

# ШЕЛЬФОВЫЕ ОСАДОЧНЫЕ БАССЕЙНЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

геология,  
геоэкология,  
минерально-сырьевой  
потенциал



МОРСКАЯ АРКТИЧЕСКАЯ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНАЯ  
ЭКСПЕДИЦИЯ



*50-летию  
Морской арктической  
геологоразведочной экспедиции  
посвящается*

# SHELF SEDIMENTARY BASINS OF THE RUSSIAN ARCTIC

geology, geo-ecology,  
mineral resources  
potential

Chief Editor

Advanced Doctor of Engineering Sciences G. Kazanin

Editorial Board

Advanced Doctor of Geology and Mineralogy *E. Shipilov*,  
Advanced Doctor of Geology and Mineralogy *O. Prishchepa*,  
Candidate of Engineering Sciences *A. Kazanin* (Deputy Chief Editor),  
Candidate of Geology and Mineralogy *S. Shkarubo* (Executive Editor),  
Candidate of Geology and Mineralogy *S. Pavlov*,  
Candidate of Geology and Mineralogy *V. Shlykova*



RENO ME

Murmansk • Saint Petersburg  
2020

# ШЕЛЬФОВЫЕ ОСАДОЧНЫЕ БАССЕЙНЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

геология, геоэкология,  
минерально-сырьевой  
потенциал

Главный редактор  
доктор технических наук Г.С. Казанин

Редакционная коллегия  
доктор геолого-минералогических наук *Э.В. Шпилов*,  
доктор геолого-минералогических наук *О.М. Прищеп*,  
кандидат технических наук *А.Г. Казанин* (заместитель главного редактора),  
кандидат геолого-минералогических наук *С.И. Шкарубо* (ответственный редактор),  
кандидат геолого-минералогических наук *С.П. Павлов*,  
кандидат геолого-минералогических наук *В.В. Шлыкова*



РЕНОМЕ

Мурманск • Санкт-Петербург  
2020

## Авторы:

Е. В. Артюшков, А. С. Балуев, В. И. Богацкий, А. Г. Бургутто, А. И. Васильев, А. С. Васильев, Б. М. Величко, А. Б. Дьяченко, В. А. Журавлев, И. В. Заяц, Г. А. Заварзина, О. Н. Зуйкова, Г. И. Иванов, Г. С. Казанин, А. Г. Казанин, В. А. Кацанюк, Т. А. Кириллова-Покровская, Д. А. Костин, Г. Г. Крюкова, А. В. Кузнецов, Е. С. Макаров, Г. Г. Матишов, А. А. Неупокоева, С. П. Павлов, О. М. Прищепа, М. С. Радченко, А. В. Ступакова, Г. А. Тарасов, С. Ф. Черников, Е. Ю. Шадрина, Э. В. Шипилов, С. И. Шкарубо, В. В. Шлыкова.

## Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук *Н. В. Шаров*  
доктор географических наук *А. А. Шавыкин*

## Authors:

Ye. Artyushkov, A. Baluyev, V. Bogatsky, A. Burguto, Aleksandr I. Vasilyev, Andrei S. Vasilyev, B. Velichko, A. Dyachenko, V. Zhuravlyov, I. Zayats, G. Zavarzina, O. Zuykova, G. Ivanov, G. Kazanin, A. Kazanin, V. Katsanyuk, T. Kirillova-Pokrovskaya, D. Kostin, G. Kryukova, A. Kuznetsov, Ye. Makarov, G. Matishov, A. Neupokoyeva, S. Pavlov, O. Prishchepa, M. Radchenko, A. Stupakova, G. Tarasov, S. Chernikov, Ye. Shadrina, E. Shipilov, S. Shkarubo, V. Shlykova

## Reviewers:

Advanced Doctor of Geology and Mineralogy *N. Sharov*  
Advanced Doctor of Geography *A. Shavykin*

**Шельфовые осадочные бассейны Российской Арктики: геология, геоэкология, минерально-сырьевой потенциал** / под ред. д-ра техн. наук Г.С. Казанина ; АО «МАГЭ». — Мурманск ; СПб. : «Реноме», 2020. — 544 с.

ISBN 978-5-00125-347-1  
DOI: 10.25990/dhw6-9x41

На основе обобщения результатов региональных геолого-геофизических исследований, выполненных АО «МАГЭ» на Арктическом шельфе России в XXI веке, изложены современные представления о строении осадочных бассейнов арктической континентальной окраины: тектонике и геодинамике, магматизме, структуре и сеймо-стратиграфических особенностях комплексов осадочного чехла. Показаны взаимосвязи шельфовых бассейнов с сопряженными структурами суши и Северного Ледовитого океана. Дана оценка прогнозных ресурсов нефти и газа как крупных регионов, так и выявленных потенциальных зон нефтегазонакопления и локальных структур. Приводится описание новейших отложений и донных осадков, геоэкологического состояния природных сред.

Монография предназначена для научных сотрудников и специалистов в области региональной, морской и нефтегазовой геологии, а также студентов геологической и геофизической специальности.

Рис. 249, табл. 50, библиогр. 310 назв.

