

НГК аккумуляция УВ, скорее всего, будет связана с неструктурными ловушками УВ в зонах выклинивания и эрозионного среза пластов-коллекторов.

Оценка прогнозных ресурсов показала, что более высокими перспективами нефтегазоносности характеризуется Адмиралтейско-Приновоземельская СПНГО по сравнению с той частью Южно-Баренцевской НГО, которая входит в состав Гусиноземельской площади.

В Адмиралтейско-Приновоземельской СПНГО выделяются два крупных валообразных поднятия (Гусиноземельский и Западно-Новоземельский валы), в пределах которых находится наибольшее количество выявленных локальных объектов, и плотность прогнозных ресурсов превышает 100 тыс. т у.т./км<sup>2</sup>. С этими поднятиями — Гусиноземельским и Западно-Новоземельским валами могут быть связаны дальнейшие направления работ в пределах Гусиноземельской площади, ориентированные в первую очередь на триасовый и ниже-верхнепермский нефтегазоносные комплексы.

#### Выводы

В результате проведенных работ на Гусиноземельской площади южного Предновоземелья закартировано 28 локальных антиклинальных структур, три из которых были выявлены ранее, наиболее крупным из них присвоены названия: Восточно-Гусиноземельская, Сагаловская, Шадровская, Нехватовская и Красиновская. Наиболее высокими перспективами обладает триасовый нефтегазоносный комплекс. Его ресурсы (геологические) составляют 685,67 млн т у.т. и в несколько раз превышают ресурсы других комплексов. Следующими по перспективности являются юрский НГК (150,02 млн т у.т.) и ниже-верхнепермский ПНГК (137,98 млн т у.т.). Прогнозные ресурсы Адмиралтейско-Приновоземельской ПНГО составляют 697,06 млн т у.т. (геологические) при плотности ресурсов 80–100 тыс. т у.т./км<sup>2</sup>. Прогнозные ресурсы Южно-Баренцевской НГО составляют 423,25 млн т у.т. (геологические) при плотности ресурсов 50–80 тыс. т у.т./км<sup>2</sup>. Из локальных объектов наиболее высокими перспективами характеризуются две структуры: Западно-Новоземельская и Гусиноземельская с прогнозными ресурсами более 100 млн т у.т. Также определенный интерес представляют собой структуры Шадровская и Нехватовская. Локализованные прогнозные ресурсы осадочного чехла составляют 332,55 млн т у.т. (геологические).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казанин, Г.С. Сейсмогеологическое строение Печорского и юго-восточной части Баренцева морей на основе интерпретации каркасной сети сейсмических профилей МОВ ОГТ 2Д / Г.С. Казанин, С.П. Павлов, В.В. Шлыкова, А.В. Стулакова, Д.А. Норина, Р.С. Сауткин, А.А. Сулова // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 3. Специальное издание, посвященное 40-летию МАГЭ. — М.: ГЕОС, 2011. — С. 59–81.
2. Шкарубо, С.И. Тектоника Западно-Арктической платформы / С.И. Шкарубо, Э.В. Шипилов // Разведка и охрана недр. — 2007. — № 9. — С. 32–47.

© Крюкова Г.Г., Величко Б.М., 2017

Крюкова Галина Геннадьевна // galyak@mage.ru  
Величко Божена Михайловна // grigoryeva@mage.ru

Казанин Г.С., Барабанова Ю.Б.,  
Кириллова-Покровская Т.А., Черников С.Ф.,  
Павлов С.П., Иванов Г.И. (ОАО «МАГЭ»)

### КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ ОКРАИНА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ: ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

*В 2016 г. ОАО «МАГЭ» выполнило региональные комплексные геофизические исследования Восточно-Сибирской континентальной окраины с целью изучения региональных особенностей геологического строения и оценки перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Восточно-Арктической континентальной окраины (Восточно-Сибирская рифтовая система, поднятие Де-Лонга и прогиб Вилькицкого). **Ключевые слова:** континентальная окраина, структурно-тектоническое районирование, нефтегазоносность, Восточно-Сибирское море.*

Kazanin G.S., Barabanova Yu.B., Kirillova-Pokrovskaya T.A., Chernikov S.F., Pavlov S.P., Ivanov G.I. (MAGE)

