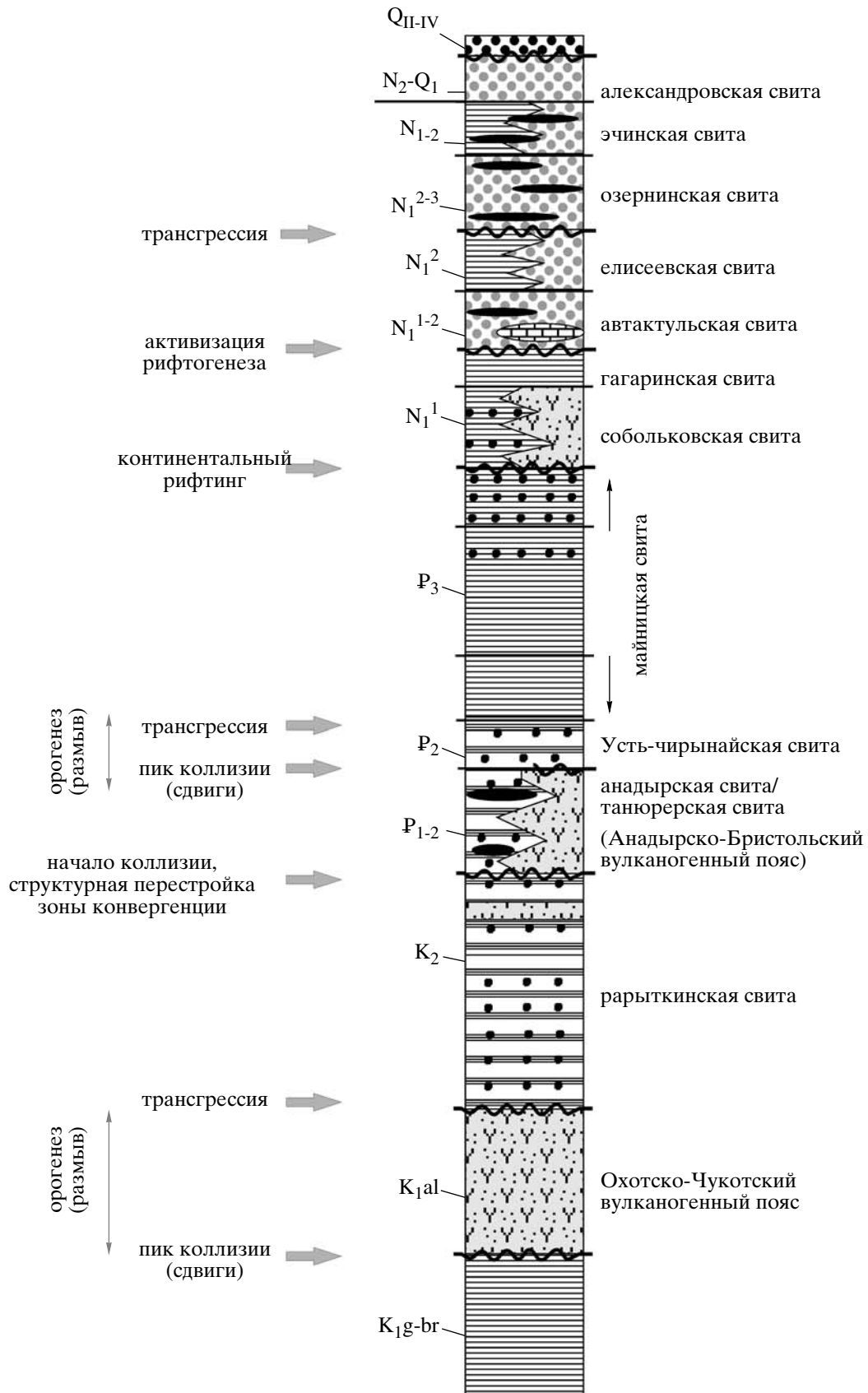




**Рис. 15.** Схематические палеотектонические реконструкции на барремский, сеноманский, эоценовый и миоценовый этапы развития структур, обрамляющих Анадырский бассейн

1, 2 – области терригенной седиментации: 1 – 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 взбросо-надвиговых дислокаций; 10 – граница Анадырского бассейна.