УДК 553.04

**Shelf Sedimentary Basins of the Russian Arctic: geology, geo-ecology, mineral resources potential** / under the editorship of Advanced Doctor of Engineering Sciences G. Kazanin ; JSC MAGE. — Murmansk ; Saint Petersburg : «Renome», 2020. — 544 p.

ISBN 978-5-00125-347-1  
DOI: 10.25990/dhw6-9x41

Basing on the generalization of regional geological and geophysical study results carried out by JSC MAGE on the Arctic shelf of Russia in the 21<sup>st</sup> century, modern concepts of the structure of sedimentary basins of the Arctic continental margin are presented: tectonics and geodynamics, magmatism, structure and seismostratigraphic features of the sedimentary cover sequences. The interrelations of shelf basins with conjugate structures of land and the Arctic Ocean are shown. An assessment of the predicted oil and gas resources is given, both in large regions and identified potential oil and gas accumulation zones and local structures. The description of the latest sediments and bottom sediments as well as the geo-ecological state of natural environments is presented.

The monograph is intended for researchers and specialists in the regional, marine and oil and gas geology, as well as students of geological and geophysical specialties.

Fig. 249, Tabl. 50, 310 References.

UDC 553.04

ISBN 978-5-00125-347-1

© АО «МАГЭ», 2020  
© Авторы, 2020  
© Оригинал-макет. ООО «Реноме», 2020

ISBN 978-5-00125-347-1

© JSC MAGE, 2020  
© Authors, 2020  
© Design-layout. Ltd «Renome», 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

А. Г. Казанин. Вступительное слово .....	5
Предисловие .....	6
Введение. Обзор истории исследований бассейнов арктических морей .....	9
<b>Часть первая</b>	
<b>ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЕЛЬФА В XXI веке .....</b>	<b>13</b>
Глава 1. РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА НЕФТЬ И ГАЗ .....	15
Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ .....	36
<b>Часть вторая</b>	
<b>ОСАДОЧНЫЕ БАСЕЙНЫ ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА .....</b>	<b>47</b>
Глава 3. БЕЛОМОРСКО-МЕЗЕНСКИЙ БАСЕЙН .....	55
3.1. Палеорифтовая система Белого моря .....	57
3.1.1. Строение палеорифтовых зон .....	58
3.1.2. Литолого-стратиграфическая характеристика комплексов заполнения грабенов ...	65
3.2. Мезенская синеклиза .....	69
3.3. Основные этапы тектонической эволюции и магматизма Беломорского региона .....	71
Глава 4. ПЕЧОРОМОРСКИЙ БАСЕЙН .....	75
4.1. Тектоника Печороморского бассейна .....	75
4.2. Сейсмостратиграфические комплексы осадочного чехла Печорского моря .....	104
4.3. История формирования бассейна .....	107
Глава 5. БАРЕНЦЕВСКИЙ МЕГАБАСЕЙН .....	111
5.1. Рыбачинско-Святоносская перикратонная область .....	111
5.2. Баренцевская плита .....	113
5.2.1. Основные тектонические элементы фундамента и осадочного чехла .....	113
5.2.2. Сейсмогеологическое строение южной части Баренцевской плиты .....	120
5.2.3. Обобщенная геологическая модель северной части Баренцевского шельфа .....	129
5.2.4. Этапы формирования Восточно-Баренцевского мегабассейна: роль рифтогенеза, сопутствующего магматизма и метаморфических преобразований земной коры ..	145
Глава 6. СЕВЕРО-КАРСКИЙ БАСЕЙН .....	157
6.1. Основные структурные элементы Карской плиты .....	157
6.2. Северо-Сибирский порог .....	166
6.3. Геологическое строение Северо-Сибирского порога и сопредельных структур в свете новых данных .....	167
6.4. Особенности формирования и эволюции Баренцево-Карской континентальной окраины ..	178
Глава 7. ЮЖНО-КАРСКИЙ БАСЕЙН .....	183
7.1. Структура домезозойского основания .....	185
7.2. Строение осадочного чехла .....	194
<b>Часть третья</b>	
<b>ОСАДОЧНЫЕ БАСЕЙНЫ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ОБЛАСТИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА .....</b>	<b>203</b>
Глава 8. ЛАПТЕВОМОРСКИЙ БАСЕЙН .....	206
8.1. Сейсмостратиграфические комплексы осадочного чехла .....	208
8.2. Тектоническое строение Южно-Лаптевского шельфа .....	215
8.3. Структура притаймырской части шельфа моря Лаптевых .....	221
8.4. Актуализированная геологическая модель моря Лаптевых и сопредельных глубоководных зон .....	226