### CONTINENTAL MARGIN OF THE EAST SIBERIAN SEA: GEOLOGICAL STRUCTURE AND HYDROCARBON POTENTIAL

*In 2016 JSC «MAGE» performed regional integrated geophysical investigations of the East Siberian continental margin aimed at study of regional geological aspects and hydrocarbon potential assessment of sedimentary basins of the East Arctic continental margin (the East Siberian rift system, the De Long high, and Vilkitsky Strait). **Keywords:** continental margin, structural and tectonic zoning, hydrocarbon potential, the East Siberian Sea.*

Изучение Восточно-Сибирского моря сейсмическими методами происходило не одно десятилетие (рис. 1). Несмотря на это, район исследований располагается в очень слабо изученной части восточно-арктической акватории России с характерной для него сложной ледовой обстановкой. Существующие представления о его геологическом строении основаны на данных нескольких профилей МОВ ОГТ (ДМНГ, 2009–2011 гг.; МАГЭ, 1990, 2014 г. [3, 4, 6]).

В 2016 г. ОАО «МАГЭ» по Государственному контракту на Восточно-Сибирской континентальной окраине были выполнены комплексные геофизические исследования, включающие сейсморазведку МОВ ОГТ 2D, надводные гравиметрические измерения, дифференциальные гидромагнитные наблюдения и эхолотирование дна в объеме 4 000 км профилей.

**Методика работ.** Сейсмические работы проводились с использованием следующего оборудования: регистрирующая аппаратура — сейсмостанция Sercel SEAL 428; приемник сейсмических сигналов — цифровая твердотельная сейсмическая коса Sercel SEAL Sentinel Solid 24bit, расстояние между центрами каналов 12,5 м, всего 648 каналов при длине активной части 8 100 м, длина записи 15 с, дискретность 2 мс; система возбуждения упругих колебаний — источники Bolt 1900

LLX airguns, интервал возбуждения 37,5 м, рабочее давление на выстреле 2000 psi.

*Надводные гравиметрические наблюдения* сопровождалась опорными наблюдениями в порту Киркенес (Норвегия). Измерения аномального гравитационного поля осуществлялось гравиметром ЧЕКАН-АМ, изготовленным ФГУП ЦНИИ «Электроприбор» (Санкт-Петербург); диапазон измерений не менее 10 Гал, погрешность определения аномалий силы тяжести не хуже  $\pm 0,6$  мГал, чувствительность 0,01 мГал. Регистрация выходных данных гравиметра выполнялась в цифровой форме с дискретностью 1 с в режиме реального времени программным модулем «SeaGrav».

*Гидромагнитные наблюдения* проводились по дифференциальной методике с помощью градиентометра

SeaSpry. Измерительные преобразователи (датчики) буксировались на удалении от кормы: 260 м — первый датчик, 360 м — второй датчик; база дифференциальной установки составляла 100 м; заглубление датчиков 1 м. Регистрация результатов измерений осуществлялась в цифровом виде с интервалом, соответствующим циклу измерений 10 с. Среднеквадратическая погрешность измерений с «нулевой» базой составила  $\pm 0,168 \div \pm 0,066$  нТл.

