



УДК 550.8:528(98)

Е. А. Гусев, П. В. Рекант, В. А. Виноградов, А. Г. Зинченко (ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга)  
С. И. Шкарубо (ОАО «МАГЭ»)

## Региональное геологическое картографирование – основа изучения и освоения минерально-сырьевого потенциала Арктики



Е. А. ГУСЕВ,  
зав. отделом,  
канд. геол.-минерал. наук



П. В. РЕКАНТ,  
ведущий научный сотрудник,  
канд. геол.-минерал. наук



В. А. ВИНОГРАДОВ,  
ведущий научный сотрудник,  
канд. геол.-минерал. наук



А. Г. ЗИНЧЕНКО,  
старший научный  
сотрудник



С. И. ШКАРУБО,  
главный геолог,  
канд. геол.-минерал. наук

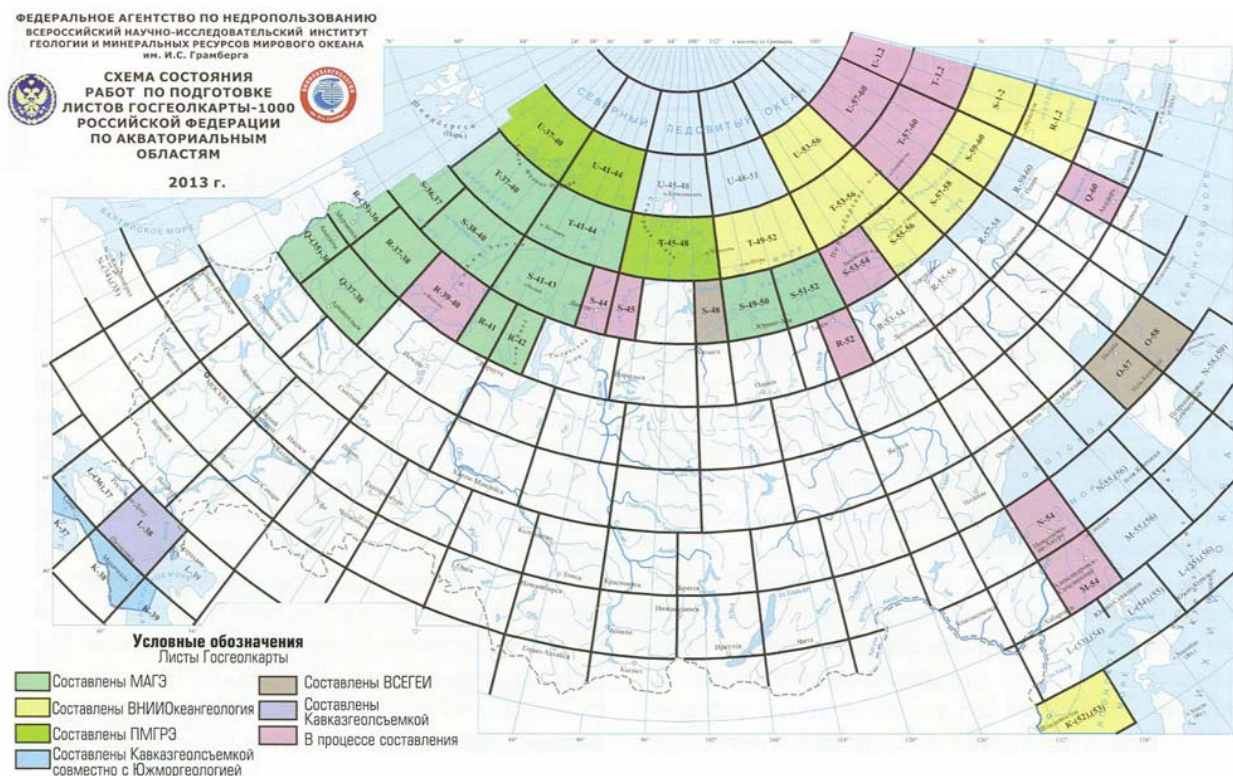
*Изложены современное состояние, проводимые исследования и основные задачи по геолого-геофизическому картографированию в бассейне Северного Ледовитого океана как решающему этапу юридического обоснования российской принадлежности прилегающей к шельфу и глубоководной акватории, а также для оценки и последующего освоения минерально-сырьевого (углеводородного) потенциала заявляемой территории. Показаны методы, технологии, техническое оснащение проводимых работ, основные задачи и направления их интенсификации.*