<i>Глава 9. ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ БАСЕЙН</i> .....	237
9.1. Строение осадочных бассейнов континентальной окраины Восточно-Сибирского моря	238
9.1.1. Сейсмостратиграфическая модель плитного чехла .....	240
9.1.2. Тектоническое районирование .....	245
9.2. Роль палеозойского комплекса в разрезе земной коры Восточно-Сибирского моря	255
<i>Глава 10. ГЛУБОКОВОДНЫЕ БАСЕЙНЫ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА</i> .....	262
10.1. Геологическое строение южного сегмента хребта Ломоносова .....	262
10.2. Структуры Евразийского суббассейна .....	268
10.3. Строение области Центрально-Арктических поднятий .....	276
<b>Часть четвертая</b>	
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ</b> .....	279
<i>Глава 11. ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКИЙ ШЕЛЬФ</i> .....	282
11.1. Возможная нефтегазоносность Беломорско-Мезенского бассейна .....	282
11.2. Ресурсный потенциал Печорского моря и прилегающих районов севера Тимано-Печорской НПП .....	293
11.3. Нефтегазоносный бассейн Баренцева моря .....	302
11.3.1. Нефтегазогеологическое районирование и перспективные комплексы осадочного чехла .....	302
11.3.2. Характеристика нефтегазогеологических таксонов .....	308
11.3.3. Оценка прогнозных ресурсов углеводородов .....	328
11.4. Перспективы на нефть и газ северной части Карского моря .....	341
11.4.1. Оценка прогнозных ресурсов углеводородов прогибов Святой Анны и Воронина	345
11.4.2. Оценка ресурсов нефти и газа зоны сочленения Северо-Сибирского порога, Карской и Западно-Сибирской плит .....	350
11.5. Нефтегазоносность Южно-Карского бассейна .....	354
11.5.1. Перспективные нефтегазоносные комплексы .....	355
11.5.2. Характеристика нефтегазоносных областей и оценка прогнозных ресурсов	357
<i>Глава 12. ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИЙ ШЕЛЬФ</i> .....	372
12.1. Перспективный нефтегазоносный бассейн моря Лаптевых .....	372
12.2. Перспективы нефтегазоносности Восточно-Сибирской континентальной окраины	382
<b>Часть пятая</b>	
<b>НОВЕЙШИЙ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ И ГЕОЭКОЛОГИЯ</b> .....	389
<i>Глава 13. ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ОСАДОЧНЫЙ ЧЕХОЛ</i> .....	393
13.1. Четвертичные отложения Баренцево-Карского шельфа .....	393
13.2. Плиоцен-четвертичные отложения Лаптевоморского региона .....	411
13.2.1. Стратиграфо-генетические подразделения и вещественный состав .....	416
13.2.2. Минерально-сырьевое значение .....	432
13.3. Четвертичные отложения Беломорского бассейна .....	443
<i>Глава 14. СОВРЕМЕННЫЕ ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ</i> .....	460
14.1. Современные донные осадки Западно-Арктического шельфа .....	460
14.2. Особенности современного седиментогенеза в море Лаптевых .....	479
<i>Глава 15. ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ</i> .....	492
15.1. Эколого-геологические условия Баренцево-Карского шельфа .....	492
15.1.1. Эколого-геологическая обстановка Баренцева моря .....	493
15.1.2. Эколого-геологическая обстановка Карского моря .....	509
15.2. Состояние природных сред Лаптевоморского региона .....	518
<i>Заключение. Основные итоги современного этапа исследований и перспективы освоения ресурсов Арктического шельфа</i> .....	525
Список литературы .....	528
Список фондовых источников .....	536
Сведения об авторах .....	538



*Уважаемые коллеги, друзья!*

*Книга, представленная вашему вниманию, выходит из печати в преддверии 50-летия Морской арктической геологоразведочной экспедиции. В ней отражены, главным образом, результаты геолого-геофизических исследований, выполненных коллективом МАГЭ на Арктическом шельфе России в течение первых двух десятилетий XXI века. Эти исследования проводились на современном научно-методическом и технологическом уровне, с применением многоканальных систем регистрации сейсмических данных, групповых пневмоисточников, высокоточных гравиметров и магнитометров, 4-компонентных донных станций. В совокупности с новейшими программно-аппаратурными комплексами цифровой обработки и интерпретации геофизических материалов, это позволило значительно повысить глубину и детальность изучения разреза земной коры, пролить свет на многие дискуссионные вопросы строения осадочных бассейнов арктических морей.*

*Уместно вспомнить, что Морская арктическая геологоразведочная экспедиция занимает особое место в истории исследования арктического шельфа России. Ее создание положило начало систематическому изучению геологии Баренцева и Карского морей, увенчанному впоследствии открытием богатейших нефтегазоносных провинций и уникальных месторождений нефти и газа.*

*И сегодня, благодаря постоянному обновлению флота научно-исследовательских судов, разработке и внедрению современных технологий, компания МАГЭ продолжает успешно выполнять геолого-геофизические исследования в сложнейших условиях Арктики. Коллектив МАГЭ всегда отличался высоким научным потенциалом, работая в тесном взаимодействии с учеными ведущих институтов Санкт-Петербурга и Москвы, плодом которого, безусловно, является и эта книга.*

Генеральный директор АО «МАГЭ»,  
кандидат технических наук,  
президент Ассоциации полярников Мурманской области,  
член Общественного совета Арктической зоны РФ

**А. Г. Казанин**



1972 - 2022

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В монографическом стиле в книге систематизирована информация о геологическом строении, ресурсном потенциале и закономерностях размещения полезных ископаемых, экологическом состоянии шельфовых осадочных бассейнов, как опубликованная ранее в научных журналах, сборниках трудов и объяснительных записках к Государственным геологическим картам, так и недоступная прежде широкому кругу читателей – из фондовых источников. Основная часть вошедших в монографию материалов составлена специалистами ОАО «МАГЭ» (с 30.11.2020 г. – АО «МАГЭ»), в соавторстве с учеными ведущих отраслевых научно-исследовательских и академических институтов: ВНИИОкеангеология, ВСЕГЕИ, ГИН РАН, МГУ, ВНИГНИ, ВНИГРИ, Мурманского морского биологического, Полярного геофизического и Геологического институтов КНЦ РАН и сотрудниками производственных организаций – ПМГРЭ, АМИГЭ, Севморгео.