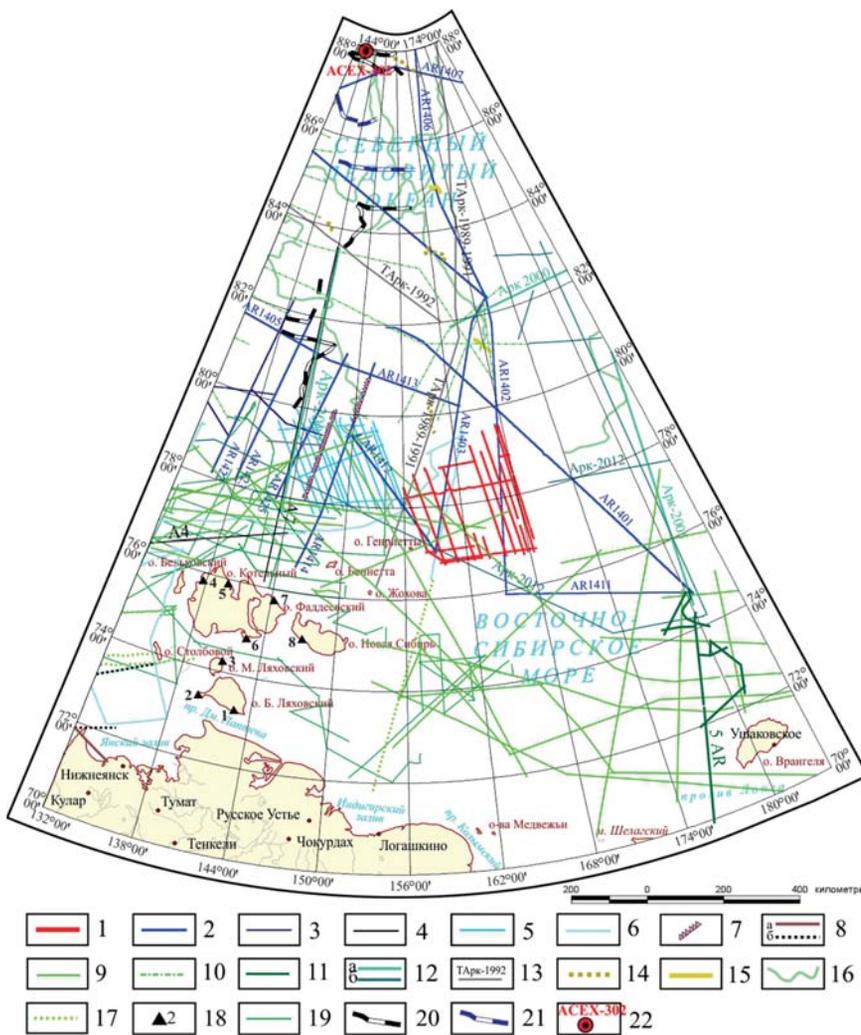
*Навигационно-гидрографическое обеспечение* соответствует мировым стандартам UKOOA. Плановая привязка точек геофизических исследований осуществлялась одновременно по спутниковым навигационным системам GPS и ГЛОНАСС в системе координат WGS-84. Непрерывное измерение глубин обеспечивал эхолот Simrad EA600 фирмы «Kongsberg». Цифровая регистрация глубин производилась с помощью навигационной системы «Orca».

*Обработка сейсмозведочных материалов* выполнена на комплексе PROMAX-5000.8.5.0, установленном на серверах DEPO Storm 3350P1 на базе ОС Linux (CentOS v.6.5). Дополнительно использовался комплекс Prime ver1.7.

*Обработка и интерпретация гравиметрических и гидромагнитных материалов* производилась на базе программных комплексов GRAV и Mag001 ver.3, ArcView GIS 3.2 и Surfer 10.