**Ключевые слова:** российский арктический шельф, глубоководные акватории, степень геолого-геофизической изученности, картографирование, модель осадочного чехла, донный каменный материал, материковые структуры, Госгеолкарта-1000/3, оценка нефтегазоносности.

Современные полистные комплекты Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 выступают в качестве многофункциональной информационной основы изучения и освоения ресурсов недр Арктики. Материалы листов Госгеолкарты-1000 третьего поколения, созданных в последние годы по арктическим акваториям, представлены в форме ГИС-проектов ArcView и интегрируют всю доступную геолого-геофизическую информацию: картографическую, текстовую и базы исходных данных [1, 2]. Методическое обеспечение и сопровождение геолого-съёмочных и картосоставительских работ по акваториальным областям в течение многих лет осуществляет отдел геологического картографирования ВНИИОкеангеологии. К настоящему времени практически на весь арктический шельф России силами

ВНИИОкеангеологии, Морской арктической (МАГЭ) и Полярной морской (ПМГРЭ), геологоразведочных экспедиций составлены, изданы или подготовлены к изданию листы Госгеолкарты-1000 второго и третьего поколений (рис. 1). Усилиями МАГЭ и ПМГРЭ осуществлено картирование практически всего западно-арктического шельфа России. В 2008–2009 гг. ПМГРЭ в северной части карского шельфа выполнена геологическая съёмка масштаба 1:1 000 000; отработано около 7155 км сейсмоакустических профилей с помощью спаркера; осуществлен донный пробоотбор с помощью дночерпателя и грунтовой трубки на 464 геологических станциях [3]. В этой части карского шельфа на глубинах более 150 м морское осадконакопление не прерывалось в течение всего позднего неоплейстоцена, поэтому области распространения ледниковых отложений на севере Карского моря ограничены поднятиями и банками, что соответствует современным оценкам ограниченного распространения неоплейстоценовых ледниковых щитов на всем баренцево-карском шельфе [4, 5].

Отделом геологического картографирования ВНИИОкеангеологии проведено картографирование внешней зоны шельфа восточно-арктических морей России и прилегающих глубоководных котловин, а также хребтов и поднятий. Картирование структур осадочного чехла как шельфовой, так и океанической областей стало возможным благодаря проведению в последние годы большого объема сейсмических работ методами отраженных волн и общей глубинной точки (МОВ–ОГТ). Однако из-за отсутствия опорных скважин в регионе положенные в основу геологических карт



**Рис. 1. Картограмма состояния подготовки листов Госгеолкарты-1000 Российской Федерации по акваториальным областям**

сейсмостратиграфические модели строения осадочного чехла являются схематичными и дискуссионными.

Степень изученности различных участков российского арктического шельфа, а также сопряженных участков глубоководных областей Северного Ледовитого океана (СЛО) существенно различаются. По-прежнему наименее изученным является шельф Восточно-Сибирского моря. Несмотря на проведенные трестом «Дальморнефтегеофизика» в 2009–2010 гг. сейсмические работы в южной части шельфа, его центральная часть остается неизученной. Требуется также проведение аэрогеофизической съемки всего восточно-арктического шельфа [6]. Насущной проблемой остается разработка непротиворечивой сейсмостратиграфической модели строения осадочного чехла восточно-арктического шельфа: бурение двух-трех параметрических скважин могло бы положить конец затянувшейся дискуссии о возрасте комплексов осадочного чехла и пород фундамента, а также дать обоснованную оценку перспектив нефтегазоносности осадочного чехла шельфа моря Лаптевых. Оптимальным местом для проведения параметрического бурения является мелководье к северо-западу от дельты р. Лены, в районе, пересеченном одним из сейсмических профилей МАГЭ. Современные глубины моря здесь не превышают 10–15 м. Технологически простым представляется намыв в данном месте искусственного острова в летне-осенний период, чтобы после ледостава и промерзания островного грунта доставить оборудование и в зимний период провести буровые работы.

