УДК 550.8.052

О.Е.СМИРНОВ, *аспирант, smirnov.olegevg@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

O.E.SMIRNOV, *post-graduate student, smirnov.olegevg@gmail.com*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Saint Petersburg*

РИФТОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА АМЕРАЗИЙСКОГО СУББАССЕЙНА ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты интерпретации временных сейсмических разрезов методом отраженных волн – общей глубинной точки, отработанных экспедицией «Шельф-2011», свидетельствуют о широком развитии рифтогенных структур в базальной части осадочной толщи котловины Подводников (Центральная Арктика). Мощность рифтогенных комплексов по результатам моделирования достигает 5 км. Данные линеаментного анализа батиметрических, гравитационных и магнитометрических данных, свидетельствующие в пользу этого заключения, позволили закартировать блоки и зоны с корой континентального, океанического и переходного типов и трассировать рифтогенные структуры в межпрофильном пространстве.

***Ключевые слова*:** интерпретация, тектоника, рифт, котловина Подводников.

RIFTOGENIC STRUCTURES IN THE WEST SECTOR OF AMERASIA BASIN BASED ON COMPLEX GEOPHYSICAL DATA

The time seismic reflection sections obtained in Podvodnikov basin (Central Arctic) during expedition «Shelf-2011» were interpreted. The tectonic zoning of Podvodnikov basin and adjacent structures was carried out with the use of lineamental analysis of bathymetric, anomalous gravitational and magnetic maps. The distribution of riftogenic structures is shown within the whole Podvodnikov basin. The thickness of riftogenic complexes reaches 5 km.

***Key words*:** interpretation, tectonics, rift, Podvodnikov basin.

Введение. Котловина Подводников расположена в центральной части Северного Ледовитого океана и представляет собой отрицательную форму рельефа океанического дна с глубиной моря до 2800 м (рис.1). С запада и востока котловина обрамляется подводными хребтами Ломоносова и Менделеева, в пределах которых глубина моря уменьшается до 1000 м. С юга к котловине Подводников прилегает мелководный шельф Восточно-Сибирского моря; с севера расположена котловина Макарова, где глубина моря достигает 3500 м.

Котловина Подводников была открыта советскими исследователями в 1950 г., и с этого времени началась история ее планомерного изучения. За прошедшие годы котловина Подводников была покрыта аэромагнитной, наледной гравиметрической съемками, были проведены сейсмические исследования в экспедициях «Северный полюс», «Север», начиная с конца 1980-х годов проводились исследования на геотраверсах. В 2011 г. в котловине Подводников был отработан ряд сейсмических профилей методом отраженных волн – общей глубинной точки (МОВ-ОГТ) в экспедиции «Шельф-2011» в рамках решения проблемы внешней границы континентального шельфа (ВГКШ).

Ключевым вопросом для определения ВГКШ в Восточной Арктике является изучение глубинного строения земной коры котловины Подводников с обоснованием геодинамической модели ее формирования. В отечественной и зарубежной литературе изложены разнообразные точки зрения на эту проблему. В последнее время в научных кругах широкое распространение получила гипотеза о рифтогенном происхождении котловины Подводников [1, 3, 5]. Возрастом образования котловины традиционно считается нижний мел.

В рамках этой гипотезы хребты Менделеева и Ломоносова рассматриваются в качестве структур с континентальным типом земной коры, которые однотипны структурам материкового шельфа Евразии. При этом закономерности пространственного расположения рифтогенных структур в Восточной Арктике, последовательность и механизмы их влияния на осадконакопление ранее детально не исследовались. Принципиальное значение, в частности, имеет вопрос об интенсивности проявления рифтогенных процессов в котловине Подводников и, соответственно, типе ее коры.

Принимая во внимание рассмотренную гипотезу и основываясь на положении о том, что в основании большинства осадочных бассейнов залегают рифтогенные структуры [2], автор поставил задачу моделирования этих геологических объектов в пределах региона, охватывающего котловину Подводников и прилегающие фланги хребтов Менделеева и Ломоносова. Это исследование согласуется с главными задачами, решаемыми ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга» по обоснованию внешней границы континентального шельфа. В сотрудничестве с этой организацией автор предпринял попытку сбора, обработки и качественной интерпретации всего доступного комплекса геолого-геофизических материалов, включающих в себя данные потенциальных полей и сейсмические разрезы, полученные в ходе многочисленных арктических экспедиций, в том числе самой последней – «Шельф-2011».