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность всем исследователям континентального шельфа, архипелагов и побережья российской Арктики, чей подвижнический труд лежит в основе современных знаний – ветеранам НИИГА–ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, КМАГЭ (ОАО «МАГЭ»), мурманских морских геологоразведочных организаций (НИИморгеофизика, Севморнефтегеофизика, Арктикморнефтегазразведка, Арктические морские инженерно-геологические экспедиции).

Инициатива создания монографии, отражающей вклад Морской арктической геологоразведочной экспедиции в изучение геологии и минеральных ресурсов, главным образом, нефтегазового потенциала Арктического шельфа в новом веке, принадлежала Генеральному директору ОАО «МАГЭ», доктору технических наук, академику РАЕН Геннадию Семеновичу Казанину.

В конце марта 2020 года, когда монография была почти готова для передачи в издание, ее идейный вдохновитель и главный редактор Геннадий Казанин ушел из жизни. Мы, соавторы и коллеги, считаем своим долгом завершить задуманное Геннадием Семеновичем, как он при жизни доводил до конечного результата любые, самые сложные дела.

Мы посвящаем эту книгу памяти Геннадия Семеновича Казанина – крупного ученого-геофизика и талантливого руководителя, исследователя Арктики, Антарктики и Мирового океана.

*Памяти  
Геннадия  
Семеновича  
Казанина*



**ГЕННАДИЙ СЕМЕНОВИЧ КАЗАНИН** родился 2 июля 1948 года в деревне Покровка Федоровского района Башкирской АССР. После школы он поступил в Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина) — лучшее учебное заведение Советского Союза в области космической радиосвязи.

Еще студентом Геннадий Семенович впервые побывал на Кольском полуострове — на военных сборах в Североморске. Тогда он увидел полярный день с незаходящим солнцем на небосклоне и Баренцево море, сливающееся с горизонтом. Здесь, на Северном флоте, он принял присягу на верность Отечеству. Вскоре дипломированный геофизик Геннадий Казанин получил направление во Всесоюзный научно-исследовательский институт геофизических методов разведки. Молодому инженеру предстояло заниматься разработкой технологий использования радиоволн для изучения литосферы.

С 1978 года Геннадий Семенович посвятил свою жизнь Морской арктической геологоразведочной экспедиции. Мурманск в 70-е годы становился городом таких людей, как Казанин: молодых, энергичных и образованных. Он приехал, чтобы знания, приобретенные в московском научном институте, применить на практике для исследований Арктического шельфа. Работать начал под руководством академика Игоря Грамберга. Благодаря профессионализму и организаторскому таланту Геннадий Семенович уверенно поднимался по служебной лестнице. В 1981 году Геннадий Семенович возглавил геофизическую мастерскую-лабораторию МАГЭ. Это было захватывающее время! Жить в Мурманске в те годы было интереснее, чем в Москве или Ленинграде. В лаборатории, которой он руководил,

часто появлялись коллеги из исследовательских центров Риги, Южно-Сахалинска, Краснодара, Баку. Сюда стремились лучшие геологи и нефтяники. Среди них Казанин был известен как идеолог и разработчик инновационных сейсмоакустических комплексов.

В 1983 году Геннадий Казанин стал главным инженером МАГЭ. Дальние плавания продолжались практически круглый год: с середины мая начинался полевой сезон в Арктике, а с ноября на всю зиму суда брали курс в Мировой океан. На карте мира найдется не так уж много мест, где не побывал Геннадий Казанин. Прошел вдоль побережья Африки, от Туниса до Анголы, руководил первой советской геофизической экспедицией в Антарктике, исследовал дно океана в Бермудском треугольнике. Уже в 80-е годы коллектив МАГЭ использовал корреляционный метод преломленных волн для изучения земной коры шельфа и океана. Аппаратно-технический комплекс для этих исследований был разработан и внедрен под руководством Казанина.

В 1999 году Геннадий Семенович был назначен генеральным директором МАГЭ. Первым его шагом на новом посту стала широкая модернизация всех судов и берегового вычислительного центра. Экспедиция вышла на международный рынок как конкурентоспособная сервисная компания, где используются все новейшие научные разработки в области геофизики.

Масштабные геолого-геофизические исследования, развернутые экспедицией в новом XXI веке под руководством Геннадия Семеновича, позволили оценить нефтегазовый потенциал труднодоступных акваторий, транзитных зон и прилегающей суши Российской Арктики и значительно прирастить потенциальные запасы углеводородного сырья. За период 2000–2017 годов

были изучены обширные районы морей Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского, выявлены десятки новых потенциально нефтегазоносных структур с локализованными прогнозными ресурсами более 3 млрд т н. э. (нефтяного эквивалента). Общий объем выполненных ОАО «МАГЭ» по государственному заказу профилей МОГТ 2D превысил 137 000 км. Эти работы также внесли существенный вклад в региональное изучение Арктического шельфа, завершившееся созданием Государственной геологической карты – основы недропользования. За разработку, научное обоснование и внедрение прогрессивных технологий для создания эколого-геологических основ недропользования Западно-Арктического шельфа России Геннадия Семеновичу Казанину, как руководителю творческого коллектива, в 2006 году было присвоено звание лауреата премии Правительства в области науки и техники. Высокий профессионализм Г. С. Казанина был подтвержден научным сообществом – в 2008 году ему присуждена ученая степень доктора технических наук.

