

УДК 551.77.02(268.53)

Дмитриева Т.В.Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ), Санкт-Петербург, Россия ins@vnigri.spb.su

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ШЕЛЬФОВЫХ МОРЕЙ РОССИИ

В статье на примере формирования кайнозойского разреза моря Лаптевых представлена попытка создания комплексной стратиграфической основы осадочного чехла. В отсутствие морских буровых разрезов ее главными составными элементами являются реперные уровни сейсмических профилей, датированные в соответствии с абсолютной геохронологической шкалой; литостратиграфические комплексы, выделенные по сейсмическим данным и результатам изучения кайнозойских свит сопредельных районов суши и акваторий; биостратиграфическая шкала, синтезированная по материалам опорных разрезов и включающая споро-пыльцевые комплексы и микрофаунистические зоны, предполагаемые в разрезе Лаптевского шельфа. Опорными коррелятивными уровнями являются хронологически датированные реперные горизонты LS1-3 и три событийно-биостратиграфических уровня.

Ключевые слова: стратиграфия, биостратиграфическая шкала, кайнозой, осадочный чехол, шельф моря Лаптевых.

В связи с тем, что основные перспективы поисков новых крупных нефтегазоносных районов связываются с подводными окраинами континентов и континентальным склоном (высокая перспективность осадочных бассейнов шельфов на нефть и газ уже доказана бурением и в настоящее время они дают около 30% мировой добычи нефти) [Граumberг, 1998а, 1998б] возникает необходимость в дальнейшем детальном геологическом изучении осадочного чехла шельфовых морей России. Важную роль в таком изучении занимает создание надежной стратиграфической основы. Существенные различия в возрасте, строении и составе осадочного чехла окраин континентов, а также степени его изученности сейсмикой и бурением, накладывают свои определенные особенности на комплекс методик, применяемый для достоверной стратификации отложений в каждом конкретном бассейне.

Специфика морских геологоразведочных работ состоит в активном использовании геофизических методов. Модели осадочных образований в основном строятся на основе интерпретации сейсмических данных. Примером таких построений служат сеймостратиграфические модели для осадочного чехла восточноарктического шельфа России (рис. 1).

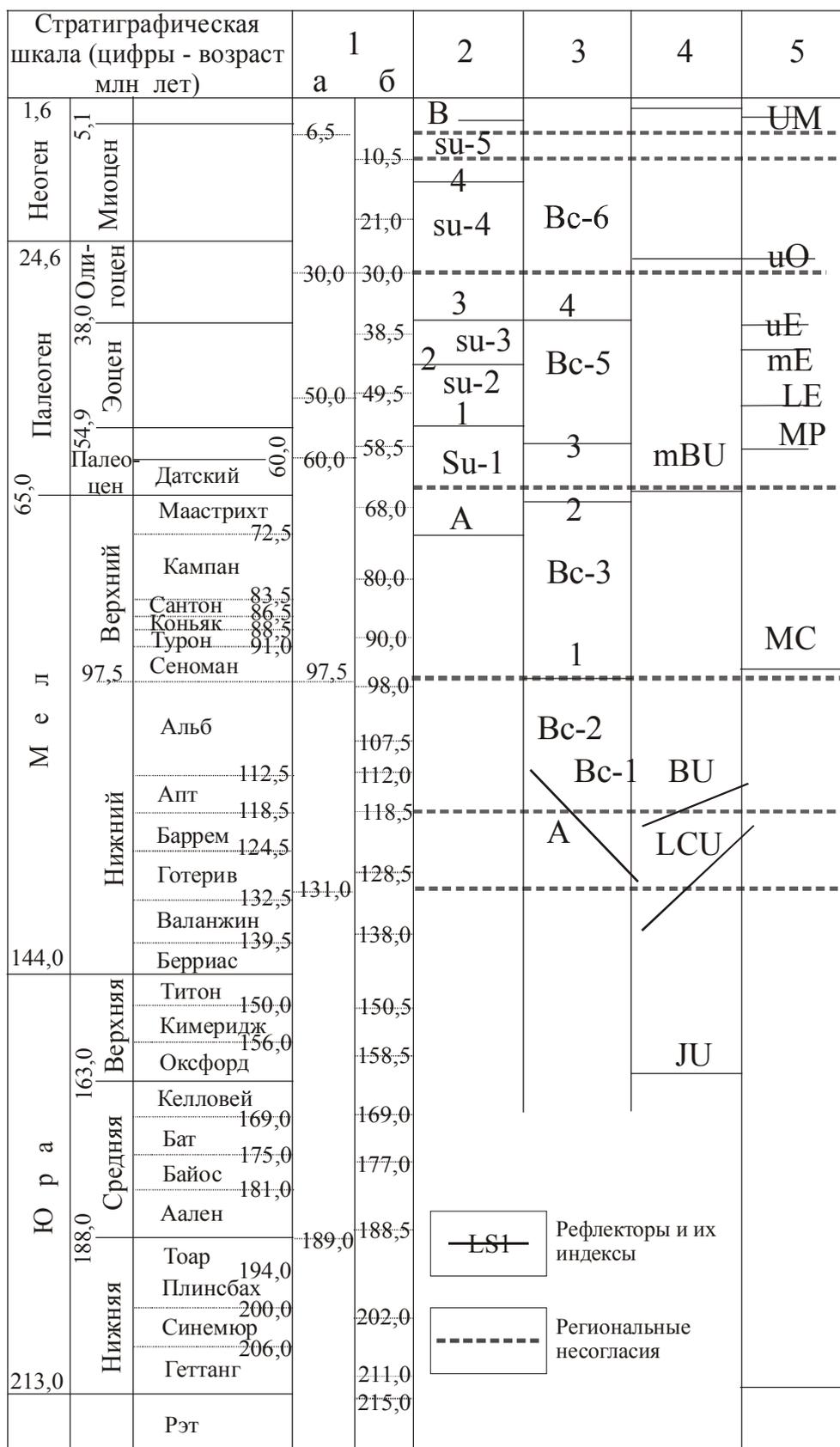


Рис. 1. Сопоставление сейсмостратиграфических моделей [Косьюко, 2005]

Колонки: 1 - эвстатические суперциклы (а. Vail и др., 1977; б. Наг и др., 1987); 2 - восток моря Лаптевых (Drachev et al., 1998); 3 - запад Восточно-Сибирского моря (Драчев и др., 2001); 4 - восток Чукотского моря (Sherwood и др., 2002); 5 - море Бофорта (Dixon, 1995)

Точность возрастной индексации сейсмостратиграфических горизонтов зависит от многих факторов, основным из них является наличие глубоких скважин на акватории с выходом керна. Кроме анализа данных морского бурения, необходим анализ литологических и палеонтологических материалов из разрезов сопредельных районов суши и акваторий, знание истории геологического развития морей, палеогеографии, стратиграфии, тектоники региона, глобальных эвстатических событий, региональных перерывов в осадконакоплении и т.д. Немаловажен обоснованный выбор групп фауны и флоры для микропалеонтологического анализа. Поскольку одной из важнейших черт окраин континентов является значительное преобладание морских отложений (до 80-90%) [Историко-геологические предпосылки..., 1989] на первое место по значимости в палеонтологических исследованиях выходят морские микроорганизмы: фораминиферы, диноцисты и др. Однако, например, на юге Баренцева моря - в акватории печорского шельфа триасовые отложения осадочного чехла представлены преимущественно континентальными и переходными фациями, и стратификация толщи успешно проводится на основе палинологического анализа – по остаткам древних спор и пыльцы [Репин и др., 2007]. Юрско-нижнемеловые отложения Баренцева моря представлены морскими фациями и наиболее стратиграфически важными группами становятся морские микроорганизмы [Репин и др., 2007]. Примером обоснованной стратиграфической схемы морских отложений, построенной на данных био- и сейсмостратиграфии, является схема нефтегазоносного бассейна Бофорта-Маккензи в Арктической Канаде [McNeil, 1989, 1990], где бурением вскрыта мощная толща морских, прибрежно-морских и дельтовых осадков. Комплексные лито-, сейсмо- и биостратиграфические исследования позволили восстановить почти непрерывную геологическую историю этого района от границы с мелом до голоцена (рис. 2).