Фактологическая основа исследований. Для качественной интерпретации и для выделения рифтогенных структур использовались сейсмические разрезы МОВ-ОГТ, полученные в экспедиции «Шельф-2011» (рис.1). В рассмотрение также принимались материалы по профилю глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) «СЛО-89_91».

Для работы были использованы обобщенные материалы по магнитному и гравитационному полю, имеющиеся в базе данных ФГУП «ВНИИОкеангеология». В ней скомпилированы и приведены к одному уровню данные всех наледных авиадесантных измерений, аэромагнитные данные, данные спутниковой альтиметрии. На сегодняшний день это, несомненно, наиболее полная и точная база данных по глубоководной Арктике. Для аномального магнитного поля шаг цифровой матрицы составил 2×2 км, а для аномального поля силы тяжести 10×10 км.

Данные по рельефу дна были получены из международной базы данных свободного пользования International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO, http://www.ngdc.noaa.gov). Отсчеты глубины моря в этой базе данных расположены с шагом 1×1 градус.

Методика исследований. Все указанные материалы были собраны автором в единый банк данных в оболочке программы Corel Draw X5, что обеспечивало оперативный доступ к любому сейсмическому разрезу или карте.

Морфология рифтогенных структур изучена автором по особенностям распределения рефлекторов в сечении разрезов МОВ-ОГТ, полученных в ходе экспедиции «Шельф-2011», и по глубинному разрезу вдоль профиля ГСЗ «СЛО-89_91». Качественная интерпретация этих разрезов показала, что котловина Подводников представляет собой осадочную депрессию, в базальной части которой залегают грабены переменной мощности, ограниченные по флангам разрывными нарушениями (рис.2). В сейсмическом поле грабены проявляются как последовательный набор субгоризонтальных