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



**Рис. 16.** Схема геологических событий в Анадырском бассейне  
Условные обозначения см. на рис. 11

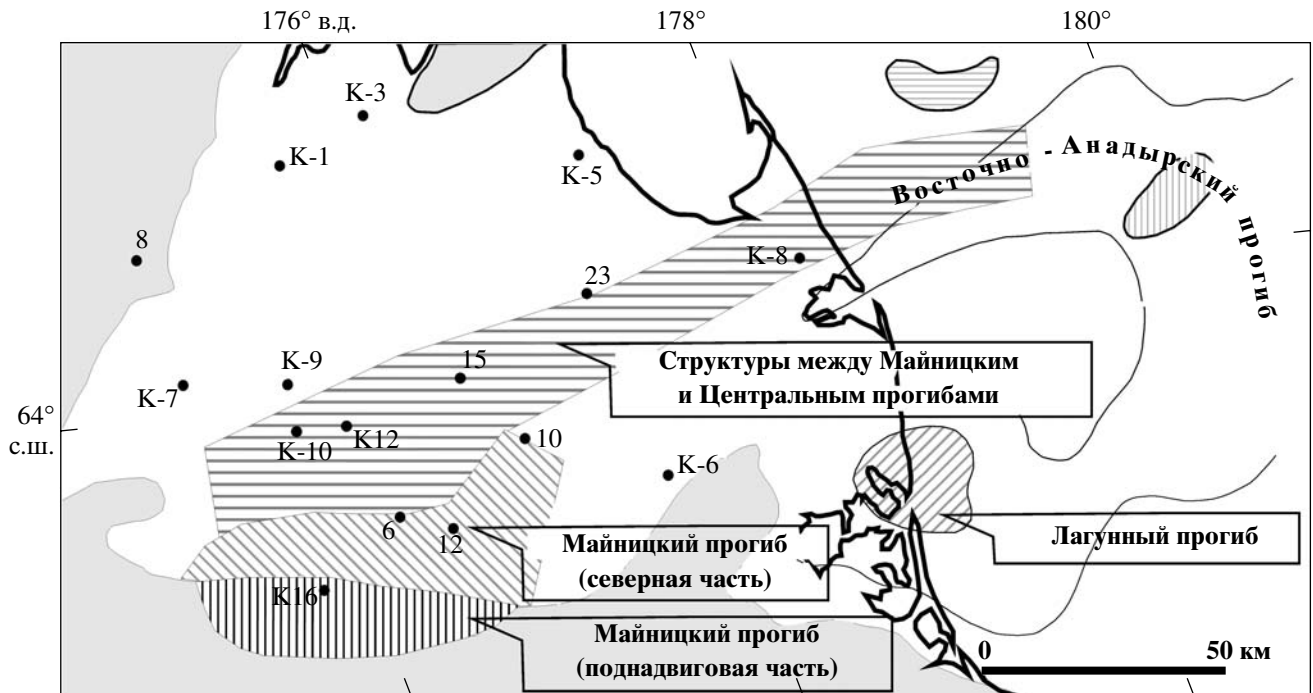


Рис. 17. Контуры площадей в Анадырском прогибе, для которых рассчитывались объемы генерации и эмиграции углеводородов (см. табл. 3)

бири испытала коллизию с Удско-Мургальской островодужной системой (см. рис. 15,А, рис. 16).

В альбе имела место перестройка системы зон конвергенции в северо-западном секторе Мезопацфики. 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 вулканогенно-терригенная седиментация имела место также вдоль тихоокеанской окраины Сибири (см. рис. 16,Б). В позднем мелу наблюдалась активная морская седиментация на южной (тихоокеанской) окраине Сибири (Укэлятский флишевый прогиб), в том числе в пределах Анадырского его сегмента.

На границе мела и палеогена, по данным М.Н. Шапиро и А.В. Соловьева [40, 41] фиксируется начало деформаций вдоль тихоокеанской окраины рассматриваемого сектора Сибири, связанный с ранними фазами коллизии с Олюторско-Ачайваемской островодужной системой (см. рис. 15,В). На ранних этапах коллизии в палеоцене–эоцене доминируют взбросо-надвиговые дислокации. В эоцене преобладали левые сдвиги запад – северо-западного простирания (см. рис. 15,В). Южная часть прото-Анадырского бассейна также была вовле-

чена в эоценовые деформации. Перемещения по сдвигам сопровождались формированием локальных зон растяжения (грабен), 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] (см. рис. 15,В). 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-Ачайваемской системе, началась трансгрессия моря. Активизировались субширотные и северо-западные сдвиги (см. рис. 15,Г). Причина этого кроется в формировании ороклинального изгиба северо-восточной Азии и северо-западной Северной Америки. К данной системе сдвигов приурочены многочисленные раздвиговые (рифтовые) бассейны, в том числе Хатырский и Наваринский.