При отсутствии морского бурения на акваториях возникают большие сложности при составлении стратиграфических схем для акваторий. Таким примером является создание стратиграфической основы для осадочного чехла моря Лаптевых [Дмитриева, 2008].

Недостаточная изученность моря Лаптевых проявляется в недоизученности и многовариантности интерпретации его геологического строения и нефтегазоносности. Основу предшествующих построений составляли результаты региональных сейсмических работ, трактовка которых была неоднозначной.

Обозначились две точки зрения относительно строения фундамента и чехла региона:

- 1) наличие позднекиммерийского складчатого основания по периферии и древнего в основной части шельфа; 2) повсеместное существование киммерийского фундамента.

МЛН лет	Возраст		Формации	Секвенции	Циклы транс. регрес.	Комплексы форманифер	События	
	Q							
10	Плиоцен	В	Nuktak	Iperk		Criboelphidium	- континентальное Арктическое оледенение - открывается Берингов пролив	Фаза Арктического океана
		Н					} Главное изменение фауны Низкое стояние моря	
	Миоцен	В		Акпак				
		С	Mackenzie Bay	Mackenzie Bay				
		Н						
		В						
30	Олигоцен	В	Kugmallit	Kugmallit		Recurvoides	} КЛИМАТИЧЕСКИЙ МАКСИМУМ ОЛИГОЦЕНА главная фаунистическая перестройка значительный спад температуры Низкое стояние моря	
		Н						
40	Эоцен	В	Richards	Richards		Haplophragmoides	} - главная трансгрессия моря - кульминация главной фазы Брукской деформации (Brookian deformation)	Фаза Арктического залива
		С	Reindeer	Taglu		Portatrochammina		
	Н					КЛИМАТИЧЕСКИЙ МАКСИМУМ ПАЛЕОГЕНА		
	В	Ministicoog Mbr.	Aklak			Reticulophragmium	- главная трансгрессия моря	
60	Палеоцен	В	Moose Channel	Fish River		Verneullinoides		
		Н						

Рис. 2. Обобщенная стратиграфическая схема палеоген-неогеновых отложений бассейна Бофорта-Маккензи (Beaufort-Mackenzie Basin) [McNeil, 1990]

Первая точка зрения подробно изложена в многочисленных работах [Иванова, Секретов, Шкарубо, 1989а, 1989б; Ким, Яшин, 1995; Ким, 1998; Лазуркин, 1998; Секретов, 1998; Кравченко, 2003; Кравченко, Иванова, 2003; *Геология и полезные...*, 2004].

Второй вариант интерпретации геолого-геофизических данных был предложен С.С. Драчевым (1998, 2000); В.А. Виноградовым (2000); D. Franke, K. Hinz (2001) и др. [Drachev et al., 1998; Виноградов, Драчев, 2000; Драчев, 2000а; Драчев, 2000б; Franke, Hinz, Oncken, 2001], а также Ю.В. Горячевым (2006).

Особенно большое значение для разработки последней новейшей точки зрения имели результаты сейсмических исследований МОГТ высокой кратности, проведенных Федеральным институтом Германии (BGR) и трестом «Севморнефтегеофизика». В результате на шельфе моря Лаптевых было обосновано наличие молодого (позднекиммерийского) фундамента и, соответственно, молодого (KZ или K₂-KZ) осадочного чехла. Базой для этого наряду с сейсмическими и другими геофизическими материалами послужил анализ геологических данных по складчатому обрамлению, а также изучение условий формирования складчатых структур и событий в смежных бассейнах.

Результаты этих работ показали, что основную часть шельфа занимает единый обширный осадочный бассейн, который представляет собой кайнозойский рифт со сложным внутренним строением и широким развитием листрических сбросов, фиксирующих интенсивное растяжение. Этот рифт, названный Усть-Ленским, заложен на континентальной коре и связан с развитием Евразийского океанического бассейна [Franke, Hinz, Oncken, 2001]. Было отмечено постепенное смещение на восток основных растягивающих напряжений, которые с неогена сосредоточились в районе Северо-Лаптевского горста, вдоль западного склона которого выделена зона неогенового дробления коры, где идет формирование узких горстов и грабенов глубиной до 2 - 4 км. Здесь протягивается основная ветвь эпицентров сильных ($M \geq 4$) землетрясений, отходящая от пояса землетрясений в хребте Гаккеля [Аветисов, 2000].

Опорные отражающие горизонты LS1, LS2 и LS3 были выделены и прослежены по всему шельфу [Franke, Hinz, Oncken, 2001; Косько, 2005]. Горизонт LS1 в качестве кровли акустического фундамента – в низах палеоцена, LS2 – в составе кайнозойского чехла на границе эоцена и олигоцена, LS3 – в основании верхнего миоцена. При этом для обоснования возраста опорных горизонтов и разделенных ими секций разреза биостратиграфические данные не использовались. Попытки отождествить эти горизонты с трансгрессивно-регрессивными событиями в Мировом океане и Арктическом бассейне

показали необходимость уточнения некоторых возрастных датировок. Так, выяснилось, что горизонт LS3 целесообразно рассматривать в качестве регионального несогласия, образованного в ходе мессинской регрессии в раннем плиоцене или на рубеже миоцена и плиоцена (5,3 млн лет).

Разнообразие данных, привлеченных к интерпретации, большой объем и высокое качество сейсмических материалов, а также актуализированное понимание геологических событий в регионе создают предпосылки для использования в дальнейших построениях второго варианта интерпретации геолого-геофизических данных.

Результаты предшествующих исследований свидетельствуют об отсутствии достаточно разработанной и обоснованной стратиграфической схемы шельфа моря Лаптевых. Отсутствие морских скважин и преимущественно континентальный состав отложений в редких разрезах приморских территорий - главные, если не доминирующие причины создавшейся ситуации.

Мощные осадочные толщи заполнения рифтов широко представлены на арктическом шельфе. Если принять во внимание наиболее вероятный кайнозойский возраст их формирования в Лаптевском регионе, обоснованный по результатам интерпретации геологических и геофизических данных, а также орогенез и последующий размыв позднекиммерийских структур на обширных пространствах Северо-Востока Евразии, преимущественно обломочный тип отложений осадочного разреза лаптевского шельфа представляется достаточно очевидным.

Это подтверждается и составом кайнозойских разрезов обрамления. В районах, примыкающих к морю Лаптевых, кайнозойские отложения образуют осадочные чехлы в Яно-Индибирской низменности, представлены в разрезах в дельте р. Лена, заполняют рифтовые грабены Северного Приверхоянья. Эти отложения резко несогласно залегают на киммерийском складчатом основании, характеризуются неполнотой разрезов, многочисленными перерывами, малой мощностью и представлены континентальными обломочными, иногда угленосными песчано-глинистыми образованиями. Только в грабене на р. Кенгдей в Северном Хараулахе мощность кайнозойских (палеоценовых-эоценовых) отложений достигает 1500 м. Стратиграфические подразделения в этих разрезах выделены на основании палинологических данных [*Стратиграфия СССР...*, 1975; *Решения 2-го Межведомственного...*, 1978; *Решения 3-го Межведомственного...*, 1981; *Стратиграфия СССР...*, 1986; *Палеоген и неоген...*, 1989;] (рис. 3).