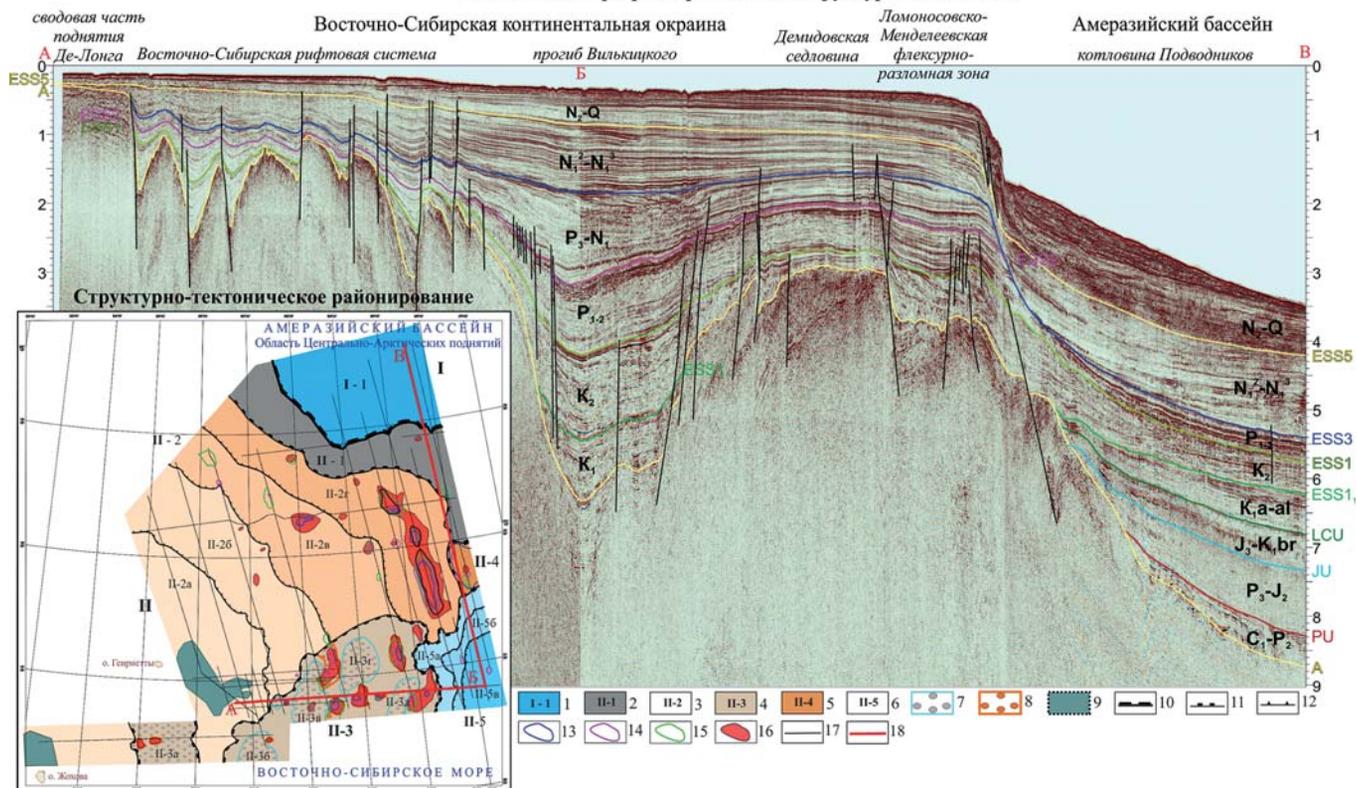
*Интерпретация сейсмозведочных материалов* выполнена в 2016 г. на базе комплекса KINGDOM-Software 8.5. На временных разрезах прослежены отражающие горизонты, связанные с перерывами в осадконакоплении: ОГ А — поверхность акустического фундамента, ОГ PU — пермское несогласие, ОГ JU — юрское несогласие, ОГ LCU — нижнемеловое несогласие, ОГ ESS1<sub>1</sub> — апт-альбское несогласие, ОГ ESS1 — посткампанское несогласие, ОГ ESS2 — нижнеолигоценное несогласие, ОГ ESS3 — региональное предмиоценовое несогласие, ОГ ESS5 — мессинское несогласие [1, 6].

Стратификация поверхностей несогласий выполнена на основе реконструкции истории развития региона с учетом эвстатических колебаний уровня моря, перерывов в осадконакоплении, установленных в обнажениях и данных бурения в береговом обрамлении на островах Новосибирского архипелага, а также в разрезах скважин АСЕХ-302, пробуренных в приполюсной части хребта Ломоносова. Испол-



**Рис. 1. Схема сейсмической изученности Восточно-Сибирского моря. Профили МОВ ОГТ 2D ОАО «МАГЭ»:** 1 — 2016 г., 2 — 2014–2015 гг., 3 — 2014 г., 4 — 2007 г., 5 — 2011–2012 гг., 6 — 1990 г.; профили ГСЗ и КМПВ ОАО «МАГЭ»: 7 — 2014 г., 8 — 1990 г. **Профили сторонних российских организаций:** 9 — 1990–1991, 2009–2011 гг., ФГУП «ДМНГ»; 10 — профили Арктика, 2011, ГНИГНИ; 11 — региональный профиль 5AR, 2009 г., Севморгео; 12 — профили Арктика: а — 2000, 2005, 2007, б — 2012 г., ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ; 13 — Трансарктика, 1989–1991, 1992, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ; 14 — Трансарктика 1989–1993, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ; 15 — экспедиция «Север», ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ; 16 — дрейфующие станции, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ; 17 — 1989 г., ЛАРГЭ; 18 — 1997 г., станции сейсмологических наблюдений МОВ 3 НПО «Севморгео». **Зарубежные сейсмические исследования:** 19 — 1993–1994, 1997 гг., СМНГ — BGR; 20 — 1991 г., 1998 г., AWI (Германия); 21 — 1996 г., ODEN (Швеция, Норвегия); 22 — скважины АСЕХ-302