В 2014 году под руководством Геннадия Семеновича проведена высокоширотная экспедиция в Северном Ледовитом океане. Для этого судно «Академик Федоров» было оборудовано специальным устройством для выполнения подледной сейсморазведки, разработанным в МАГЭ. Общий объем комплексной геофизической съемки составил более 10 000 км. Большая часть работ проходила во льдах сплоченностью 9–10 баллов, толщиной до 160 см. В ходе работ впервые был выполнен непрерывный сейсмический профиль, пересекающий все основные структуры Евразийского бассейна: котловину Амундсена, хребет Гаккеля, котловину Нансена. Также впервые в мире сейсмическим профилем МОВ ОГТ был пересечен Северный полюс. Полученные результаты комплексных геофизических исследований континентальных окраин и центральных областей Северного Ледовитого океана позволяют существенно усилить аргументацию Российской Федерации при обосновании внешней границы континентального шельфа.

Отличительной чертой последнего периода (2014–2019 годы) стало уменьшение доли региональных работ по госзаказу и активизация работ, выполняемых для недропользователей – ПАО «Газпром» и ПАО «НК «Роснефть». Новые задачи потребовали разработки и внедрения инновационных технологий, освоения новых направлений деятельности, в числе которых – инженерно-геологические изыскания, сейсморазведка на суше и в транзитных зонах.

Благодаря организаторскому таланту Геннадия Семеновича, умению принять верные инвестиционные и технологические решения, компания успешно справлялась с вызовами нового времени. МАГЭ по заказам компаний «Роснефть» и «Газпром геолого-разведка» выполнила более 77 тыс. км сейсмических исследований МОВ ОГТ 2D в Карском, Баренцевом морях и в море Лаптевых. Экспедиция выполнила также большой объем комплексных инженерно-геологических изысканий на площадках под строительство поисково-оценочных скважин и подводных сооружений, подводно-технических работ с применением

телеуправляемого необитаемого подводного аппарата на проектируемых объектах морской добычи нефти и газа, на действующих подводных добычных комплексах, трубопроводах, законсервированных и ликвидированных скважинах.

Созданная по инициативе Геннадия Семеновича в Санкт-Петербурге партия для выполнения сейсморазведки на мелководье отработала 630 км профилей по методике 2D у побережья Ямала и в Поморском проливе. В 2018 году партией выполнены работы 3D в Печорском море (386 км<sup>2</sup>) в районе Приразломного месторождения и на шельфе Сахалина (235 км<sup>2</sup>). В 2019 году в Охотском море выполнены работы 3D – 515 км<sup>2</sup>, причем впервые с использованием новой российской разработки – донных станций «Краб». Партия наземной сейсморазведки успешно выполнила работы на полуострове Ямал и в Ненецком автономном округе суммарным объемом 1564 км.

Геннадий Семенович проводил большую общественную работу, являлся инициатором создания и президентом региональной общественной организации «Ассоциация полярников Мурманской области». Он горячо любил свою малую родину, активно помогал развивать Федоровский район Башкирии, поддерживал учебные заведения в Мурманской области.

Г. С. Казанин был удостоен многих государственных и ведомственных наград: медали ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, (2002), ордена Почета (2008), медали «За отличие в морской деятельности», «Ордена за заслуги 1 степени» Санкт-Петербургского Морского собрания, звания «Заслуженный геолог Российской Федерации», награжден знаком «Почетный полярник», получил благодарность Президента РФ.

Геннадий Семенович – руководитель и человек, создавший неповторимый климат, своеобразный дух МАГЭ, которым гордятся все, кто работает сейчас, и кто работал в МАГЭ раньше. Геологи, геофизики, моряки, все сотрудники экспедиции ценили и уважали его не только как блестящего ученого и руководителя, но и как мудрого человека. Геннадий Семенович обладал необыкновенной пронизательностью, умением разглядеть профессиональный и человеческий потенциал каждого сотрудника, вовремя доверить ему выполнение ответственной задачи. Большое внимание Геннадий Семенович уделял профессиональному росту специалистов. По инициативе Геннадия Семеновича МАГЭ регулярно участвовала в тематических выставках, научных конгрессах, конференциях и семинарах, проводимых национальными и международными сообществами геологов и геофизиков, что способствовало расширению кругозора и профессиональных навыков сотрудников. Он никогда не забывал поздравить каждого работника с днем рождения, юбилеем, в том числе ветеранов экспедиции.

Мы всегда будем помнить Геннадия Семеновича Казанина как признанного лидера, выдающегося организатора производства, крупного ученого и как старшего товарища, умевшего найти в нужный момент нужные слова для каждого из нас.