Общая стратиграфическая шкала			Региональные стратиграфические подразделения		Стратиграфические разрезы						
Система	Отдел	Подотдел	Характерные комплексы органических остатков		Енисейский край	Яно-Индигорский р-н	Новосибирские острова	Дельта р. Лена	Сев. Хараулах (Сев. Приверхоянь)	Р. Сого	
			Спores и пыльца	Диатомовые							
Неогеновая	Плейстоцен	Верхний									
		Средний									
		Нижний									
	Миоцен	Верхний	Комплекс: Compositae Доминанты: Compositae Субдоминанты: Pinus, Chenopodiaceae, Gramineae, Cyperaceae Сопутствующие: Ephedra, Betulaceae, Caryophyllaceae, Onagraceae		Melosira ambigua (Grun.) O. Mull., M. baicalensis (K. Meyer) Wisl., M. Distans (Ehr.) Kutz., Cyclotella baicalensis Skv., Stephanodiscus astraе var. intermedius Fricke, Tetracyclus lacustris Ralfs, Eumotia polyglphoides Sheshuk., Navicula amphibola Cl., Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehr., Kymbella stuxbergii Cl., Gomphonema quadripunctatum (Ostr.) Wisl.	Отложения 8 террас Енисея и Ангары. Пески, суглинки, супеси. Мощность 15 м.	Отложения 9 террас Енисея и Ангары. Галечники красно-бурые, пески, суглинки. Мощность 10 м.	ВЕРХНЕСЕРКИНСКАЯ СВИТА Алевриты, супесь с галькой, щебень. Мощность до 20 м.	КАНАРЧАКСКАЯ СВИТА Пески с галькой, алевриты, глины. В нижней части диатомовые водоросли, фораминиферы позднемиоценового возраста, в верхней части эоплейстоценово-нижнеплейстоценовые диатомы. Мощность 4-112 м.		
			Комплекс: Pinacea, Ulmus, Compositae, Chenopodiaceae Доминанты: Picea, Abies Субдоминанты: Tsuga, Ulmus, Compositae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Gramineae, Сопутствующие: Corylus, Lilia, Carya, Juglans		Melosira jouseana Moiss., M. miocenica Tschcr., M. praegratulata Jouse, M. praeislandica Jouse, Coscinodiscus gorbunovii Sheshuk., C. lobatus var. sibiricus Tschcr., C. miocenicus Krasske, Tetracyclus ellipticus (Ehr.) Grun., T. japonicus (Petit) Hust, Opephora polymorpha Ouravlewa, Actinella brasiliensis Grun., Eumotia lavrovii Tschcr., E. Polyglphoides var. luncensis Tschcr. И др.	Отложения 10 и более древних террас Енисея и Ангары. Галечники. Мощность 3 м.	БУОРХАНСКАЯ СВИТА Мелкозернистые пески с прослоями алевритов и лигнитов, в верхней части галечники. Мощность 230 м.	БОЛЬШЕЛЯХОВСКАЯ СВИТА Алевриты, пески, галечники с обломками углефицированной древесины. Присутствие миоценовые диатомовые водоросли. Мощность 1,5-37 м.			
			Комплекс: Pinacea, Betula, Compositae, Chenopodiaceae Доминанты: Pinacea, Betula, Alnus Субдоминанты: Artemisia, Polypodiaceae, Chenopodiaceae, Ulmaceae, Juglans Сопутствующие: Carya, Pterocaria			КИРНАЕВСКАЯ СВИТА Пески ожелезненные, галечники, конгломераты, прослой красно-бурых и серых глин. Мощность до 100 м.					
		Средний	Комплекс: Alnus, Pinacea, Polypodiaceae Доминанты: Polypodiaceae, Alnus Субдоминанты: Pinus sp., Quercus sp., Ulmus sp., Sparganium Сопутствующие: Picea sp., Salix sp., Juglans sp., Tsuga sp.			БЕЛЬСКАЯ СВИТА Верхняя подсвита (верхняя и средняя часть) Глины зеленовато-серые, зеленые с прослоями светло-серых и черных углистых глин, наверху с прослоями глина. Мощность 10-30 м.	ХАЧАНСКАЯ СВИТА Разнозернистые пески. Мощность 26-40 м.				
			Комплекс: Quercus, Betula, Ulmus, Tapa Доминанты: Pinacea, Betula sp., Alnus sp., Tapa sp. Субдоминанты: Quercus sp., Fagus sp., Ulmus sp., Juglans sp. Сопутствующие: Castanopsis sp., Caria sp., Corylus sp., Carpinus sp., Nysa, Taxodiaceae, Sparganium			ИЛЬДИКИЛХСКАЯ СВИТА Галечно-песчаные отложения, в верхней части глины с прослоями детрита. Мощность до 100 м.					
						БЕЛЬСКАЯ СВИТА Верхняя подсвита (нижняя часть) Глины зеленовато-серые с прослоями черных глин. Мощность 10-20 м.					
Нижний	Комплекс: Quercus, Betula, Ulmus, Tapa Доминанты: Pinacea, Betula sp., Alnus sp., Tapa sp. Субдоминанты: Quercus sp., Fagus sp., Ulmus sp., Juglans sp. Сопутствующие: Castanopsis sp., Caria sp., Corylus sp., Carpinus sp., Nysa, Taxodiaceae, Sparganium			ОМОЛОЙСКАЯ СВИТА Галечники с примазками белой глины в основании, грубозернистые пески, мелкозернистые пески и выше глинистые алевриты с прослоями бурых углей. Мощность около 100 м.							
	Комплекс: Fagus, Pterocarya Доминанты: Fagus, Betulaceae, Juglandaceae, Pinacea Субдоминанты: Picea, Ulmus, Quercus, Taxodiaceae, Pterocarya Сопутствующие: Nysa, Sterculia			БЕЛЬСКАЯ СВИТА Нижняя подсвита Глины углистые, прослой песков, алевритов. Мощность 50-110 м.							
	Комплекс: Juglans, Betula Доминанты: Betulaceae, Pinaceae, Juglans Субдоминанты: Corylus, Ulmus, Fagus, Quercus, Taxodiaceae Сопутствующие: Arafia						НЕРПИЧИНСКАЯ СВИТА Разнозернистые пески с редкими пачками глин, алевритов, лигнитов, в основании галечник. Мощность 0-200 м.				
Палеогеновая	Олигоцен	Верхний	Комплекс: Fagus, Pterocarya Доминанты: Fagus, Betulaceae, Juglandaceae, Pinacea Субдоминанты: Picea, Ulmus, Quercus, Taxodiaceae, Pterocarya Сопутствующие: Nysa, Sterculia								
		Нижний-средний	Комплекс: Juglans, Betula Доминанты: Betulaceae, Pinaceae, Juglans Субдоминанты: Corylus, Ulmus, Fagus, Quercus, Taxodiaceae Сопутствующие: Arafia								

