УДК 551.762:551.763+553.981/.982 (571.121/.511)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ЮЖНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

А. М. Фомин[1], И. А. Губин[1], С. А. Моисеев[1,2], А. Э. Конторович[1]

[1]Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН; [2]Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Рассмотрено состояние изученности региональными сейсморазведочными работами и параметрическим бурением центральных и южных районов районах Республики Саха (Якутия). Работы проводились за счет федерального бюджета РФ в 2000–2020 гг. в девяти нефтегазоносных областях. Проанализирован объем геолого-разведочных работ, выполнявшихся недропользователями, по нефтегазоносным областям. Составлена карта изученности сейсморазведочными работами территории исследования.

***Ключевые слова**: Лено-Тунгусская НГП, Лено-Вилюйская НГП, Республика Саха (Якутия), сейсморазведка, параметрическое бурение.*

CURRENT STATE OF THE REGIONAL GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL EXPLORATION MATURITY OF THE CENTRAL AND SOUTHERN DISTRICTS OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

A. M. Fomin[1], I. A. Gubin[1], S. A. Moiseev[1,2], A. E. Kontorovich[1]

[1]A.A.Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS; [2]Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The article examines the state of exploration maturity of central and southern regions of the Republic of Sakha (Yakutia) by regional seismic exploration and parametric drilling. The works were carried out at the expense of the Federal Budget of the Russian Federation in 2000–2020 on the territories of nine petroleum regions. The volume of geological exploration carried out by subsurface users by petroleum regions was analyzed. The exploration maturity map of the territory studied by seismic surveys was compiled.

***Keywords:** Lena-Tunguska PP, Lena-Vilyuy PP, the Respublic of Sakha (Yakutia), seismic survey, parametric drilling.*

DOI 10.20403/2078-0575-2022-11c-43-48

Сейсморазведочные работы на территории центральных районов Республики Саха (Якутия) проводятся с начала 1950-х гг. За это время неоднократно менялось многое: технология выполнения полевых работ, регистрирующая аппаратура, способы возбуждения сейсмических волн, алгоритмы обработки, подходы к интерпретации полученной сейсмической информации и т. д.

До середины 1970-х гг. сейсморазведочные работы выполнялись преимущественно методом отраженных волн (МОВ). При технологиях того времени в разрезе удавалось выделить только наиболее сильные отражения, прослеживаемость которых на многих территориях, особенно за пределами Вилюйской гемисинеклизы, не превышала 50 %.

В результате в Вилюйской нефтегазоносной области (НГО) были прослежены отражающие сейсмические горизонты в кровле перми, триасе и нижней юре. Начатые на 7–8 лет позже сейсмические работы на западе региона (в Непско-Ботуобинской НГО) позволили проследить отражающие горизонты КВ (кровля терригенных отложений венда), Б (кровля тэтэрской свиты), А (кровля осинского горизонта нижнего кембрия). По ним были построены структурные карты, выделены основные тектонические элементы в осадочном чехле.

С середины 1970-х до конца 1980-х гг. при сейсморазведочных работах в Якутии применялся метод общей глубинной точки (МОГТ). Системы наблюдений были, как правило, невысокой кратности – 6–12-кратные, фланговые и центральные. Возбуждение упругих колебаний проводилось взрывами в скважинах глубиной до 15–20 м. Регистрация колебаний осуществлялась аналоговыми, а в конце периода – цифровыми сейсмостанциями «Поиск-1-48-МОВ-ОВ» и т. д.

В середине 1980-х гг. появились первые цифровые сейсмостанции типа «Прогресс», кратность ОГТ возросла до 24–48. При возбуждении упругих колебаний наряду со взрывными началось применение вибрационных, а позже импульсных источников. В начале 1990-х гг. были созданы многоканальные средства регистрации, что существенно расширило возможности сейсморазведки.

Начиная с 1995–1997 гг. в регионе проводятся сейсморазведочные работы в модификации 3D.

Сохранившиеся результаты ранних работ, по крайней мере в аналоговой форме записи, требуют оцифровки и переобработки, однако практически не представляют интереса с точки зрения информационного обеспечения современных структурных построений.