*Редакционная коллегия, совет директоров,  
коллектив АО «МАГЭ»*

## Введение

# ОБЗОР ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ БАССЕЙНОВ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

История геолого-геофизических исследований акваторий арктических морей России, непосредственно нацеленных на поиски нефти и газа, насчитывает около полувека. Первые сейсмические работы в южной части Баренцева (Печорского) моря были проведены в конце 60-х гг. Геленджикским отделением ВНИИморгео. Их целью была попытка проследить на шельфе нефтегазоносные структуры Тимано-Печорской провинции.

В 1972 г. в Мурманске, с целью увеличения объемов геологоразведочных работ на нефть и газ в акваториях, была организована Комплексная морская арктическая геолого-геофизическая экспедиция (КМАГЭ). Эта экспедиция, входившая в состав Ленинградского объединения «Севморгео», занимает особое место в истории исследования Арктического шельфа России. Ее создание положило начало систематическому изучению геологии Баренцева и Карского морей, увенчавшемуся впоследствии открытием богатейших нефтегазоносных провинций. Эту дату можно считать ключевой и для города Мурманска, стартом формирования новой для региона отрасли – морского нефтегазового геолого-геофизического комплекса, давшего мощный импульс развитию инфраструктуры и жилищного строительства.

Первыми сейсмическими и гравимагнитными исследованиями КМАГЭ (ныне АО «МАГЭ») были очерчены крупнейшие осадочные бассейны на шельфе Баренцева и Карского морей, определяющие высокие перспективы региона. Стало очевидно, что структуры Тимано-Печорской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций имеют продолжение на прилегающем шельфе.

С 1973 по 1978 г. в южных районах Баренцева и Карского морей выявлено 38 локальных поднятий, в том числе крупные структуры: Мурманская, Северо-Кильдинская, Поморская, Северо-Гуляевская, Варандейская, Приразломная, Ленинградская, Русановская, Харасавэйская; часть из них подготовлена к бурению. Проведенные в этот период исследования внесли решающий вклад в новую, более значительную по масштабам, оценку потенциальных ресурсов Арктического шельфа России.

В короткие сроки коллективу КМАГЭ удалось создать основу для развертывания дальнейших

поисковых работ. Научно-технический потенциал КМАГЭ стал залогом создания на ее базе подразделений таких новых организаций, как «Севморнефтегеофизика», «Техморгео». Дальнейшими работами этих специализированных морских поисково-разведочных организаций, а также Арктических морских инженерно-геологических экспедиций (АМИГЭ), бурового треста «Арктикморнефтегазразведка» при разведке перечисленных выше структур в 80-е – начале 90-х гг. геофизиками, геологами, буровиками и была открыта большая часть известных ныне на Баренцево-Карском шельфе месторождений.

Теперь уже все знают, что в Баренцевом и Карском морях разведаны крупные и уникальные газовые и газоконденсатные месторождения, такие гиганты, как Штокмановское, Ленинградское, Русановское, разрабатывается нефтяное Приразломное, получена легкая нефть при испытании скважины на месторождении Победа. Однако немногие помнят ведущий к ней, этой символической победе, весьма нелегкий путь, пройденный морскими геологоразведчиками Мурманска.

На этом пути к залежам нефти и горючего газа Арктического шельфа условно можно выделить ряд этапов.

**Первый этап («советский»)** с начала 70-х до начала 90-х гг. XX в. отличался нарастающими темпами сейсморазведки и бурения, открытием новых нефтегазоносных провинций, крупных и уникальных месторождений.

В период 1979–1992 гг. МАГЭ проводит геологическую съемку шельфа, пересекает региональными профилями осадочные бассейны морей Баренцева, Карского, моря Лаптевых, изучает континентальные окраины Норвежско-Гренландского и Евразийского бассейнов Северного Ледовитого океана.

Севморнефтегеофизика (СМНГ) покрывает площадными сейсмическими работами акватории южной части Баренцева (с Печорским) и Карского морей, готова структуры под бурение.

По результатам этих сейсморазведочных работ среднего и крупного масштаба установлены основные черты глубинного строения, оценена мощность осадочного чехла и земной коры, составлены первые

региональные сейсмостратиграфические схемы осадочного разреза и тектонические карты. Кроме того, были составлены структурные карты, освещающие строение осадочного чехла, и выявлен целый ряд перспективных локальных поднятий. Всего на шельфе Баренцева и Печорского морей отработано более 320 тыс. км сейсмических профилей [Маловицкий и др., 1998]; в их числе доля региональных исследований достигала 25%.

Однако проведенные в этот период сейсморазведочные работы МОВ ОГТ с 24- и 48-кратным перекрытием, длиной аналогового устройства до 3000 м с источниками возбуждения малого объема не обеспечивали достаточной глубинности исследований и детальности расчленения геологического разреза, требуемых в настоящее время.

На подготовленных сейсморазведкой структурах Арктикоморнефтегазразведка (АМНГР) пробурила порядка 60 скважин, открыв 12 месторождений. В их числе 3 нефтяных (Приразломное\*, Варандей-море, Медыньское-море), 1 нефтегазоконденсатное (Северо-Гуляевское), 5 газоконденсатных (Штокмановское, Поморское, Ледовое, Ленинградское, Русановское), 3 газовых (Северо-Кильдинское, Мурманское, Лудловское).