Композитный разрез через главные структурные элементы



**Рис. 2. Схема структурно-тектонического районирования.** Тектонические элементы: **I — Амеразийский бассейн (область Центрально-Арктических поднятий):** 1 — котловина Подводников; **II — шельфовый Восточно-Сибирский бассейн:** 2 — Ломоносовско-Менделеевская флексурно-разломная зона; 3 — поднятие Де-Лонга: II-2а — сводовая часть, II-2б — Северо-Восточная терраса, II-2в — Северо-Восточная моноклираль, II-2г — Северо-Восточная ступень (переклираль); 4 — Восточно-Сибирская рифтовая система: II-3а — Западно-Генриеттинский грабен, II-3б, II-3в, II-3г — Центрально-Генриеттинский грабен, II-3д — Восточно-Генриеттинский грабен; 5 — Демидовская седловина; 6 — прогиб Вилькицкого: II-5а — Северо-Западная терраса, II-5б — Северо-Западная моноклираль, II-5в — Северо-Западная котловина; 7 — грабены; 8 — горсты; 9 — выступы позднекаледонского (элсмирского) складчатого основания. Границы структур: 10 — I порядка; 11 — II порядка; 12 — III порядка. Локальные антиклинальные поднятия в осадочном чехле: 13 — по ОГ А (поверхность акустического фундамента); 14 — по ОГ ESS1 ( $K_2 - P_1$ ); 15 — по ОГ ESS2 ( $P_2 - P_3$ ); 16 — по ОГ ESS3 ( $N_1^1$ ); 17 — линии профилей; 18 — линия композитного разреза через главные структурные элементы

зовались и данные бурения глубоких разведочных скважин в американском секторе Чукотского моря [2, 6–8].

**Результаты.** Выделены сейсмостратиграфические комплексы, включающие отложения от нижнего карбона до четвертичных. При этом нижнекаменноугольные-юрские отложения представлены лишь в котловине Подводников. Они выклиниваются на Ломоносовской флексурно-разломной зоне, а осадочное заполнение прогиба Вилькицкого начинается с нижнемеловых отложений (рис. 2). Поверхность акустического основания погружается от поднятия Де-Лонга по системе блоков в северо-восточном направлении в котловину Подводников и на юго-восток — в прогиб Вилькицкого.

Мощность осадочного чехла на большей части площади превышает 2 км, достигая в области котловины Подводников и прогиба Вилькицкого 11,5 км. Доминирующей областью прогибания и осадконакопления был прогиб Вилькицкого. В средне-верхнемиоценовое время депоцентр осадкообразования сместился в глубоководную часть.

Современную структуру Восточно-Сибирской континентальной окраины определяет Ломоносовско-Менделеевская флексурно-разломная зона, которая разделяет единую прежде область континентального

рифтогенеза на шельфовую и глубоководную части. К шельфовой части относятся поднятие Де-Лонга, грабен-горстовая Восточно-Сибирская рифтовая система, прогиб Вилькицкого и Демидовская седловина (выявленная впервые). К глубоководной части — котловина Подводников.

Поднятие Де-Лонга представляет собой обширный блок древней платформы с кристаллическим фундаментом архейско-протерозойской консолидации [5]. В сводовой части поднятия Де-Лонга древние отложения дислоцированного складчатого основания практически выходят на поверхность. Это подтверждается интенсивными положительными аномалиями магнитного поля, которые, скорее всего, связаны с внедрением большого количества магматических тел, находящихся на небольшой глубине. Фундамент перекрыт чехлом, состоящим из отложений каледонского, киммерийского и альпийского этапов тектонического развития. Причем киммерийский комплекс представлен лишь своим верхним горизонтом (нижний мел) и увенчан плато-базальтами апт-альба. Последние распространяются к северу в сторону котловины Подводников. Они залегают в подошве альпийского (синоккеанического) комплекса и на сейсмических профилях

прослеживаются в качестве «акустического фундамента». Альпийский комплекс утонен и редуцирован размытыми в своде поднятия. Его мощность увеличивается на северо-восток в сторону котловины Подводников, где он достигает практически полного стратиграфического объема.

Восточно-Сибирская рифтовая система определяет строение южного склона поднятия Де-Лонга. Она «вгрызается» в тело поднятия, разделяя его южный склон на грабены и горсты. В пределах системы выделена система грабенов субмеридионального простирания.

Прогиб Вилькицкого осложняет юго-восточный склон поднятия Де-Лонга и восточный склон Восточно-Сибирской рифтовой системы. Перепад глубины фундамента по борту составляет от 6,0 до 11,0 и более км. Следует отметить, что осадочный чехол в области контакта прогиба Вилькицкого с Восточно-Сибирской рифтовой системой насыщен косвенными признаками УВ, приуроченными к разломным зонам, что позволяет предполагать развитие в осадочном чехле вдоль его борта перспективных на поиски УВ неструктурных ловушек. Помимо этого в олигоцен-нижнемиоценовой толще прогиба Вилькицкого развиты мощные дельтовые комплексы.