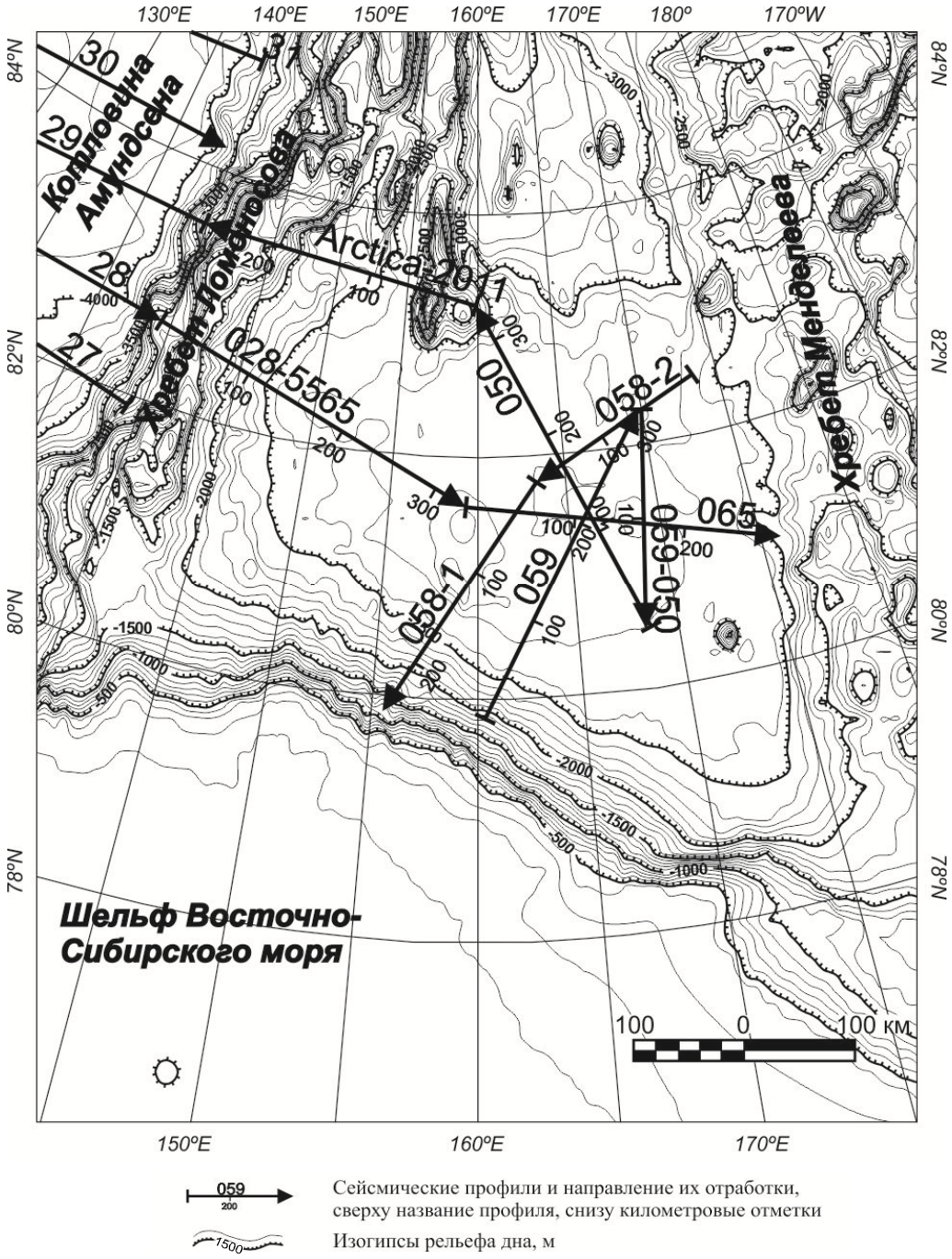


Рис.1. Схема рельефа дна и сейсмические профили в экспедиции «Шельф-2011»

отражающих границ. Характерная морфология кровли акустического фундамента в сочетании с контрастным изменением мощности осадков позволяет говорить о широком развитии рифтогенных структур в основании осадочного бассейна. Вулканогенно-осадочный рифтогенный комплекс, предположительно, нижнемелового-палеоценового возраста, согласно полученным данным, широко проявлен в разрезе коры котловины Подводников и практически отсутствует в разрезах континентальной коры хребтов Ломоносова и Менделеева, а также отрога Геофизиков. Гипсометрически ниже рифтов на всех сейсмических разрезах моделируется акустический фундамент, кровля которого является контрастной отражающей границей.