В 2006 г. впервые в практике морских геолого-съемочных работ на шельфе Чукотского моря в

комплексе с сейсмоакустическими исследованиями проведено неглубокое бурение трех скважин с использованием оригинальной технологии – многорейсовым способом (разработанную Донецким национальным техническим университетом буровую установку можно использовать с небуровых судов, что существенно снижает стоимость буровых работ). Выявлено двучленное строение верхней части осадочного чехла: на плиоцен-эоплейстоценовых песках и алевролитах с резким угловым несогласием залегают морские голоценовые илы. Возраст и условия седиментации осадков определены на основании многочисленных аналитических исследований гранулометрического и минералогического состава, палеомагнитных измерений, изучения микрофауны, спор и пыльцы диатомовых водорослей, радиоуглеродного датирования, рассеянного органического вещества и т. д.

С 2010 г. во ВНИИОкеангеологии проводится картографирование части СЛО, примыкающей к континентальной окраине восточно-арктических шельфовых морей России. Эта область находится вне пределов юрисдикции РФ, но охватывает площадь, включенную в заявку по расширению внешней границы континентального шельфа (ВГКШ). К одному из критериев, по которым можно определить глубоководную область как естественное продолжение материковых структур в океаническую часть, относится природа акустического фундамента. Составление листов миллионного масштаба на эту область только началось, однако уже есть первые результаты, позволяющие оценить донный каменный материал отрога Геофизиков (хребет Ломоносова) как местный эдафогенный материал [7]. Во ВНИИОкеангеологии изучается также

строение верхней части осадочного чехла поднятия Менделеева, а также континентальной окраины восточно-арктических морей России.

Для построения структурных карт по осадочному чехлу СЛО разработана сейсмостратиграфическая модель, учитывающая все имеющиеся геолого-геофизические данные [9]. В частности, на основании интерпретации сейсмических материалов по прилаптевоморской части хребта Ломоносова разработана новая модель строения осадочного чехла, позволившая скоррелировать сейсмические разрезы гребневой части хребта и прилегающих глубоководных впадин Подводников и Амундсена. В модели учтены как региональные сейсмические профили, полученные с дрейфующих станций «Северный полюс», так и высокоразрешающие сейсмические данные МОВ-ОГТ, опубликованные в последние годы зарубежными исследователями. Сейсмическая модель увязана как с геологическими данными по лаптевоморской континентальной окраине, так и с результатами глубоководного бурения на хребте Ломоносова по проекту IODP-302. Установлено, что осадочный чехол южной части хребта и сопряженных частей котловин Амундсена и Подводников имеет апт-кайнозойский возраст, а разрез чехла разделен двумя основными несогласиями кампан-палеоценового и олигоцен-раннемиоценового возраста. В гребневой зоне хребта Ломоносова установлена сложнопостроенная система грабенов, которая является структурным продолжением новосибирской системы горстов и грабенов, выделяемой на шельфе. Заполнение грабенов осадками началось в апт-альбское время и закончилось полной их компенсацией в палеоценовое время [8].