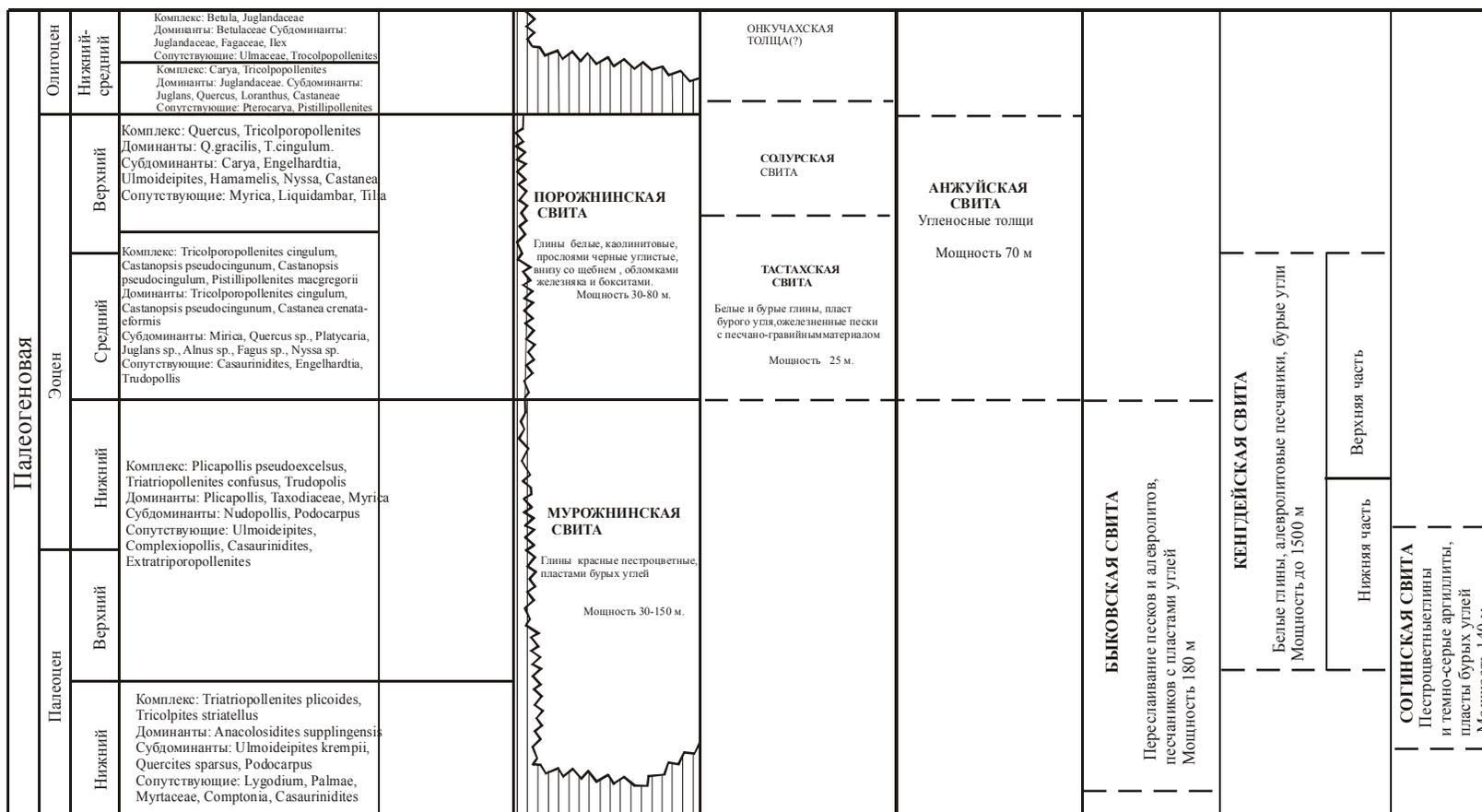
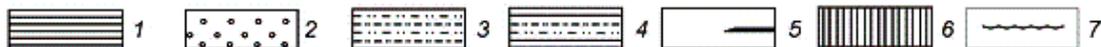


Рис. 3. Стратиграфические разрезы кайнозоя по территориальному обрамлению моря Лаптевых

С учетом расчленения осадочной толщи региональными реперами LS1 – LS3, их датировки, а также особенностей сейсмического волнового поля в разрезе чехла лаптевского шельфа могут быть намечены три литостратиграфических подразделения: нижний палеоцен–эоценовый комплекс преимущественно глинистого состава, средний олигоцен–миоценовый – преимущественно песчаный до глинисто-песчаного и самый верхний – плиоценовый, в котором предполагаются доминирующие глинистые отложения с подчиненными по мощности и редкими прослоями кластитов (рис. 4).

Система	Отдел	Подотдел	Литология	Мощность	Сейсмич. горизонты	Литостратиграфические комплексы
Q	голоцен			1,0 - 1,5 тыс. м		Верхний
	плейстоцен					
Неогеновая	плиоцен	верхний		1,7 - 2,5 тыс. м	LS3 5,3 млн лет	Средний
		средний				
	нижний					
Палеогеновая	олигоцен	верхний		2,0 - 2,5 тыс. м	LS2 33,0-34,0 млн лет	Нижний
		нижний				
	эоцен	верхний		2,0 - 2,5 тыс. м	LS1-2	
		средний				
		нижний				
палеоцен	верхний		1,0 - 1,5 тыс. м	LS1 56,0 - 59,0 млн лет		
	нижний					
Меловая	позднекimmerийское складчатое основание					



1- существенно глинистый состав разреза; 2 - существенно песчаный или глинисто-песчаный состав разреза; 3 - в разрезе - переслаивание песчаников, алевролитов и глин (главным образом дельтовые отложения); 4 - глинистый разрез с редкими прослоями переслаивающихся песчаников и глин; 5 - угленосность разреза; 6 - отсутствие отложений; 7 - несогласие

Рис. 4. Осадочные комплексы моря Лаптевых (по Ю.Н. Григоренко и др., 2007)

Нижний палеоцен-эоценовый существенно глинистый комплекс, заключенный между реперами LS1 и LS2, содержит достаточно мощную (до 2,0 тыс. м) пачку переслаивания терригенных (вероятно песчаников и алевролитов) и глинистых пород. В кровле пачки выделяется еще один дополнительный репер LS1-2. Все три названных комплекса обладают значительной мощностью и характеризуются устойчивым распространением на шельфе. Нижний комплекс, отделенный от позднекиммерийского складчатого основания перерывом и несогласием, и ограниченный в подошве репером LS1 (56 – 59 млн. лет), варьирует в мощности от 4,0 до 6,4 тыс. м. Средний олигоцен-миоценовый имеет толщину в 1,75 – 2,5 тыс. м; верхний перекрывает нижележащие отложения с эрозионным несогласием (репер LS3) и характеризуется мощностью в 1,25 – 1,5 тыс. м (рис. 4).

Формирование названных комплексов следует связывать не только с активным сносом с материка и накоплением континентальных и прибрежно-морских осадков, как это предполагалось С.С. Драчевым [Драчев, 1989], но и с продолжительными ингрессиями моря с севера, которые, вероятно, захватывали как современный лаптевский шельф, так и грабены сопредельной суши. Такая возможность подкрепляется палеогеографическими данными о постоянном присутствии в кайнозое Арктического морского бассейна и его палеонтологически доказанных связях с Мировым океаном [Полякова, 1987].

Морские кайнозойские отложения наиболее детально изучены в дельте р.Маккензи, где бурением вскрыта мощная толща морских, прибрежно-морских и дельтовых осадков. Комплексные лито-, сейсмо- и биостратиграфические исследования позволили восстановить почти непрерывную геологическую историю этого района от мела до голоцена и разработать хорошо обоснованную стратиграфическую схему. Оligocen-миоценовые комплексы фораминифер отражают здесь хорошо выраженную связь с Северной Атлантикой [McNeil, 1989, 1990]. В этой связи разрез НГБ Бофорта-Маккензи, несмотря на удаленность от осадочных бассейнов Востока России, может служить своеобразным эталоном для разработки стратиграфической шкалы кайнозоя Лаптевского региона.

Литостратиграфическое расчленение разреза, возрастная датировка уровней и синтез биостратиграфических данных, а также широкие параллели с другими более изученными регионами позволяют перейти к обоснованию проекта стратиграфического разреза моря Лаптевых.

Палеоценовые отложения представлены в низах нижнего комплекса. Каолин-гидрослюдистая кора выветривания, обнаруженная в некоторых разрезах побережья и

вскрытая в скважине на о-ве Айон, где она датирована нижним палеоценом, указывает на наиболее вероятный верхнепалеоценовый возраст перекрывающих отложений.

Литологически базальная верхнепалеоценовая секция нижнего комплекса лаптевского шельфа близка к тонкозернистым палеоценовым отложениям грабена Сочи (район Тикси). Это континентальные отложения, охарактеризованные палинологическими комплексами. Восточнее палеоценовые отложения представлены нижней частью кенгдейской свиты Северного Хараулаха (Северное Приверхоянье) и быковской свитой в дельте р. Лена. Возраст свит установлен по фитостратиграфическим данным и они хорошо коррелируются между собой.