Максимальное прогибание и максимальные мощности осадков накапливались в пределах будущего Центрального прогиба прото-Анадырского бассейна. Формировались мелководно-мор-

**Таблица 3.** Количественная оценка аккумуляции углеводородов в коллекторах автактульской свиты в пределах Майницкого и Лагунного прогибов южной части Анадырской впадины. Данные о масштабе генерации и эмиграции углеводородов из нефтематеринских пород палеоцена–миоцена взяты из работы [33]. Коэффициент аккумуляции принят 0.1. Генерационный потенциал танюерской и рарыткинской свит не учитывался

Структура и ее площадь (км <sup>2</sup> )	Плотность эмиграции нефти, млн. т/км <sup>2</sup>	Плотность эмиграции газа, млрд. м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>	Средняя мощность автактульской свиты, м	Объем пород автактульской свиты, млрд. м <sup>3</sup>	Средняя пористость, %	Объем открытой пористости пород автактульской свиты, млрд. м <sup>3</sup>	Объем открытой пористости коллекторов автактульской свиты, млрд. м <sup>3</sup> (коэффициент пористости = 0.3)	Расчетная нефтенасыщенность формации, %	Нефтенасыщенность ловушек, (объем формации/объем ловушек = 0.01)	Аккумуляция нефти в ловушках, млн т.	Аккумуляция газа в ловушках, млрд. м <sup>3</sup>
Майницкий прогиб (985)	7	5	400	394	15	59	17.7	0.061	61	<b>863</b>	<b>493</b>
Майницкий прогиб (поднадвиговая часть) (600)	14	10	800	480	12	58	17.4	0.06	60	<b>840</b>	<b>600</b>
Лагунный прогиб (490)	5	4	350	172	17	30	9	0.034	34	<b>245</b>	<b>196</b>
Структуры между Майницким и Центральным прогибами (1125)	3	3	200	225	20	45	13.5	0.031	31	<b>338</b>	<b>338</b>
Всего				1271		192				<b>2113</b>	<b>1627</b>

ские отложения собольковской свиты. Имел место локальный субаэральный вулканизм. Накопление осадков гагаринской, автактульской и елисеевской свит протекает в условиях периодических локальных поднятий и опусканий уровня моря. По-видимому, это связано с периодической активизацией сдвигов, оказывавшей влияние на палеорельеф (см. рис. 16).

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

#### 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 поиски структурно-литологических (клиноформенных) ловушек в северной (прианатской) части Восточно-Анадырского прогиба. Помимо миоценовых отложений, интерес могут представлять также коллекторы палеогена.

Основываясь на выводах Е.Н. Полудеткиной [33] о генерационном потенциале нефтематеринских толщ палеоцена–миоцена, был проведен расчет объемов эмиграции и аккумуляции нефти и газа для северной и южной (поднадвиговой) частей Майницкого прогиба, Лагунного прогиба, а

также структурной зоны между Майницким и Центральным прогибами (рис. 17). Результаты расчетов свидетельствуют, что в ловушках, сложенных коллекторами автактульской свиты миоцена, можно прогнозировать накопление 2113 млн. тонн жидких углеводородов и 1627 млрд. м<sup>3</sup> газообразных углеводородов (табл. 3). Суммарные запасы обнаруженных в структурах южной части Центрального прогиба и северной части Майницкого прогиба углеводородов на два порядка ниже. Это позволяет предположить вероятность существования еще неоткрытых залежей углеводородов, прежде всего в пределах южной поднадвиговой части Майницкого прогиба и в акваториальной части – в Восточно-Анадырском и Ламутском прогибах (см. табл. 3).

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 эоцена–олигоцена и, в меньшей степени, верхнего мела и палеоцена [7, 22, 31, 33]. Анализ геолого-геофизических и буровых материалов, а также проведенное моделирование условий седиментации и распределения палеотемператур в Анадырском прогибе 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 [42].