**Рис. 2. Фотография обнажения коренных пород на склоне подводной горы в южной части поднятия Менделеева**

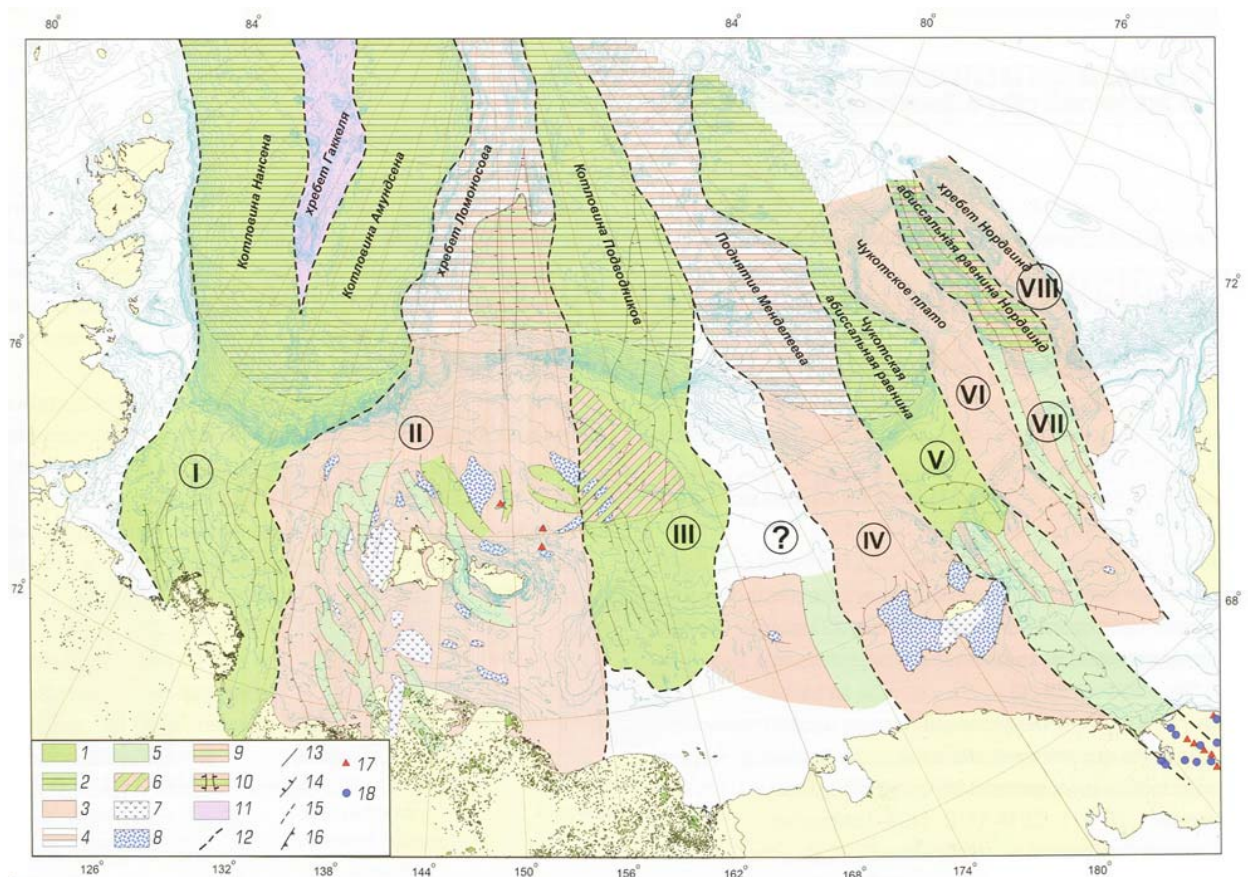
В 2012 г. проведена уникальная экспедиция «Арктика-2012» (ОАО «Севморгео»), в результате которой изучены геолого-геофизическими методами подводные горы поднятия Менделеева, глубоководные впадины Макарова и Подводников,