Подобно отложениям побережья верхнепалеоценовые образования нижнего осадочного комплекса моря Лаптевых присутствуют только в наиболее глубоких участках грабенов и выклиниваются на склонах поднятий. Их ориентировочная максимальная мощность составляет менее 500 м. Однако, присутствие палеоценовых отложений в разрезе еще должно получить достаточное обоснование.

Эоценовая часть нижнего комплекса завершается реперным горизонтом LS2 в подошве олигоцена (33 – 34 млн лет). Данные сейсмопрофилирования указывают на возможность трехчленного деления эоценовой части комплекса. Нижняя часть, наиболее вероятно отождествляемая с нижним эоценом, является литологически близким продолжением единой преимущественно глинистой пачки, охарактеризованной при описании верхнепалеоценового интервала разреза. Палеогеографические данные позволяют предположить осадконакопление в ходе ингрессии, широко известной в конце раннего эоцена в притихоокеанском регионе и проявляющейся в циркумарктическом поясе, например, в море Бофорта. Максимальная мощность осадков, в составе которых предполагается значительная часть морских образований, составляет от 500 до 1000 м.

Вышележащая секция разреза, отождествляемая со средним эоценом и завершающаяся горизонтом LS1-2 – достаточно мощная пачка переслаивания песчаников, алевролитов и глин с наиболее значительным содержанием обломочных пород в преимущественно тонкозернистом нижнем комплексе лаптевского шельфа. Литологическая интерпретация сейсмических данных на профилях показывает присутствие в среднемиоценовом интервале песчано-глинистых отложений дельтовых фаций с их возможным переходом в наиболее удаленных участках лаптевского шельфа в морские отложения.

Потепление климата в среднем эоцене вызвало повышение уровня моря, что хорошо соотносится с возобновлением тонкозернистого осадконакопления в ходе формирования третьей верхней части палеоцен-эоценового комплекса. Предполагается ее соответствие верхнему подотделу эоцена и мощность, достигающая 2,5 тыс. м.

Корреляция средне-позднеэоценовых толщ опирается на прослеживание тастахского регионального стратиграфического горизонта [Бискэ, 1981]. Горизонт имеет широкое стратиграфическое распространение и полное палеоботаническое обоснование, в том числе по спорам и пыльце. Этот уровень является реперным для корреляции одновозрастных отложений севера Средней Сибири, Новосибирских о-вов и Северо-Востока России. Выдержанность комплексов позволяет предположить сохранение значения тастахского горизонта и аналогичную палинологическую характеристику средне-верхнеэоценовых отложений и на шельфе моря Лаптевых.

Предположение о морских отложениях в некоторых частях разреза на шельфе в эоцене влечет за собой возможность охарактеризованности вмещающих толщ и морскими микроорганизмами. Например, на акватории Арктической Канады в бассейне Бофорта-Маккензи палеоцен и эоцен характеризуется богатыми субтропическими растительными и палинологическими комплексами, и наряду с ними - весьма бедными фораминиферовыми комплексами, что обусловлено ограниченной морской циркуляцией, приведшей к четко выраженному эндемизму фораминифер [McNeil, 1990]. Поэтому в эоценовых отложениях лаптевского шельфа вполне допускается возможность нахождения аналогичных ассоциаций арктических фораминифер, характеризующихся преобладающими агглютинирующими формами, отсутствием планктонных фораминифер, низким видовым разнообразием и выраженным эндемизмом. Подтверждением этого предположения служит схема палеогеографической реконструкции для эоценового времени [Briggs, 1987], на которой штриховкой показана площадь развития палеоцен-эоценовой арктической эндемичной провинции в «Арктическом заливе», в которую входит современный шельф моря Лаптевых (рис. 5).

Олигоценый интервал составляет нижнюю часть олигоцен-миоценового комплекса, выделяющегося в осадочной толще шельфа существенным погрубением разреза и значительной мощностью – 1700 – 2500 м. Тенденция к увеличению обломочного материала от раннеолигоценовых осадков к раннемиоценовым выявлена в разрезе кайнозоя на о-ве Фаддеевском. Отражение олигоценовой регрессии в кайнозойских осадках проявляется во всем Восточно-Арктическом регионе.



Палеогеографическая реконструкция для эоцена.
Штриховкой показана площадь развития эоценовой арктической эндемической провинции в раннечетвертичном “Арктическом заливе”.
“Арктический залив” имел ограниченную связь с южными морями через Тургайский (Т) и Гренландско-Норвежский(ГН) проливы.



Палеогеографическая реконструкция для миоцена.
Становление современного Арктического океана началось в раннем олигоцене с открытия широких связей с Северной Атлантикой между Гренландией и Норвегией.

Рис. 5. Схема палеогеографических реконструкций для эоцена и миоцена по Briggs, 1987 (репродукция из статьи McNeil, 1990)

Палинокомплексы нижнеолигоценовых отложений (верхняя часть солурской свиты на суше) невыразительны и соответствуют наибольшему обеднению флор, обусловленному похолоданием климата, проявившимся в раннем олигоцене, за которым последовала продолжительная эпоха развития флор тургайского типа. К сожалению, в регионе пока не обнаружены непрерывные верхнеэоцен-нижнеолигоценовые разрезы, в которых устанавливался бы переход от субтропических эоценовых флор к тепло-умеренным олигоценовым флорам тургайского типа. Расцвет тургайской флоры выявляется палинокомплексами омолойской свиты среднего-верхнего олигоцена (омолойский стратиграфический горизонт). Этот уровень характеризуется выдержанностью палинокомплексов и широким распространением на всей территории Северо-Востока и островах, и является вторым коррелятивным уровнем палеогена в регионе. Этот факт предполагает, что можно ожидать присутствия омолойских палинокомплексов и в одновозрастных осадках лаптевского шельфа. Похолодание климата в олигоцене, подтвержденное палинологическими данными, сопровождалось падением уровня и регрессией морского бассейна на границе олигоцена и миоцена, что хорошо объясняет поглубение соответствующих осадков в акватории современного шельфа моря Лаптевых. Кроме палинологических комплексов существует вероятность присутствия морских микроорганизмов в олигоценовых осадках шельфа моря Лаптевых основанная на данных палеогеографических реконструкций. В олигоцене бассейна Бофорта-Маккензи фораминиферовые комплексы представлены как агглютинирующими, так и бентосными формами. Характерным видом-индексом является вид *Turrilina alsatica* Andreae, который также известен из одновозрастных отложений в Северной Атлантике. Присутствие в арктических комплексах североатлантических видов указывают на установление глубоководных связей между древним «Арктическим заливом» и Северной Атлантикой в раннем олигоцене.

Миоценовая часть песчаного или глинисто-песчаного комплекса, заключенного между основанием олигоцена и реперным горизонтом LS3 аналогична по составу олигоценовой. Возможно, монотонность разреза среднего литостратиграфического комплекса и подобие его олигоценовой и миоценовой составляющих, является искусственной, связанной с трудностями литологической интерпретации сейсмических разрезов. Это находит свое подтверждение в разрезе моря Бофорта, где формация Mackenzie Bay достаточно уверенно отличается от подстилающих отложений формации Kugmallit прежде всего ярко выраженной «талассогенностью» разреза.

В связи с отсутствием четких границ условная мощность миоценовой части комплекса может быть принята как половина его общей мощности, что составляет от 850 до 1250 м.

На территории, сопредельной морю Лаптевых, нижний миоцен – низы среднего миоцена представлены ильдикиляхской свитой (мощностью до 100 м), которая связана с омолойской свитой непрерывными разрезами. Биостратиграфических рубежей между свитами провести не удастся. Палинологические комплексы омолойской и ильдикиляхской свит показывают преемственность своего состава, наблюдается постепенное обеднение флор тургайского типа и постепенное замещение их в миоценовых комплексах темно-хвойными породами. Хапчанская свита (конец среднего - середина верхнего миоцена) характеризуется сильно обедненными флорами, но еще тургайскими, тогда как позднемиоценовые флоры уже полностью лишены тургайских представителей.