Авторы благодарны профессорам Ю.К. Бурлину и А.Е. Шлезингеру за консультации и критические замечания, канд. геол.-мин. наук М.В. Бордовской за обсуждение геохимических данных. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №05-05-64072, научной школы академика Ю.Г. Леонова, НШ 5508.2008.5.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агапатов Д.И., Бабкин П.В., Иванов В.В.* Результаты и направления нефтегазопоисковых работ в Магаданской области. Магадан. СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1976. 13 с.
2. *Агапатов Д.И., Бурлин Ю.К., Драбкин И.Е. и др.* Результаты геологоразведочных работ на нефть и газ в Анадырской впадине и задачи дальнейших исследований // Геология нефти и газа. 1970. № 8. С. 22–25.
3. *Агапатов Д.И., Вахрушкин Р.А., Иванов В.В.* Неогеновые отложения южной части Анадырской впадины // Геология и геофизика. 1971. № 8. С. 110–113.
4. *Агапатов Д.И., Иванов В.В.* История тектонического развития Пенжинско-Анадырского района в позднем мезозое и кайнозое // Геотектоника. 1969. № 1. С. 68–82.
5. *Агапатов 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.
6. *Агапатов Д.И., Иванов В.В., Мотовилов Ю.В., Тютрин И.И.* Новые данные о нефтегазоносности южной Чукотки // Геология и геофизика. Краткие и предварительные сообщения. 1983. № 10. С. 115–117.
7. *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.
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. *Бабкин П.В., Клубов Б.А., Сыромятников А.Л., Федотов Д.Н.* Находки битумов в рудопоявлениях ртути на Чукотке // Докл. АН СССР. 1980. № 2. С. 397–398.
10. *Белый В.Ф.* Геология Охотско-Чукотского вулканического пояса. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ РАН, 1994. 76 с.
11. *Бондаренко Г.Е.* Тектоника и геодинамическая эволюция мезозойского северного обрамления Тихого океана // Автореф. дис. ... д-ра 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. *Бурлин Ю.К., Донцов В.В., Иванов В.В., Костылев Е.Н.* Перспективы нефтегазоносности северо-восточной окраины СССР. М.: ВНИИОЭНГ, 1967. 97 с.
14. *Бурлин Ю.К., Донцов В.В., Новиков Н.К.* Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности Анадырской и Нижне-Хатыр-

- ской впадин на Чукотке. М.: ВНИИОЭНГ, 1973. 51 с.
15. Бурлин Ю.К., Карнюшина Е.Е., Свистунов Е.П., Донцов В.В. Состав и строение продуктивных нижнемиоценовых отложений Анадырского бассейна // Геологические проблемы развития углеводородной и сырьевой базы Дальнего Востока и Сибири. Сб. Материалов научно-практической конференции. 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 // Статьи выпускников кафедры. М., 2006. С. 77–99. (Тр. Государственного университета нефти и газа).
  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. Магадан, 1979. С. 182–200. (Тр. СВКНИИ. Вып. 69).
  24. Иванов В.В., Коршунов 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., Пуцаровский Ю.М. Тектоническое положение и особенности строения осадочных бассейнов на северо-западном обрамлении Тихого океана // Геотектоника. 1981. № 4. С. 5–19.
  27. Иванов В.В., Скуб А.И., Мохов А.Е. Коллекторские свойства осадочных пород Анадырской впадины // Геология нефти и газа. 1975. № 7. С. 52–58.
  28. Маргулис Л.С. Строение осадочного чехла Анадырского НГБ. Опыт комплексного стратиграфического исследования // Геологические проблемы развития углеводородной и сырьевой базы Дальнего Востока и Сибири. Сб. Материалов научно-практической конференции. СПб.: Недра, 2006. С. 352–360.
  29. Некрасов Г.Е. Тектоническая природа Корякско-Камчатского региона и вопросы геодинамики складчатого обрамления севера Тихого океана // Геотектоника. № 6. 2003. 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.: Изд-во МГУ, 1991. 205 с.
  32. Оруджева Д.С., Обухов А.Н., Агапитов Д.Д. Перспективы нефтегазопоисковых работ в Чукотском море // Геология нефти и газа. 1999. № 3–4. С. 5–13.
  33. Полудеткина Е.Н. Геохимические предпосылки нефтегазоносности Анадырского бассейна: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2007. 22 с.
  34. Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1992. 182 с.
  35. Соколов С.Д., Бондаренко Г.Е., Морозов О.Л., Лучицкая М.В. Тектоника зоны сочленения Верхоянско-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатых областей // 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. Шпилов Э.В. Геотектонические предпосылки нефтегеологического районирования Берингово-морского региона // Освоение ресурсов нефти и газа морских месторождений. М.: ВНИИЭГазпром. 1983. Вып. 1. С. 1–5.
  39. Шпилов Э.В. О некоторых особенностях размещения и строения осадочных бассейнов Берингова моря в свете современных геолого-геофизических исследований // Геология и геохимия горючих ископаемых. 1983. Вып. 59. С. 89–95.
  40. Шпилов Э.В. Структурно-тектонические особенности и перспективы нефтегазоносности Берингова моря: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: Институт геологии и геохимии горючих ископаемых АН СССР, 1984. 26 с.
  41. Shapiro M.N., Soloviev A.V., Garver J.I., Brandon M.T. Sources of zircons from Cretaceous and Lower Paleogene terrigenous sequences of the southern Koryak Upland and western Kamchatka // Lithology and Mineral Resources. 2001. Vol. 36. No 4. P. 322–326.
  42. Soloviev A.V., Shapiro M.N., Garver J.I., Shcherbiniina E.A., Kravchenko-Berezhnoy I.R. New age data from the Lesnaya Group: a key to understanding the timing of