континентальные склоны восточно-сибирского и чукотского шельфов. Впервые при выборе мест для пробоотбора и бурения использовали научно-исследовательские подводные лодки. Для решения задач, поставленных перед экспедицией, потребовалась разработка новой оригинальной методики проведения работ в сложных ледовых условиях. По результатам исследований получены новые геолого-геофизические материалы, а также данные непосредственных наблюдений, подтверждающие наличие коренных выходов пород фундамента на склонах подводных гор поднятия Менделеева. Прямые наблюдения обнажений дополняются сведениями о крупных скальных блоках и обломках, оползших и скатившихся со склонов подводных гор к их подножиям (рис. 2). Выявлено закономерное уменьшение количества каменных обломков по направлению от подножия крутых склонов к абиссальным равнинам. Коренные выходы на склонах подводных гор поднятия Менделеева достоверно установлены в пределах его южной и северной частей.

Петрографический состав отобранных в ходе экспедиции со склонов поднятия Менделеева образцов довольно выдержан и представлен известняками и доломитами (50–65 %), песчаниками, алевролитами, аргиллитами (20–25 %), базальтами, долеритами, гранитами (5–25 %), метаморфическими сланцами и гнейсами (2–12 %). Таким образом, в строении фундамента поднятия Менделеева участвуют осадочные, метаморфические и магматические породы. Полученные материалы подтверждают концепции о континентальной природе фундамента поднятия Менделеева. Вместе с тем следует отметить широкое распространение коренных выходов магматических и вулканогенно-осадочных пород, что свидетельствует о магматической активизации района поднятия Менделеева. Полученные в ходе экспедиции доводы в пользу местного происхождения большей части донного каменного материала, находящегося близ коренных источников, совпадает с мнением авторов работы [9].

Обобщение геолого-геофизических данных, а также построенных на их основе карт и схем по восточно-арктическому шельфу позволило выявить региональную структуру. По осадочному чехлу России выделены два класса структур: субширотные и субмеридиональные. Первые (Северо-Чукотский прогиб и его западное продолжение Жоховский прогиб) располагаются в северо-восточной части шельфа на каледонском складчатом основании. Каледонский возраст складчатого фундамента установлен по абсолютному возрасту диоритовых порфиритов на севере Аляски и в Восточно-Сибирском море на острове Генриетты. Осадочное выполнение субширотных прогибов представлено элсмирским ( $D_3 - K_1$ ) и брукским ( $K_1br - Kz$ ) сейсмокомплексами, выделяемыми на северном побережье Аляски и Чукотском шельфе [10].

Класс субмеридиональных структур располагается большей частью на позднемезозойском складчатом основании или



**Рис. 3. Схема сквозных структурных зон «шельф — океан» Восточной Арктики по меловым-кайнозойским отложениям [11]:**

1 — впадины на шельфе с осадочным чехлом мощностью до 8–10 км; 2 — впадины в океане с чехлом мощностью до 6–8 км; 3 — поднятие на шельфе с чехлом мощностью до 1–3 км; 4 — поднятия в океане с чехлом мощностью не более 1–3 км; 5 — грабены на шельфе с чехлом мощностью до 3–5 км; 6 — восточная часть массива Де-Лонга, раздробленная в результате рифтогенеза; 7 — выходы складчатого основания на поверхность; 8 — выходы акустического фундамента на шельфе; 9 — юго-восточный фланг поднятия Ломоносова под осадочным чехлом мощностью 2–3 км; 10 — горстово-грабеновая структура абиссальной части Западно-Нортуиндской структурной зоны; 11 — рифтовая зона Гаккеля; 12 — границы сквозных структурных зон «шельф — океан»; 13 — границы положительных и отрицательных структур на шельфе; 14 — сбросы и сбрососдвиги; 15 — условная граница шельфовых и абиссальных частей структурных зон; 16 — границы мульд и площадей поднятий под осадочным чехлом; 17 — кайнозойские и современные вулканы; 18 — гидротермальные источники Восточной Чукотки.