До недавнего времени миоцен считался этапом континентального развития северной окраины Евразии. Полученные в последние годы данные, в основном по ископаемой диатомовой флоре, показали, что в конце раннего - начале среднего миоцена морские бассейны распространялись в пределах шельфа Восточно-Сибирского моря и восточной части моря Лаптевых [*Late Mesozoic...*, 1990]. В разрезе скважины на о-ве Айон вскрыты морские отложения олигоцен-миоценового возраста. Спорово-пыльцевой комплекс, выявленный здесь, относится к тургайскому типу и хорошо сопоставляется с палинокомплексами Яно-Индигирского района. В этой же части разреза встречены комплексы фораминифер, схожие с комплексами из олигоцена-миоцена некоторых районов о. Шпицберген, п-ова Аляска, дельты р. Маккензи (формация Mackenzie Bay), море Бофорта (Mackenzie sequence). Кроме того, эти комплексы хорошо сопоставляются с комплексами из одновозрастных отложений Северного моря, Дании, Голландии, Бельгии, Германии, что указывает на уже существовавшую в нижнем миоцене связь Арктического бассейна с Северной Атлантикой [Слободин и др., 1990]. Палеогеографические реконструкции для миоценового времени по Briggs (1987), показывают главную перестройку в Арктическо-Североатлантической палеогеографии, которая началась в олигоцене. Это событие привело к образованию олигоцен-голоценового Арктического океана (рис. 5).

На северном Таймыре первые морские осадки неогена зафиксированы в отложениях миоценовой трансгрессии (по фораминиферам и остракодам) [Степанова, 1990].

В позднем миоцене морские бассейны занимали современный шельф Восточно-Сибирского моря и прилегающие низменности Северной Якутии и Новосибирских о-вов. В

конце миоцена морская акватория, имевшая связь с восточноарктическими морями, занимала Северо-Сибирскую низменность до устья р. Енисей, о чем свидетельствуют остатки позднемиоценовых диатомовых в разрезах бассейна Бофорта-Маккензи, острова Айон, Новосибирских о-вов, Усть-Енисейского р-на [McNeil, 1989, 1990; Слободин и др., 1990; Полякова, 1997].

Все эти данные свидетельствуют о субаквальном типе отложений, слагающих по крайней мере среднюю и верхнюю части миоценовой толщи лаптевского шельфа, и о вероятном присутствии в этой толще остатков морских организмов, допускающих корреляцию с одновозрастными отложениями соседних регионов.

Плиоцен-четвертичная эпоха является одним из наиболее значимых этапов эволюции лаптевского участка континентальной окраины. В позднем миоцене – начале раннего плиоцена здесь фиксируются максимальная в кайнозой регрессия и похолодание (мессинский кризис – 5,3 млн лет). На сейсмических профилях эти события выражены присутствием регионального несогласия LS3, разграничивающего миоценовый и плиоценовый интервалы разреза. Однако уже с позднего плиоцена весь шельф моря Лаптевых захватывает обширная трансгрессия [Рудой, 2002], результатом которой стало формирование плиоцен-плейстоценового полуторакилометрового комплекса отложений. Комплекс слагают преимущественно тонкозернистые глинистые осадки с прослоями более грубозернистых пород, чередующихся с глинами. На Новосибирских о-вах часть верхнекайнозойского разреза представлена морскими, дельтовыми, аллювиальными отложениями канарчакской свиты плиоцен–раннеплейстоценового возраста [Решения 3-го Межведомственного..., 1981]. В нижней части свиты присутствуют прибрежно-морские комплексы диатомей, фораминифер и остракод верхнего миоцена и плиоцена, а верхняя охарактеризована морскими сублиторальными видами диатомей.

Анализ морской микробиоты (фораминифер) из позднемиоценовых-плиоценовых разрезов обрамления моря Лаптевых - Северного Таймыра, Новосибирских о-вов, о-ва Айон, а также Усть-Енисейского р-на - показывает несомненную сопоставимость микрофаунистических комплексов с ассоциациями из разреза Бофорта-Маккензи [Слободин и др., 1986, 1990; Степанова, 1990; Полякова, 1997]. Эти параллели служат серьезным обоснованием позднекайнозойской стратиграфической схемы моря Лаптевых.

Изложенные данные учтены в проекте стратиграфической схемы кайнозоя шельфа моря Лаптевых (рис. 6).

Из-за отсутствия морских буровых разрезов ее главными составными элементами являются реперные уровни сейсмических профилей, датированные в соответствии с абсолютной геохронологической шкалой; литостратиграфические комплексы, выделенные по сейсмическим данным и результатам изучения кайнозойских свит сопредельных районов суши и акваторий; биостратиграфическая шкала, синтезированная по материалам опорных разрезов и включающая споро-пыльцевые комплексы и микрофаунистические зоны, предполагаемые в разрезе лаптевского шельфа.

Опорными коррелятивными уровнями являются уже упоминавшиеся хронологически датированные реперные горизонты LS1-3 и три событийно-биостратиграфических уровня – средне-верхнеэоценовый (гастахский), средне-верхнеолигоценый (омолойский) и верхнемиоцен-плиоценовый, прослеживающийся до северо-американских разрезов.

Разработка морских стратиграфических шкал в настоящее время находится на начальной стадии развития. Отсутствие комплексного подхода к решению такой задачи приводит к недостаточной обоснованности существующих моделей осадочного чехла акваторий. В первую очередь это касается игнорирования или слабого привлечения биостратиграфии как контролирующего фактора для сейсмостратиграфических построений, которые являются приоритетными для стратификации чехла шельфов.

Таким образом, при создании стратиграфических схем для осадочного чехла акваторий должен учитываться комплекс всех данных, куда входят: палеонтологические данные, с выбором приоритетных групп микрофоссилий – биостратиграфический метод является контролирующим для сейсмических построений (при наличии бурения); литологические данные (при наличии бурения); каротаж (при наличии бурения); данные сейсморазведки, палеогеография, структурно-фациальное районирование, тектоника, региональные перерывы и несогласия, геологическая история региона; стратиграфические схемы прибрежных районов, литологический состав отложений прибрежного обрамления, стратиграфические и сейсмостратиграфические данные по сопредельным акваториям. В зависимости от состояния геологической изученности и специфики изучаемых акваторий на первое место выходят те или иные группы исследований, но только комплексный подход к разработке стратиграфической основы под морское бурение обеспечивает наибольшую достоверность построений и приводит к уменьшению геологических рисков при последующих прогнозно-поисковых работах и проектировании скважин на нефть и газ.

Литература

Аветисов Г.П. Ещё раз о землетрясениях моря Лаптевых // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 3. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. – С. 104 – 114.

Бискэ С.Ф. Фитостратиграфия и палеогеография палеогена Северо-Востока Азии // Мезозой и кайнозой Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 1981. – С. 62 - 73.

Виноградов В.А., Драчев С.С. К вопросу о тектонической природе фундамента юго-западной части моря Лаптевых // Доклады РАН. – 2000. – т. 372. - № 1. - С. 72 - 74.

Геология и полезные ископаемые России. Том 5. Арктические и Дальневосточные моря. Кн. 1. Арктические моря / Под ред. И.С. Грамберга, В.Л. Иванова, Ю.Е. Погребницкого. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. - 468 с.

Грамберг И.С. Глобальный аспект нефтегазоносности континентальных окраин океанов // Oil and gas geology. – 1998а. - № 10. - С. 27-32.

Грамберг И.С. Осадочные бассейны континентальных окраин мирового океана (время становления, стадии развития, масштаб нефтегазоносности) // Доклады АН. – 1998б. - Том 362. - № 4. - С. 525-529.