Как видно, большая часть крупных открытий, ныне составляющих минерально-сырьевую базу энергетического сектора российской экономики на Арктическом шельфе, была сделана на первом этапе, в советское время. Эффективность геологоразведочных работ при этом была весьма высокой: месторождения на акваториях Баренцева и Карского морей открывались первыми скважинами, а коэффициент успешности достигал значений 0,7–0,8.

В постсоветский период история изучения и освоения шельфа складывалась гораздо сложнее.

**Второй этап («перестроечный»)**, с 1993 по 2003 г. — характеризовался резким спадом интенсивности геологоразведки. За эти годы МАГЭ и СМНГ на Арктическом шельфе были выполнены небольшие объемы сейсморазведочных работ на отдельных объектах. Из заметных событий этого этапа нужно отметить начало реализации программы создания государственной сети опорных геолого-геофизических профилей (АР-1, АР-2) на Баренцево-Карском шельфе, в которой участвуют «Севморнефтегеофизика», СМНГ и МАГЭ. Большинство судов и буровых установок Мурманских геологоразведочных предприятий успешно работали в этот период только на западном (мировом) рынке, приобретая ценный опыт и технологическое оборудование. Лишь в 1999 г. возобновились буровые работы, за счет средств недропользователей: ФГУП «Арктикоморнефтегазразведка» были пробурены

2 скважины, подтвердившие нефтяную залежь на Долгинской структуре, и 3 скважины — в Обской губе, пробурены ОАО «Газпром». Этими скважинами на структурах, выявленных МАГЭ в 1984–1986 гг. и позднее подготовленных к бурению работами Севморнефтегеофизики, в 2000–2003 гг. были открыты газовые месторождения: Северо-Каменномысское, Каменномысское-море и Обское.

По состоянию на 01.01.2004 г. начальные суммарные ресурсы (НСР) нефти и газа Арктического шельфа России оценивались величиной порядка 80 млрд тонн в нефтяном эквиваленте, из них ресурсы Баренцева моря (с Печорским) — 30,3 млрд тонн, Карского — 41,2 млрд тонн [Каминский и др., 2005, 2016]. Несмотря на столь значительную оценку НСР, геолого-геофизическая изученность Арктического шельфа оставалась сравнительно низкой и крайне неравномерной. Например, достигнутая к этому времени средняя плотность покрытия акваторий сеймопрофилями по шельфу Баренцева моря составляла 0,31 км/км<sup>2</sup>, Карского моря — всего 0,09 км/км<sup>2</sup>. В целом, степень изученности арктических морей соответствовала слабой (0,1–0,3 км/км<sup>2</sup>) и очень слабой (<0,1 км/км<sup>2</sup>). Наибольшая плотность сейсмических наблюдений была сосредоточена в Печорском море. Северные районы Баренцева и Карского морей были изучены лишь отдельными рекогносцировочными профилями. Для окончания регионального этапа работ необходимо, чтобы плотность покрытия сейсморазведочными профилями превышала 0,5 км/км<sup>2</sup> [Трутнев, 2006].

В Баренцевом море была пробурена 51 скважина, в Карском (включая Обскую и Тазовскую губы) — 13. При этом скважины сосредоточены в южных областях этих морей, а в северных районах не пробурено ни одной скважины, так же как и в пределах восточно-арктических морей.

Начало XXI столетия ознаменовалось возобновлением региональных сейсморазведочных работ на качественно новом технологическом уровне. В 2001 г. в Баренцевом море, вдоль границы зоны спорных экономических интересов России и Норвегии, «Севморнефтегеофизика» провела работы МОГТ с 480-канальной регистрацией. С 2002 г. МАГЭ возобновила комплексные геолого-геофизические исследования в районе Западно-Баренцевской континентальной окраины. Важную роль в восстановлении морской геологоразведки сыграло Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), созданное в 2003 г., которое взяло на себя организацию и финансирование региональных работ.

**Третий этап («российский госбюджетный»)**, с 2004 по 2014 г., характеризовался существенным оживлением региональных сейсморазведочных работ МОВ ОГТ 2D в комплексе с гравимагнитными наблюдениями, проводимых на конкурсной основе по заказу Федерального агентства по недропользованию. В этот период на Арктическом шельфе России

\* Нефтяное месторождение Приразломное — первое и единственное (на 2020 г.) разрабатываемое месторождение на Арктическом шельфе. С 2013 г. добыто более 10 млн т нефти.

предприятиями отрасли (Морская арктическая геологоразведочная экспедиция, Севморнефтегеофизика, Дальморнефтегеофизика, Южморгеология, Севморгео) выполнены значительные объемы работ различного характера: от редких каркасных профилей до съемок по достаточно плотной сети 5 × 5 км. На основе технологии комплексной обработки данных МОВ, МПВ и ГСЗ опорных профилей созданы модели глубинного геологического строения Баренцево-Карской (АР-1, 2, 3, 4) и Восточно-Сибирской (АР-5) континентальных окраин. Основным итогом этого этапа можно считать значительно возросшую степень сейсмической изученности акваторий на новом технологическом уровне и большое количество вновь выявленных локальных объектов.