arc-continent collision, Kamchatka, Russia // *The Island Arc*. 2002. Vol. 11. P. 79–90.

Bering Shelf // *Geological Society of America. Special Paper*. 257. 120 p. 3 sheets, scale 1 : 2500000.

43. *Worall D.M.* 1991. Tectonic history of the Bering Sea and the evolution of Tertiary strike-slip basins of the

*Рецензент: Ю.А. Волож*

## **Tectonic Evolution of the Anadyr Basin, Northeastern Eurasia, and Its Petroleum Resource Potential**

**M. P. Antipov<sup>a</sup>, G. E. Bondarenko<sup>a</sup>, T. O. Bordovskaya<sup>a</sup>, and E. V. Shipilov<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, 7 Pyzhevskii per., Moscow, 119017 Russia*

*e-mail: antipov@ginras.ru*

<sup>b</sup> *Murmansk Marine and Biological Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 17 Vladimirskaia ul., Murmansk, 183010 Russia*

Received September 5, 2007

**Abstract**—The published data on the sedimentation conditions, structure, and tectonic evolution of the Anadyr Basin in the Mesozoic and Cenozoic are reviewed. These data are re-examined in the context of modern tectonic concepts concerning the evolution of the northwestern Circum-Pacific Belt. The re-examination allows us not only to specify the regional geology and tectonic history, but also to forecast of the petroleum resource potential of the sedimentary cover based on a new concept. The history of the sedimentary cover formation in the Anadyr Basin is inseparably linked with the regional tectonic history. The considered portion of the Chukchi Peninsula developed in the Late Mesozoic at the junction of the ocean-type South Anyui Basin, the Asian continental margin, and convergent zones of various ages extending along the Asia–Pacific interface. Strike-slip faulting and pulses of extension dominated in the Cenozoic largely in connection with oroclinal bending of structural elements pertaining to northeastern Eurasia and northwestern North America against the background of accretion of terranes along the zone of convergence with the Pacific oceanic plates. Three main stages are recognized in the formation of the sedimentary cover in the Anadyr Basin. (1) The lower portion of the cover was formed in the Late Cretaceous–Early Eocene under conditions of alternating settings of passive and active continental margins. The Cenomanian–lower Eocene transitional sedimentary complex is located largely in the southern Anadyr Basin (Main River and Lagoonal troughs). (2) In the middle Eocene and Oligocene, sedimentation proceeded against the background of extension and rifting in the northern part of the paleobasin and compression in its southern part. The compression was caused by northward migration of the foredeep in front of the accretionary Koryak Orogen. The maximum thickness of the Eocene–Oligocene sedimentary complex is noted mainly in the southern part of the basin and in the Central and East Anadyr troughs. (3) The middle Miocene resumption of sedimentation was largely related to strike-slip faulting and rifting. In the Miocene to Quaternary, sedimentation was the most intense in the central and northern parts of the Anadyr Basin, as well as in local strike-slip fault-line depressions of the Central Trough. Geological and geophysical data corroborate thrusting in the southern Anadyr Basin. The amplitude of thrusting over the Main River Trough reaches a few tens of kilometers. The vertical thickness of the tectonically screened Paleogene and Neogene rocks in the southern Main River Trough exceeds 10 km. The quantitative forecast of hydrocarbon emigration from Cretaceous and Paleogene source rocks testifies to the disbalance between hydrocarbons emigrated and accumulated in traps of petroleum fields discovered in the Anadyr Basin. The southern portion of the Anadyr Basin is the most permissive for the discovery of new petroleum fields in the Upper Cretaceous, Eocene, and Upper Oligocene–Miocene porous and fracture–porous reservoir rocks in subthrust structural and lithological traps.