Выявлены объекты возможного накопления углеводородов, которые закономерно располагаются на разломно-флексурных блоках и террасированных склонах, приурочены к разрывным нарушениям и флексурным перегибам (рис. 3). Основные перспективы нефтегазности, по-видимому, связаны с зонами выклинивания комплексов и развития дельтовых и склоновых фаций, где возможно формирование неструктурных стратиграфических и литологических ловушек УВ.

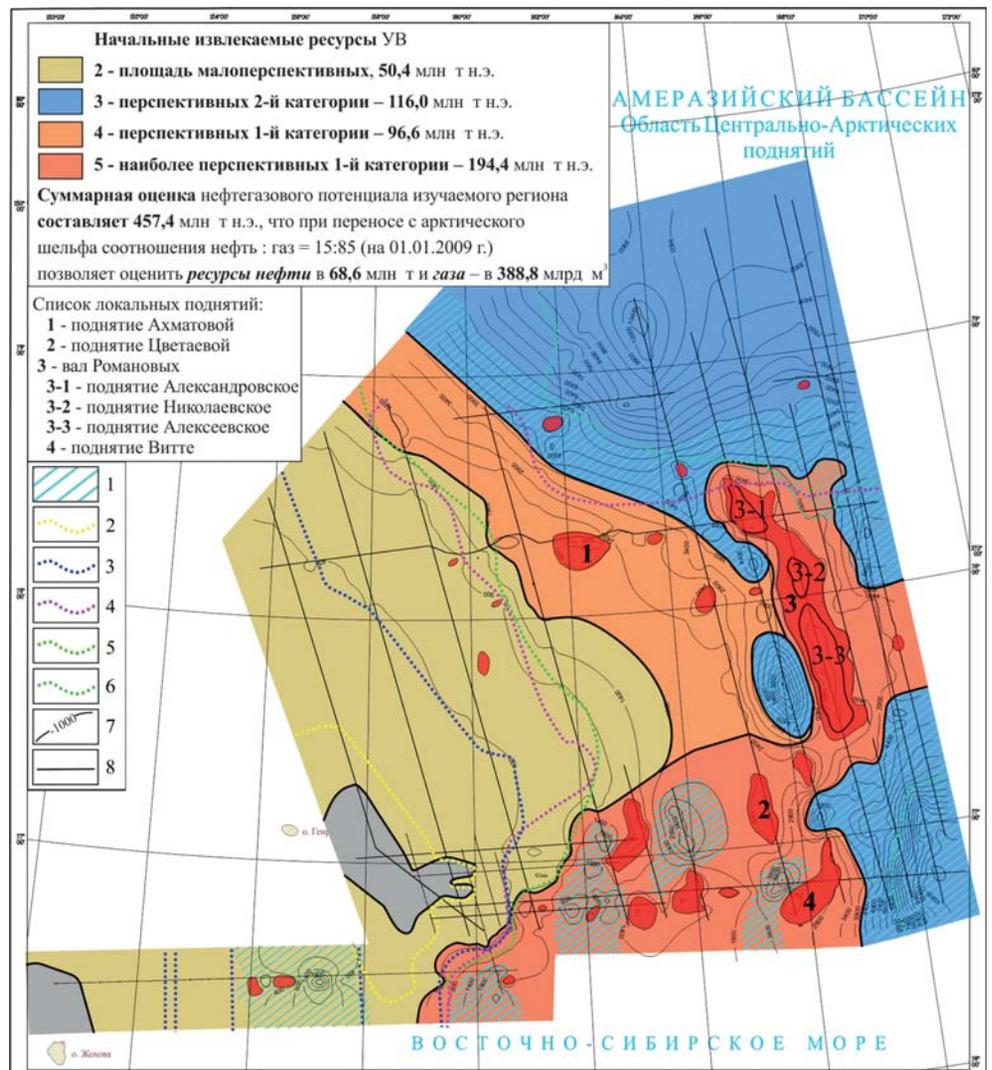
Повсеместно на площади исследований обнаружены аномалии сейсмической записи типа «яркое пятно», приуроченные к сводам локальных поднятий и разрывным нарушениям (рис. 4). Самая крупная аномалия зарегистрирована в сводовой части Демидовской седловины, ее длина составляет 39,5 км.