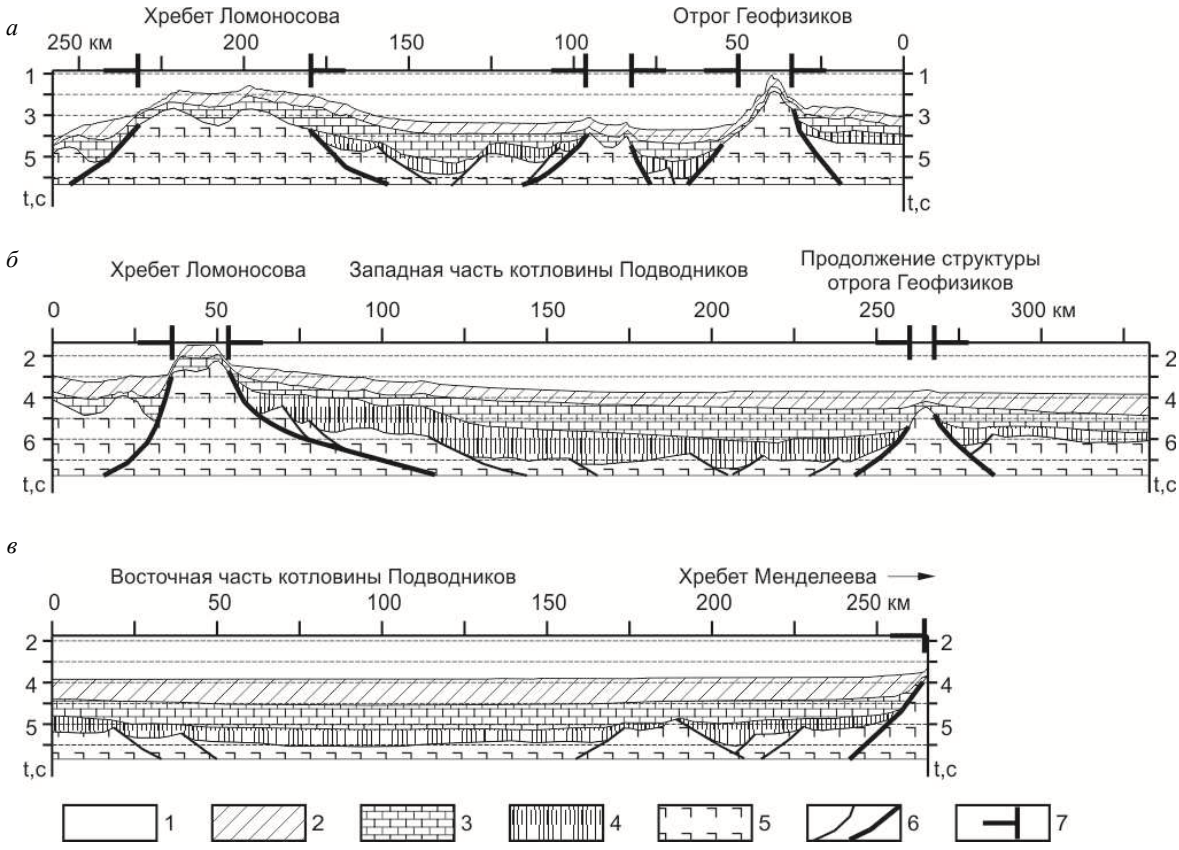


Рис.2. Сейсмогеологические разрезы вдоль профилей, выполненных в ходе экспедиции «Шельф-2011» (*а* – «Arctica-2011»; *б* – 28-5565; *в* – 065)

1 – водный слой; 2 – верхний слой слаболитифицированных осадков; 3 – нижний слой сильнолитифицированных осадков, ограниченный сверху региональным несогласием; 4 – вулканогенно-осадочный синрифтовый комплекс; 5 – кристаллический фундамент; 6 – разрывные нарушения (толщина линии соответствует рангу разлома); 7 – проекции главных разломов рифтогенной природы, вынесенных на тектоническую карту

Осадочные толщи, перекрывающие рифтогенные структуры, проявляются как последовательность субгоризонтальных слоев. В составе толщи выделяется региональное сейсмическое несогласие, отделяющее слабо- и сильнолитифицированные осадки, и относящееся, по литературным данным, ко времени около 20 млн лет назад (олигоцен) [1].

Мощность выделенных рифтогенных комплексов в центральной части котловины достигает во временно́м масштабе 2 с. По оценкам многих исследователей и по данным ГСЗ (в том числе по разрезу вдоль профиля «СЛО-89_90»), скорость распространения продольных сейсмических волн в рассматриваемых (рифтогенных?) структурах в котловине Подводников составляет в среднем 4,0-4,6 км/с [1, 3, 4]. Если принять эту скорость для расчетов, то в глубинном масштабе максимальная мощность рифтогенных комплексов достигает 5 км. Морфология рифтогенных структур контролируется разломами сбросовой кинематики. Положение проекций главных дислокаций этого типа были отмечены на тектонической схеме.

Для интерполяции рифтогенных структур в межпрофильном пространстве использовались данные качественной интерпретации батиметрической карты (см. рис.1), а также карт аномального магнитного и гравитационного полей. Основным инструментом в ходе интерпретации являлся линеаментный анализ. Этот простой, но эффективный инструмент качественного анализа картографических данных позволил наметить положение и выделить направления простирания границ тектонических блоков и рифтогенных структур.