Высокая эффективность региональных работ, с оконтуриванием структур и количественной оценкой локализованных ресурсов углеводородов, придала импульс для резкого ускорения процесса лицензирования недр. Неподдельный интерес недропользователей ознаменовался тем, что на изученные участки незамедлительно подавались заявки, и к 2014 г. большая часть перспективных площадей Арктического шельфа перешла в распоряжение госкомпаний – ОАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», которым было предоставлено право на заявочный принцип получения лицензий.

**Четвертый этап («лицензионный»)** назван так потому, что на фоне постоянного уменьшения объемов государственного финансирования, подавляющая часть геологоразведочных работ на российском шельфе с 2014 г. проводится по заказам недропользователей – владельцев лицензий – дочерних предприятий «Роснефти» и «Газпрома». Новые вызовы потребовали от морских геологоразведочных организаций обновления флота и модернизации научного оборудования, значительного расширения спектра предлагаемых услуг, внедрения инновационных технологий.

На различных этапах исследования арктических морей и прилегающих регионов Арктики итоги работ освещались в печати в виде монографий, книг и карт различного назначения. Важно подчеркнуть, что в подготовке этих научных трудов принимали активное участие мурманские геологи, геофизики, экологи как производственных, так и академических организаций. Вот лишь некоторые из них, относящиеся к двум первым этапам: «Дно океана в ледниковый период» [Матишов, 1984]; «Баренцевская шельфовая плита» [Баренцевская шельфовая..., 1988]; «Тектоника арктической зоны перехода от континента к океану» [Сенин и др., 1989]; «Рельеф складчатого фундамента арктических морей СССР и спредельных территорий» [Голионко и др., 1989]; «Глубинное строение территории СССР» [Глубинное строение..., 1991]; «Осадочный чехол Западно-Арктической метаплатформы (тектоника

и сейсмостратиграфия)» [Осадочный чехол..., 1993]; «Геодинамика и нефтегазоносность Арктики» [Геодинамика и нефтегазоносность..., 1993]; «Тектоническая карта Баренцева моря и северной части Европейской России» [Тектоническая карта Баренцева..., 1996]; «Региональная геология нефтегазоносных осадочных бассейнов Западно-Арктического шельфа России» [Шипилов, Тарасов, 1998]; «Тектоническая карта морей Карского и Лаптевых и севера Сибири» [Тектоническая карта морей..., 1998].

Из работ нового столетия необходимо отметить монографии и сборники научных трудов: «Процессы седиментации на гляциальных шельфах» [Тарасов и др., 2000]; «Строение литосферы российской части Баренц-региона» [Строение литосферы..., 2008]; «Комплексные исследования природы Шпицбергена» [Комплексные исследования..., 2003–2007], «Арктические моря» (под ред. И. С. Грамберга, В. Л. Иванова, Ю. Е. Погребницкого. СПб. : ВСЕГЕИ, 2004); «60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане» [60 лет в Арктике..., 2008]; «Современные проблемы геологии и тектоники осадочных бассейнов Евразийско-Арктической континентальной окраины» [Шипилов, Шакарубо, 2010]; «Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий» [Тектоническая карта Белого..., 2012]; «Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии» [Геология и геоэкология..., 2011]; «Инновационный вектор развития ОАО «МАГЭ»» [Инновационный вектор..., 2017]; «70 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане» [70 лет в Арктике..., 2018]; «Circum-Arctic Lithosphere Evolution» [Circum-Arctic Lithosphere..., 2018] и другие публикации.

К вышеперечисленным обобщениям, безусловно, следует добавить также комплекты листов Государственной геологической карты России масштаба 1 : 1 000 000 (новой серии и третьего поколения, 1999–2017), составленные и подготовленные к изданию коллективами ведущих научно-исследовательских институтов («ВНИИОкеангеология», ВСЕГЕИ) и морских экспедиций (МАГЭ, ПМГРЭ).

Данная работа, не претендуя на всеобъемлющую и унифицированную монографию, тем не менее, обобщает и систематизирует результаты геолого-геофизических исследований, выполненных на Арктическом шельфе России в первом двадцатилетии нового века. Основной объем фактических данных, на которых базируется эта книга, составляют современные материалы региональных работ на нефть и газ, а также геолого-съемочных работ, полученные ОАО «МАГЭ» в Белом, Баренцевом, Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском морях и Северном Ледовитом океане с применением новейших технологий сейсморазведки и геологического картирования.

Эти фактические материалы служат основой, на которой базируются изложенные ниже, во многом обновленные, представления об основных отличительных чертах строения шельфовых бассейнов:

глубинной структуре земной коры и фундамента, тектонике, магматизме, стратификации и сейсмофациальных характеристиках их осадочного выполнения, включая новейшие отложения.

Новые данные о геологическом строении районов Арктического шельфа, проливающие свет на многие дискуссионные вопросы, позволят не только уточнить оценку углеводородного потенциала бассейнов в целом и выделить крупные зоны нефтегазо-накопления внутри каждого из них, но и обосновать

перспективность отдельных комплексов чехла и локальных объектов – потенциальных ловушек нефти и газа.

Авторы выражают надежду, что обобщенные в этой книге материалы будут весьма полезны с точки зрения комплексного подхода к решению проблем дальнейшего изучения и освоения арктического шельфа: геологических, экологических, технологических, составляя основу будущих открытий крупных месторождений – стратегического резерва минерально-сырьевого потенциала России.