Закартировано 20 локальных антиклинальных под-

нятий. В восточной части площади локализован вал Романовых размерами 130×30 км (рис. 5), на котором околонуено три достаточно крупных поднятия — Александровское, Николаевское и Алексеевское.

Выявлены основные черты строения осадочного чехла, а именно, его мощность, зона выклинивания отдельных комплексов и наоборот — их нарастание в пределах проградированного шельфа, — все это дает основание для положительной оценки перспектив нефтегазности.

Полученные материалы послужили основой для уточнения региональной количественной оценки ресурсов УВ. Для оценки ресурсной базы был выбран эталон в море Бофорта в пределах дельты (палеодельты) р. Маккензи. Прогнозные ресурсы по верхней мелкайнозойской части разреза исследованного района Восточно-Сибирской континентальной окраины были оценены в 0,45 млрд т у.т. По фазовому составу предполагается преобладание газовых ресурсов над нефтя-



**Рис. 3. Схема перспектив нефтегазности:** 1 — прибортовые части глубоких депоцентров. Границы выклинивания меловых и кайнозойских ССК: 2 — средне-позднемиоценовых ( $N_1^2-N_1^3$ ) отложений, 3 — олигоцен-раннемиоценовых ( $P_2-N_1^1$ ) отложений, 4 — палеоцен-эоценовых ( $P_{1-2}$ ) отложений, 5 — отложений верхнего мела ( $K_2$ ), 6 — отложений апт-альба ( $K_1$ ); 7 — изопакиты осадочного чехла; 8 — линии профилей

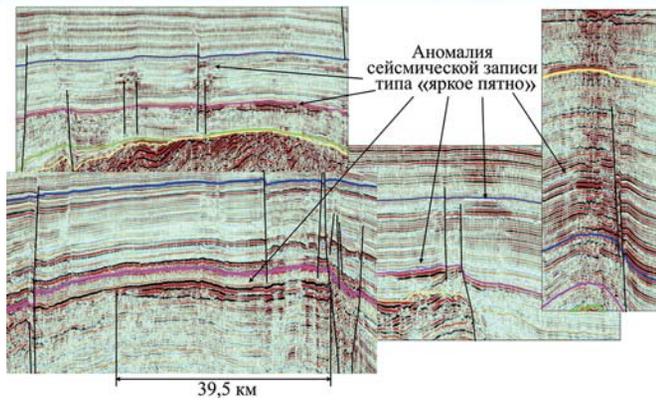


Рис. 4. Аномалии сейсмической записи типа «яркое пятно»

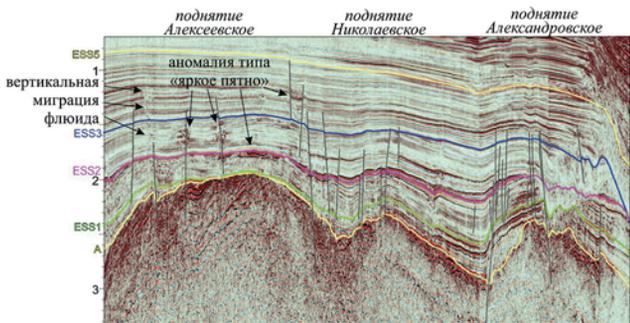


Рис. 5. Вал Романовых

ными. Подсчет ресурсов по категории  $D_2$ лок проводился только для впервые выявленных наиболее крупных локальных ловушек — Ахматовой, Цветаевой, Александровской, Николаевской и Алексеевской, условно выявленные и незамкнутые ловушки не учитывались. В итоге локализованные прогнозные ресурсы в пределах выявленных поднятий составили 128 млн т у.т.

### Выводы

Осадочный чехол изучен до глубины 11,5 км. Выделены сейсмостратиграфические комплексы, включающие отложения от нижнего карбона до четвертичных. Бассейновый осадочный чехол сопрягается с седиментационным бассейном Американо-Сибирской глубоководной котловины и может рассматриваться в качестве ее материкового крыла, формируя единый ансамбль континентальных геологических структур с общей историей геологического развития и синокеанических структурно-вещественных преобразований континентальной коры.

Современный структурный план сформировался в результате неотектонического погружения внутренних областей океана и дифференцированного проседания конседиментационных поднятий раннеокеанической стадии. При этом ранее сформированная структура осадочного чехла, по-видимому, не претерпела до-вольно существенных изменений.