Дмитриева Т.В. Палеонтолого-стратиграфическое сопровождение ГРП на основных нефтегазоперспективных объектах Дальневосточного региона // Актуальные проблемы прогнозирования, поисков, разведки и добычи нефти и газа в России и странах СНГ. - СПб.: Недра, 2006. - С. 244-250.

Драчёв С.С. Тектоника и мезо-кайнозойская геодинамика района Новосибирских островов: Автореф. канд. дисс. – М.: 1989. – 19 с.

Драчев С.С. Тектоника рифтовой континентальной окраины Северо-Восточной Евразии в Арктике (моря Лаптевых и Восточно-Сибирское): Автореф. докт. дисс. – М., 2000а. - 40 с.

Драчёв С.С. Тектоника рифтовой системы дна моря Лаптевых // Геотектоника. – 2000б. - № 6. – С. 43 – 58.

Иванова Н.М., Секретов С.Б. Разрез осадочного чехла центральной части моря Лаптевых (по данным МОВ ОГТ) // Геологическое строение приполярных акваторий Мирового океана. – Л.: НПО «Севморгео», 1989а. – С. 77 – 91.

Иванова Н.М., Секретов С.Б., Шкарубо С.И. Данные о геологическом строении шельфа моря Лаптевых по материалам сейсмических исследований // Океанология. – 1989б. - Т. 24. - Вып. 5. – С. 789 – 795.

Историко-геологические предпосылки нефтегазоносности осадочных бассейнов в зонах древних континентальных окраин / Ю.Н. Григоренко, Т.А. Андиева, Е.В. Герман и др. // Проблемы нефтегазоносности Мирового океана. – М.: Наука, 1989. - С. 53-61.

Ким Б.И. Строение и районирование складчатого основания шельфа моря Лаптевых // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 2. – СПб.: ВНИИОкеангеология. СНГ. - 1998. – С. 98 – 107.

Ким Б.И., Яшин Д.С. Верхнемеловой – кайнозойский структурный этаж Лаптевского шельфа (структура и перспективы нефтегазоносности) // Тектоника осадочных бассейнов Северной Евразии: Тезисы докл. – М.: МГУ, 1995. – С. 55 – 58.

Косько М.К. Стратификация осадочного чехла Восточно-Арктического шельфа России // Геодинамика нефтегазоносных бассейнов: Сборник докл. – М.: РГУ нефти и газа им. М.И. Губкина, 2005. – С. 98 – 110.

Кравченко К.Н. Перспективы открытия зон нефтегазонакопления на арктическом шельфе России с использованием островов, способствующих решению проблемы северного завоза топлива // Арктические акватории России – основные проблемы геологии и нефтегазоносности. – М.: ВНИГНИ, 2003. – С. 65 – 69.

Кравченко К.Н., Иванова О.В. Сравнительный анализ прогноза нефтегазоносности нефтяных бассейнов российского арктического шельфа // Арктические акватории России – проблемы геологии и нефтегазоносности. – М.: ВНИГНИ, 2003. – С. 85 – 96.

Лазуркин Д.В. Структурная позиция и геологическое строение моря Лаптевых // Геологические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 2. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1998. – С. 132 – 134.

Палеоген и неоген Северо-Востока СССР. - Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1989. - 283 с.

Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. - М.: Научный мир, 1997. - 142 с.

Репин Ю.С., Федорова А.А., Быстрова В.В. и др. Мезозой Баренцевоморского седиментационного бассейна // Стратиграфия и ее роль в развитии нефтегазового комплекса России. - СПб.: ВНИГРИ. – 2007. – С. 112-161.

Решения 2-го Межведомственного стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою Северо-Востока СССР. – Магадан, 1978. - 192 с.

Решения 3-го Межведомственного стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. – Новосибирск, 1981. - 92 с.

Рудой А.С. Реконструкция позднекайнозойской эволюции Лаптевоморского седиментационного бассейна как основа для геоэкологического районирования: Автореф. кан. дис. – СПб.: СПбГУ, 2002. – 20 с.

Секретов С.Б. Нефтегазоносные бассейны морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Ч. II: Сборник. докл. – М.: МГУ, 1998. – С. 178 – 180.

Слободин В.Я., Дружинина Н.И., Куприянова Г.И. и др. Корреляция морских неогеновых отложений Арктики по биостратиграфическим данным // Зональная стратиграфия по микроорганизмам: Тезисы докл. – Л, 1986. – С. 196 – 198.

Слободин В.Я., Ким, Степанова Г.В. и др. Расчленение разреза Айонской скважины по новым биостратиграфическим данным // Стратиграфия и палеонтология мезо-кайнозоя Советской Арктики. - Л.: ПГО Севморгеология, 1990. - С. 43-58.

Степанова Г.В. Комплексы диатомей Таймыра и их роль в разработке стратиграфической схемы кайнозойских отложений // Стратиграфия и палеонтология мезо-кайнозоя Советской Арктики. - Л.: ПГО Севморгеология, 1990. - С. 59 - 73.

Стратиграфия СССР. Неогеновая система. 2 т. – М.: Недра, 1986. - 443 с.

Стратиграфия СССР. Палеогеновая система. – М.: Недра, 1975. - 524 с.

Briggs J.C. Biogeography and Plate Tectonics. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. Developments in Paleontology and Stratigraphy. – 1987. - 10. – 204 p.

Drachev S.S., Savostin L.A., Groshev V.G. et al. Structure and geology of the continental shelf of the Laptev Sea // Tectonophysics, 1998. – V. 298. – p. 357 – 393.

Franke D., Hinz K., Oncken O. The Laptev Sea Rift // Marine and Petroleum Geology, 2001. - 18. – P. 1083 – 1127.

Late Mesozoic and Cenozoic paleogeographic and paleoclimatic history of the Arctic Ocean Basin, based on shallow-water marine faunas and terrestrial vertebrates / L. Marincovich, E.M. Brouwers, D.M. Hopkins et al // The geology of North America, V.L. The Arctic Ocean region. Geol. Soc. Amer., 1990. - 23. - P. 403-426.

McNeil D.H. Foraminiferal zonation and biofacies analysis of Cenozoic strata in Beaufort-Mackenzie basin of Arctic Canada // Current Research. Part G. Geol. Surv. of Canada. Paper 89-1G. 1989. - P.203 - 223.

McNeil D.H. Tertiary Marine Event of the Beaufort-Mackenzie Basin and Correlation of Oligocene to Pliocene Marine Outcrops in Arctic North America // Arctic – 1990. Vol. 43. - № 4. – P. 301-313.

T.V. Dmitrieva

All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St.-Petersburg, Russia
ins@vnigri.spb.su

COMPLEX JUSTIFICATION OF MARINE STRATIGRAPHICAL SCALES; FORMING THE LAPTEV SEA CENOZOIC SEQUENCE AS AN EXAMPLE

The attempt of creating the complex stratigraphical base of a sedimentary cover is shown on an example of forming the Cenozoic sequence of the Laptev Sea. Due to the absence of marine drilling sequences, its major components are the marker levels of seismic profiles dated in accordance with the absolute geochronology scale; lithostratigraphical complexes established on seismic data and results of studying the Cenozoic formations of the onshore and adjoining offshore areas; biostratigraphic scale created on the materials of key sequences and including spore-pollen complexes and microfaunistical zones proposed in the Laptev shelf sequence. Chronologically dated markers LSI-3 and three event-biostratigraphical levels are the key correlative levels.

Key words: stratigraphy, biostratigraphical scale, Cenozoic, sedimentary cover, Laptev Sea shelf.

References

Avetisov G.P. Once again about earthquakes in the Laptev Sea // Geological-geophysical characteristics of Arctic region lithosphere. Issue 3. – SPb.: VNIIOkeangeologia, 2000. – P. 104-114.