Сквозные структурные зоны: I — Евразийско-Лаптевская; II — Ломоносовско-Новосибирская; III — Подводников-Восточно-Сибирская; IV — Менделеевско-Врангелевская; V — Западно-Чукотская; VI — Центрально-Чукотская; VII — Западно-Нордуинская; VIII — Восточно-Нордуинская

накладывается на более ранние субширотные структуры, которые находят свое продолжение в структурах океана и составляют с ними сквозные зоны. Выделено восемь таких зон (с запада на восток): Евразийско-Лаптевская, Ломоносовско-Новосибирская, Подводников-Восточно-Сибирская, Менделеевско-Врангелевская, Западно-Чукотская, Центрально-Чукотская, Западно-Нордуинская, Восточно-Нордуинская (рис. 3). Субмеридиональные структурные зоны шельфа коррелируются с морфоструктурными зонами океана, обнаруживая сквозной структурный каркас. Установленная зональность затрагивает и прилегающую сушу северо-востока России. Время заложения этих структурных зон относится к баррему-альбу [10].

Немаловажное значение для работ по созданию комплектов Государственных геологических карт имеют методические разработки. Специфика геологического картирования акваторий, в отличие от геологической съемки суши, имеет свои приоритеты и предпочтения. Рельеф дна обуславливает потоки вещества и энергии, а также

места концентрации не только полезных ископаемых, но и загрязняющих веществ. Геоморфологическая карта при картографировании шельфа выступает в роли одной из базовых основ. Наряду с географической, геофизической, дистанционной и геохимической основами геоморфологическая карта, составляемая с использованием системно-морфологического подхода, является своеобразным структурным каркасом как для карт, освещающих глубинное строение территории, так и для литологических карт поверхности дна, четвертичных и геоэкологических карт. Применительно к задачам Государственного геологического картирования масштаба 1:1 000 000 в акваториальных областях выпущено специальное методическое пособие [11]. Не вызывает сомнения необходимость скорейшего включения геоморфологической карты в комплект обязательных карт для акваториальных областей.

Таким образом, в последние годы в результате регионального геологического картографирования изучена большая часть арктического шельфа России

и прилегающих районов Северного Ледовитого океана. Синтезируя всю накопленную геолого-геофизическую информацию, комплекты Госгеолкарты-1000 освещают глубинное строение земной коры и тектонику региона, структуру осадочного чехла, стратиграфический и литологический состав дочетвертичных и четвертичных образований, геоморфологические черты морского дна и прилегающей суши, типы современных донных отложений. В результате картосоставительских работ впервые с исчерпывающей детальностью обобщены и систематизированы все сведения по геологическому строению и полезным ископаемым, установлены структурные и геодинамические взаимосвязи главных тектонических элементов Арктического региона.

Актуальной задачей по созданию комплектов Госгеолкарты-1000/3 арктического шельфа на ближайшее будущее представляется составление листов третьего поколения для районов, расположенных в переходной зоне «суша – море» в Баренцевом, Карском и Восточно-Сибирском морях, а также в море Лаптевых. Назрела необходимость скорейшего проведения аэрогеофизической съемки восточно-арктического шельфа России. Требуется также дальнейшее региональное сейсмопрофилирование по центральной и северной частям шельфа Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Проведение параметрического бурения в Лаптевоморском регионе позволит определить вещественный состав и возраст комплексов осадочного чехла. Только после этого возможна постановка геолого-съемочных и картосоставительских работ нового поколения по восточно-арктическому шельфу России.

#### **Библиографический список**

1. Гусев Е. А., Анохин В. М., Бурский А. З., Виноградов В. А., Лопатин Б. Г., Шкарубо С. И. [Геологическое картирование арктического шельфа России – научно-информационная основа недропользования](#) // Записки Горного института. 2008. Т. 176. С. 20–22.
2. Опекунов А. Ю., Гусев Е. А., Лопатин Б. Г., Виноградов В. А., Дундо О. П., Шкарубо С. И., Макарьев А. А., Пономарева И. Н. [Состояние работ по созданию комплектов Госгеолкарты-1000/3 на шельфе Российской Федерации и основные](#)

[направления развития работ до 2020 года](#) // Региональная геология и металлогения. 2007. № 33. С. 28–30.