Проведенные комплексные геофизические исследования на Восточно-Сибирской континентальной окраине позволили существенно уточнить границы и размеры главных структурных элементов.

Прогнозные геологические ресурсы нефти и газа континентальной окраины Восточно-Сибирского

моря по категории  $D_2$  составили 0,45 млрд т у.т. Соотношение прогнозных ресурсов газ:нефть (в %) для района работ принято — 64:36. Закартировано 20 локальных антиклинальных поднятий. Оценка ресурсов по категории  $D_2$ лок составила 128 млн т у.т.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанова, Ю.Б. Континентальная окраина Восточно-Сибирского моря: геологическое строение и перспективы нефтегазоносности / Ю.Б. Барабанова // Матер. междунар. научно-практической конференции «Геосочи-2017. Нефтегазовая геофизика и геология». — Сочи, 2017. — С. 104–107.
2. Иванов, В.Л. Предпосылки нефтегазоносности «расширенного» юридического шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане / В.Л. Иванов, В.Д. Каминский, В.А. Поселов, О.И. Супруненко, О.Е. Смирнов // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 2. — С. 14–23.
3. Казанин, Г.С. Комплексные геофизические исследования в районе Северного Полюса / Г.С. Казанин, И.В. Заяц, Г.И. Иванов, Е.С. Макаров, А.С. Васильев // Океанология. — 2016. — № 2. — С. 344–349.
4. Казанин, Г.С. Комплексные геофизические исследования ОАО «МАГЭ» на хребте Ломоносова / Г.С. Казанин, И.В. Заяц, С.П. Павлов, С.И. Шкарубо, Е.С. Макаров, В.А. Кацанюк, В.А. Журавлев, А.И. Васильев, А.В. Кузнецов, Т.А. Кириллова-Покровская, Т.И. Кадыш, А.Б. Дьяченко // Материалы конференции «ЕАГО» Сочи, 2010.
5. Казанин, Г.С. Площадные комплексные геофизические исследования континентальной окраины Новосибирского архипелага / Г.С. Казанин, В.А. Трофимов, А.И. Васильев, Т.А. Кириллова-Покровская, С.В. Чельшев, Ю.Б. Барабанова // Материалы конференции «ЕАГО» Калининград, 2014.
6. Поселов, В.А. Сейсмостратиграфия осадочного бассейна котловины Подводников и Северо-Чукотского прогиба / В.А. Поселов, В.В. Буценко, С.М. Жолондз, А.В. Жолондз, А.А. Киреев // ДАН. — 2017. — Т. 474. — № 5. — С. 1–5.
7. Jokat, W. The sedimentary structure of the Lomonosov Ridge between 88° N and 80° N. Geophysical Journal Int., 2005, V. 163, P. 698–726.
8. Kazanin, G.S. (2016). The Tectonic Map of the East Siberian Sea: the Undisturbed Paleozoic Cover (According to the Data Acquired by MAGE)/G.I. Ivanov, M.L. Verba, T.A. Kirillova-Pokrovskaya /Paper Number: 676. Abstract 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa. (<http://www.americangeosciences.org/information/igc>).

© Коллектив авторов, 2017

Казанин Геннадий Семенович // kazanin@mage.ru  
 Барабанова Юлия Борисовна // barabanova.ub@mage.ru  
 Кириллова-Покровская Татьяна Алексеевна // bycrin@rambler.ru  
 Черников Сергей Фёдорович // chernikovs@mage.ru  
 Павлов Сергей Петрович // a.kazanin@mage.ru  
 Иванов Геннадий Иванович // ivanov.gi@mage.ru

УДК 550.89:553.98 (268.53)

Фомина Е.А., Павлов С.П., Сорокина Е.Н.,  
 Самигуллина Ю.И., Кисленко О.С.,  
 Кириллова-Покровская Т.А., Федухина Т.Я.,  
 Барабанова Ю.Б. (ОАО «МАГЭ»)

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПРИТАЙМЫРСКОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

В результате выполнения площадных комплексных геофизических исследований в северо-западной части моря Лаптевых освещено строение переходной зоны между континентальными структурами Сибирской платформы (Таймыро-Североземельская складчатая область) и Евразийским океаническим бассейном (котловина Нансена). **Ключевые слова:** море Лаптевых, осадочный чехол, тектоника, ресурсы УВ.