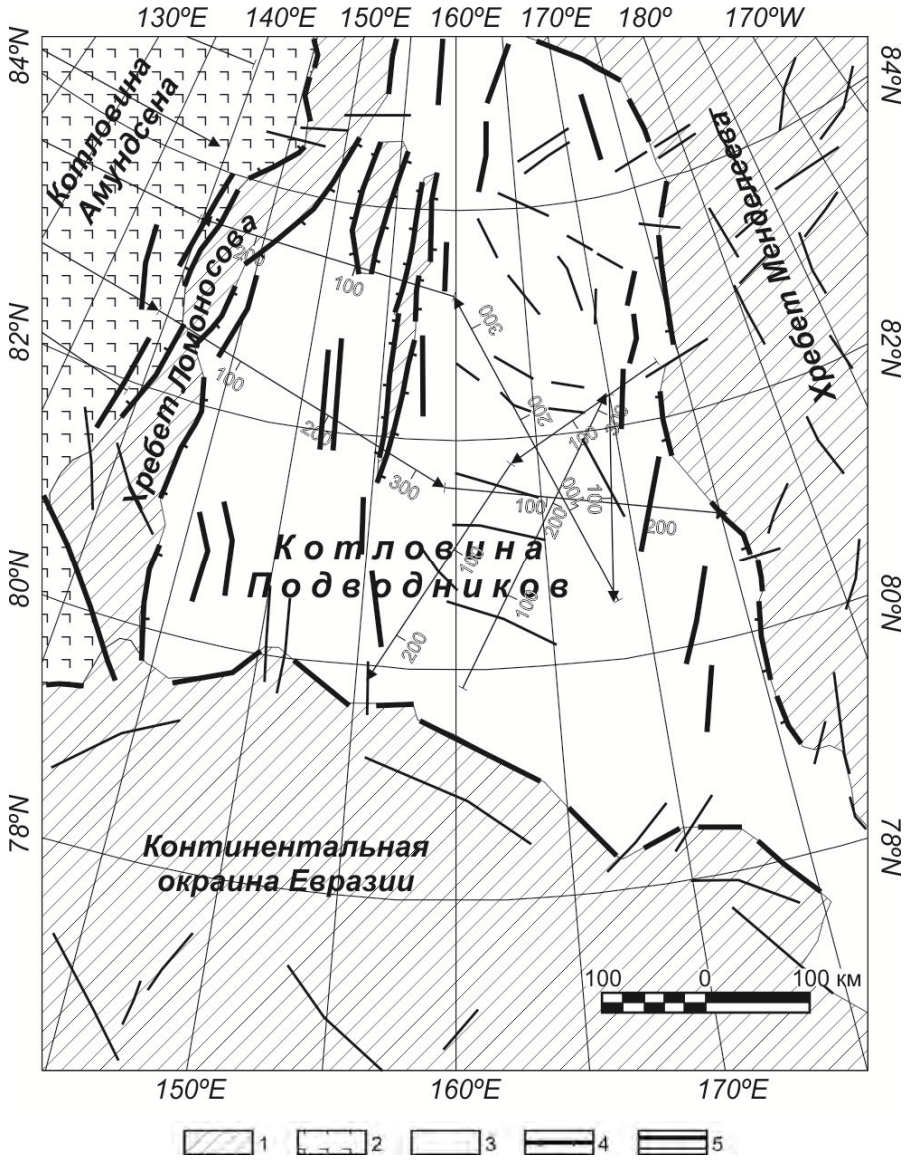


Рис.3. Тектоническая схема западного сектора Амеразийского суббассейна, составленная по результатам качественного анализа комплекса геолого-геофизических данных

1 – блоки с континентальным типом земной коры; 2 – блоки с океаническим типом земной коры; 3 – рифтогенные бассейны; 4 – разломы рифтогенного происхождения; 5 – разломы неустановленной природы (толщина линии соответствует рангу разлома)

Результаты интерпретации комплекса геофизических данных. В результате выполненных исследований автором была построена предварительная тектоническая схема изучаемого региона (рис.3). На этой схеме выделяются структуры с тремя типами земной коры: континентальной, шельфовой рифтогенной и океанической. Континентальный тип разреза земной коры характерен для хребтов Ломоносова и Менделеева и континентальной окраины Евразии. Континентальный тип коры рассматриваемых хребтов обосновывается результатами экспедиций «Арктика-2007» и «Арктика-2005»: на интерпретационных разрезах вдоль этих геотраверсов выделяется гранито-гнейсовый слой.

Океаническая кора развивается западнее хребта Ломоносова – в котловине Амундсена. Типизация коры базируется на присутствии характерных для океанической коры линейных магнитных аномалий [4] и особенностях сейсмических разрезов: здесь наблюдаются характерные для океана рельеф фундамента, мощность осадков и коры в целом.