Biske S.F. Phytostratigraphy and paleogeography of the Paleogene, North-East of Asia // The Mesozoic and Cenozoic of Siberia and the Far East. – Novosibirsk, 1981. – P.62-73.

Vinogradov V.A., Drachev S.S. To the question of tectonic nature of basement in the southwestern part of the Laptev Sea // Reports of RAN. – 2000. – Vol. 372. -№1. – P. 72-74.

Geology and useful minerals of Russia. Vol. 5. Arctic and Far East Seas. Book 1. Arctic Seas / Ed. I.S. Gramberg, V.L. Ivanov, Yu.E. Pogrebitsky. – SPb.: VSEGEI, 2004. – 468 p.

Gramberg I.S. Global aspect of petroleum potential of ocean continental margins // Oil and gas geology. – 1998. - №10. – P. 27-32.

Gramberg I.S. Sedimentary basins of world ocean continental margins (time of formation, stages of development, scale of petroleum potential) // Reports of AN. – 1998. – Vol. 362. - №4. – P. 525-529.

Dmitrieva T.V. Complex justification of marine stratigraphical scales; forming the Laptev Sea Cenozoic sequence as an example // Theory and practice of petroleum-geological forecast : Collection of papers. – SPb.: VNIGRI, 2008. – P. 324-340.

Drachev S.S. Tectonics and Meso-Cenozoic geodynamics of the Novosibirsk Islands district: Author's abstract of Ph. D. dissertation. – M.: 1989, - 19 p.

Drachev S.S. Tectonics of rift continental margin of Arctic North-Eastern Eurasia (Laptev and East Siberian Seas): Author's abstract of D.Sci dissertation. – M. 2000. – 40 p.

Drachev S.S. Tectonics of the Laptev Sea rift system // Geotectonics. – 2000. - №6. – P. 43-58.

Ivanova N.M., Secretov S.B. Sequence of a sedimentary cover in the central part of the Laptev Sea (on the data of seismic-reflection method CDP) // Geological structure of the near-Arctic regions of the World ocean. – L.: NPO “Sevmorgeo”, 1989. – P.77-91.

Ivanova N.M., Secretov S.B., Shkarubo S.I. Data on geological structure of the Laptev Sea shelf on the materials of seismic researches // Oceanology. – 1989. Vol. 24. – Issue 5. – P. 789-795.

Historical-geologic prerequisites of petroleum potential of the sedimentary basins in the zones of ancient continental margins / Yu.N. Grigorenko, T.A. Andieva, E.V. German and others // Problems of petroleum potential of the World Ocean. – M.: Nauka, 1989. – P. 53-61.

Kim B.I. Structure and zonation of folded base of the Laptev Sea shelf // Geological-geophysical characteristics of lithosphere of the Arctic region. Issue 2. – SPb.: VNIIOkeangeologia. SNT. – 1998. – P.98-107.

Kim B.I., Yashin D.S. Upper Cretaceous-Cenozoic structural stage of the Laptev Sea shelf (structure and petroleum prospects) // Tectonics of sedimentary basins, Northern Eurasia: Theses of reports. – M.: MGU, 1995. – P. 55-58.

Correlation of Arctic marine Neogene deposits on biostratigraphic data / V.Ya. Slobodin, N.I. Druzhinina, G.I. Kupriyanova and others // Zonal stratigraphy on microorganisms: Theses of reports. – L., 1986. – P. 196-198.

Kosko M.K. Stratification of a sedimentary cover of the Russian Eastern-Arctic shelf // Geodynamics of oil-gas basins: Collection of reports. – M.: Gubkin's RGU of oil and gas, 2005. – P. 98-110.

Kravchenko K.N. Prospects of discovering the zones of oil-gas accumulation on the Russian Arctic shelf with using the islands for solving the problem of fuel northern delivery // The Arctic offshore of Russia – major problems of geology and petroleum potential. – M.: VNIGNI, 2003. – P. 65-69.

Kravchenko K.N., Ivanova O.V. Comparative analysis of forecasting the petroleum potential of the Russia Arctic shelf naphthide basins // The Arctic offshore of Russia - major problems of geology and petroleum potential. – M.: VNIGNI, 2003. – P. 85-96.

Lazurkin D.V. Structural position and geologic structure of the Laptev Sea // Geologic characteristics of Arctic region lithosphere. Issue 2. – SPb.: VNIIOkeangeologia, 1998. – P. 132-134.

The Mesozoic of the Barents Sea sedimentary basin / Yu.S. Repin, A.A. Fedorova, V.V. Bystrova and others) // Stratigraphy and its role in the development of the Russian oil-gas complex. – SPb.: VNIGRI. – 2007. – P. 112-161.

The Paleogene and Neogene of the USSR North-East. – Yakutsk: YaNC SO AN USSR, 1989. – 283 p.

Polyakova E.I. Arctic Seas of Eurasia in the Late Cenozoic. – M.: Nauchny mir (Scientific world), 1997. – 142 p.

Dissection of the Aionsky well sequence on the new biostratigraphic data / V.Ya. Slobodin, B.I. Kim, G.V. Stepanova and others) // Stratigraphy and paleontology of the Soviet Arctic Meso-Cenozoic. – L.: PGO Sevmorgeologia, 1990. – P. 43-58.

Decisions of the Second Interdepartmental stratigraphic meeting on the Precambrian and Phanerozoic of the USSR North-East. – Magadan, 1978. – 192 p.

Decisions of the Third Interdepartmental stratigraphic meeting on the Mesozoic and Cenozoic of Middle Siberia. – Novosibirsk, 1981. – 92 p.

Rudoy A.S. Reconstruction of Late Cenozoic evolution of the Laptev Sea sedimentary basin as the basis for geologic zonation: Author's abstract of Ph. D. dissertation. – SPb.: SPb State University, 2002. – 20 p.

Secretov S.B. Oil-gas basins of the Laptev and East-Siberian Seas // New ideas in geology and geochemistry of oil and gas. Part II: Collection of reports. – M.: MGU, 1998. – P. 178-180.

Stepanova G.V. Complexes of diatoms of Taimyr and their role in developing the stratigraphic scheme of Cenozoic deposits // Stratigraphy and paleontology of the Meso-Cenozoic of Soviet Arctic. – L.: PGO Sevmorgeologia, 1990. – P. 59-73.

Stratigraphy of the USSR. Neogene system. 2 volumes. – M.: Nedra, 1986. – 443 p.

Stratigraphy of the USSR. Paleogene system. – M.: Nedra, 1975. – 524 p.

Briggs J.C. Biogeography and Plate Tectonics. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. Developments in Paleontology and Stratigraphy. – 1987. - 10. – 204 p.

Drachev S.S., Savostin L.A., Groshev V.G. et al. Structure and geology of the continental shelf of the Laptev Sea // Tectonophysics, 1998. – V. 298. – p. 357 – 393.

Franke D., Hinz K., Oncken O. The Laptev Sea Rift // Marine and Petroleum Geology, 2001. - 18. – P. 1083 – 1127.

Late Mesozoic and Cenozoic paleogeographic and paleoclimatic history of the Arctic Ocean Basin, based on shallow-water marine faunas and terrestrial vertebrates / L. Marinovich, E.M. Brouwers, D.M. Hopkins et al // The geology of North America, V.L. The Arctic Ocean region. Geol. Soc. Amer., 1990. - 23. - P. 403-426.

McNeil D.H. Foraminiferal zonation and biofacies analysis of Cenozoic strata in Beaufort-Mackenzie basin of Arctic Canada // Current Research. Part G. Geol. Surv. of Canada. Paper 89-1G. 1989. - P.203 - 223.

McNeil D.H. Tertiary Marine Event of the Beaufort-Mackenzie Basin and Correlation of Oligocene to Pliocene Marine Outcrops in Arctic North America // Arctic – 1990. Vol. 43. - № 4.– P. 301-313.