3. Гусев Е. А., Шарин В. В., Дымов В. А., Качурина Н. В., Арсланов Х. А. [Новые данные о строении верхних горизонтов осадочного чехла северной части Карского шельфа](#) // Разведка и охрана недр. 2012. № 8. С. 87–90.

4. Гусев Е. А., Костин Д. А., Маркина Н. В., Рекант П. В., Шарин В. В., Доречкина Д. Е., Зархидзе Д. В. [Проблемы картирования и генетической интерпретации четвертичных отложений арктического шельфа России \(по материалам ГКК-1000/3\)](#) // Региональная геология и металлогения. 2012. № 50. С. 5–14.

5. Доречкина Д. Е., Рекант П. В., Коришунов Д. А., Портнов А. Д. [Характер распределения позднечетвертичных ледниково-морских отложений в северной части Приновоземельского шельфа](#) // Записки Горного института. 2012. Т. 195. С. 33–36.

6. Иванов В. Л. Восточно-арктический шельф России ждет своих исследователей // Горный журнал. 2012. № 3. С. 71–76.

7. Рекант П. В., Пяткова М. Н., Николаев С. Д., Талденкова Е. Е. [Донно-каменный материал отрога Геофизиков как петротип пород фундамента южной части хребта Ломоносова \(Северный Ледовитый океан\)](#) // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. – М.: ГЕОС, 2012. С. 29–40.

8. Рекант П. В., Гусев Е. А. [Сейсмогеологическая модель строения осадочного чехла прилаптевоморской части хребта Ломоносова и прилегающих глубоководных котловин Амундсена и Подводников](#) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 11. С. 1497–1512.

9. Кабаньков В. Я., Андреева И. А., Иванов В. Н., Петрова В. И. [О геотектонической природе системы центрально-арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении](#) // Геотектоника. 2004. № 6. С. 33–48.

10. Виноградов В. А., Горячев Ю. В., Гусев Е. А. [Сквозные структурные зоны шельф-океан Восточной Арктики](#) : тр. ВНИИОкеангеологии. – СПб., 2010. Вып. 7. Т. 210. С. 32–47.

11. Методическое пособие по геоморфологическому картографированию дна акваторий (морского и океанического дна) в комплекте Госгеолкарты-1000/3. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. – 49 с.

**Gusev E.A., Rekant P.V., Vinogradov V.A., Zinchenko A.G. (I.S. Gramberg's VNIIOkeangeologia, St. Petersburg), Shkarubo S.I. (MAGE, Murmansk)**  
**REGIONAL GEOLOGICAL MAPPING - BASE FOR STUDY AND EXPLORING OF MINERAL RESOURCES OF THE ARCTIC**

Currently the sets of State Geological map of Russia with 1:1 000 000 scale are made for all Russian Arctic shelf. Gosgeolcarta-1000 (third generation) sheets data include all available geological and geophysical information: maps, text and data banks. Regional seismic CDP profiles, gravity and magnetic fields and the results of geological surveys taken as the base for geological maps. Geomorphologic map is very important for mapping of Arctic water areas. It could be determined as a base map for neotectonic faults and mass wasting structures mapping. During 2007-2012 VNIIOkeangeologia obtained new geological data from continent-ocean transition zone and from adjacent deepwater area of Arctic ocean. New model of sediment cover structure was made for the near-Laptev part of Lomonosov Ridge after interpretation of seismic data. During the expedition of 2012 we find and sampled bedrock outcrops from the seamounts slopes of Mendeleev Rise. We obtained also good evidences for local genesis of dropstones, taken from foots of Lomonosov Ridge and Mendeleev Rise. Actual task for further geological mapping is making of sheets of State Geological map for land-sea transition zone in the Russian East Arctic shelf.