В центре площади исследований, отвечающей котловине Подводников, расположен обширный рифтогенный бассейн. На сейсмических разрезах, полученных в ходе экспедиции «Шельф-2011», здесь повсеместно выделяются рифтогенные комплексы; в латеральном измерении они проявляются как эшелонированная система протяженных разломов субмеридионального простирания. Положение этих разломов, обоснованных методом линеаментного анализа карт, совпадает (хотя в некоторых случаях и несколько смещено в горизонтальном направлении) с разломами, выделенными на сейсмических разрезах. По результатам качественной интерпретации полей в южной и центральной частях площади исследований уверенно прослеживается серия разломов субширотного простирания, что, вероятно, указывает на многостадийность тектонических процессов в этом регионе.

Наиболее интересной особенностью разработанной тектонической схемы является продолжение континентальной структуры отрога Геофизиков в южную часть котловины Подводников. Такое предположение опирается на особенности сейсмических разрезов по профилям «Arctica-2011» и 28-5565, на которых эта структура отчетливо выделяется поднятием акустического фундамента и уменьшением мощности осадочного слоя. Линеаментный анализ позволил интерполировать выделенные на разрезах блоки в межпрофильном пространстве.

Заключение. Результаты комплексных исследований западного сектора Амеразийского суббассейна позволили выделить три основных типа структур с океанической, шельфовой рифтогенной и континентальной корой. К континентальным блокам относятся хребты Ломоносова и Менделеева, континентальная окраина Евразии и отрог Геофизиков, характеризующиеся поднятиями в рельефе дна и отсутствием рифтогенного комплекса в основании относительно маломощного осадочного чехла. Шельфовый тип коры присущ котловине Подводников. Ее разрез характеризуется мощным слоем осадков, в базальной части которого расположены рифтогенные структуры. Океанический тип коры распространен в котловине Амундсена. Это выражается в характерных формах рельефа акустического фундамента, а также в наличии линейных магнитных аномалий.

Расшифрована структура разрывных дислокаций преимущественно субмеридианального простирания, связанная с проявлением рифтогенных процессов в меловое время. Выделенные разломы субширотного простирания, по-видимому, указывают на многостадийность геологического развития региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Буценко В.В.* Главные тектонические события истории Арктического океана по сейсмическим данным: Автореф. дис. … д-ра геол.-минерал. наук / ВНИИОкеангеология. СПб, 2008. 43 с.

2. *Егоров А.С.* Глубинное строение и геодинамика литосферы Северной Евразии (по результатам геолого-геофизического моделирования вдоль геотраверсов России) / ВСЕГЕИ. СПб, 2004. 200 с.

3. *Каминский В.Д.* Глубинное строение Центрального Арктического бассейна: Автореф. дис. … д-ра геол.-минерал. наук / ВНИИОкеангеология. СПб, 2009. 48 с.

4. *Пискарев А.Л.* Петрофизические модели земной коры Северного Ледовитого океана / Под ред. Ю.Е.Погребицкого // Труды НИИГА-ВНИИОкеангеология. 2004. Т.203. 134 с.

5. *Grantz A.* Chapter 2 Sedimentary successions of the Arctic Region (58–64° to 90°N) that may be prospective for hydrocarbons / A.Grantz, R.A.Scott // Geological Society Memoirs. 2011. Iss.35. P.17-37.

REFERENCES

1. *Butsenko V.V.* Main tectonic events of Arctic Ocean evolution based on seismic data: Reserch Paper … Dr. in geol & min. sc. / VNIIOkeangeologia. Saint Petersburg, 2008. 43 p.

2. *Egorov A.S.* Depth structure and lithosphere's geodynamics of North Eurasia (based on geological-geophysical modeling along Russian regional profiles) / VSEGEI. Saint Petersburg, 2004. 200 p.

3. *Kaminskiy V.D.* Depth structure of Central Arctic basin: Reserch Paper … Dr. in geol. & min. sc. / VNII-Okeangeologiya. Saint Petersburg, 2009. 48 p.

4. *Piskarev A.L.* Petrophysical models of the Earth crust in the Arctic Ocean // NIIGA-VNIIOkeangeologia papers. 2004. V. 203. 134 p.

5. *Grantz A., Scott R.A.* et al. Chapter 2 Sedimentary successions of the Arctic Region (58–64° to 90°N) that may be prospective for hydrocarbons // Geological Society Memoirs. 2011. Iss. 35. P.17-37.