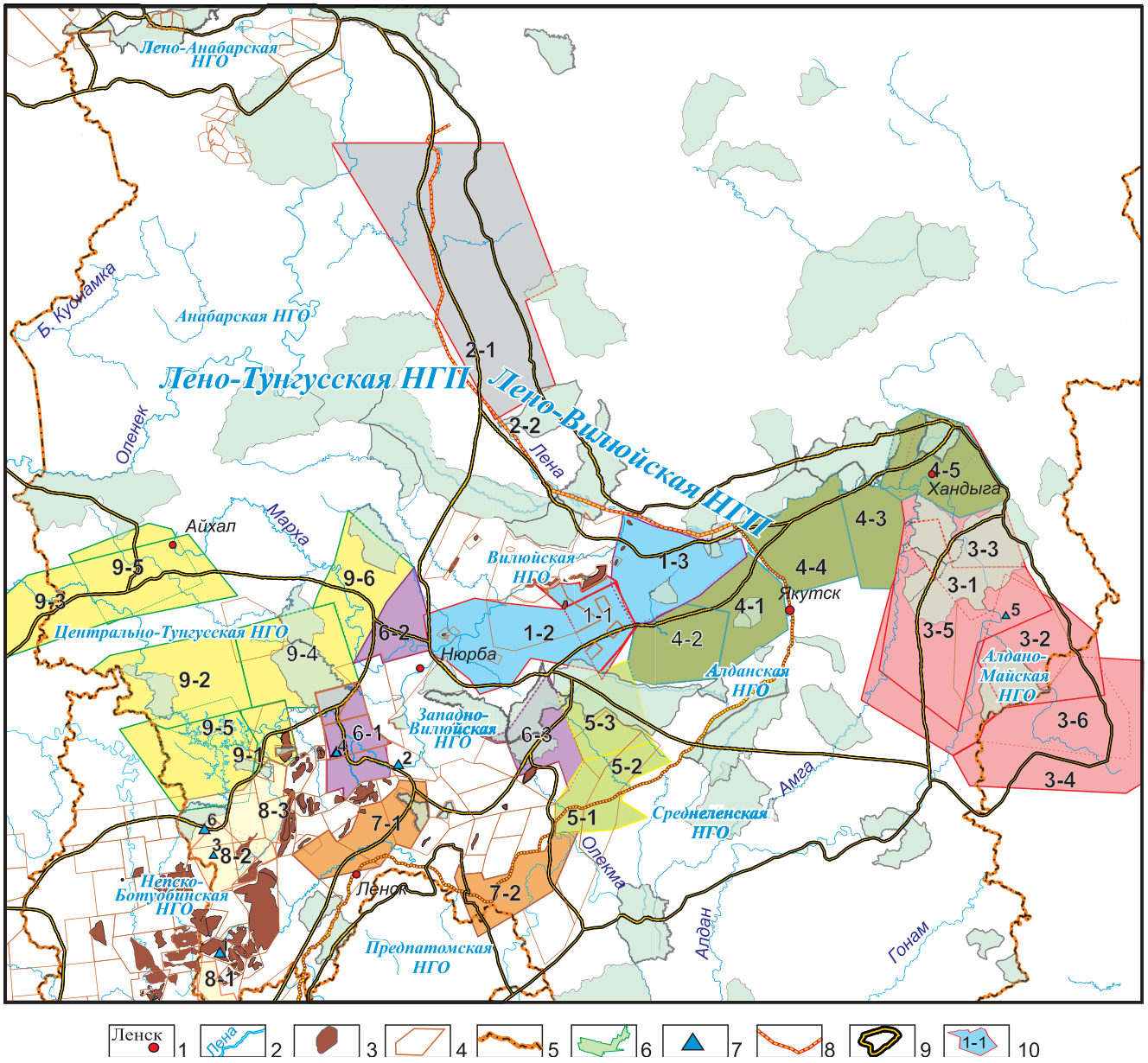

Рис. 1. Карта размещения проектов региональных сейсморазведочных работ на территории Республики Саха (Якутия)

1 – населенные пункты; 2 – реки; 3 – месторождения нефти и газа; 4 – участки распределенного фонда недр; 5 – административные границы; 6 – особо охраняемые природные территории; 7 – параметрические скважины, пробуренные после 2000 г. (1 – Западно-Талаканская 3600, 2 – Южно-Сунтарская 3610, 3 – Западно-Ботуобинская 3620, 4 – Кугасская 3640, 5 – Усть-Майская 3660, 6 – Нижнечонская 252); 8 – региональные сейсмопрофили; 9 – границы НГО; 10 – проекты сейсморазведочных работ (первая цифра и цвет – принадлежность к НГО, вторая – номер проекта): Вилюйская НГО: 1-1 – Южно-Вилюйский, 1-2 – Западно-Вилюйский, 1-3 – Намский; Предверхоянская НГО: 2-1 – Предверхоянский, 2-2 – сейсмопрофиль по р. Лена; Алдано-Майская НГО: 3-1 – Алдано-Майский, 3-2 – Восточно-Алданский, 3-3 – Хандыгский, 3-4 – Юдомо-Майский, 3-5 – Алдано-Амгинский, 3-6 – Юдомский; Алданская НГО: 4-1 – Якутский, 4.2 – Синский, 4-3 – Усть-Амгинский, 4-4 – Нижнеалданский, 4-5 – Северо-Хандыгский; Среднеленская НГО: 5-1 – Лено-Алданский, 5-2 – Среднеленский, 5-3 – Мархачанский; Западно-Вилюйская НГО: 6-1 – Вилюйско-Мархинский, 6-2 – Ыгыаттинский, 6-3 – Наманинский; Предпатомская НГО: 7-1 – Северо-Патомский, 7-2 – Чаро-Токкинский; Непско-Ботуобинская НГО: 8-1 – Мулисминский, 8-2 – Верхнеботуобинский, 8-3 – Западно-Ботуобинский; Центрально-Тунгусская НГО: 9-1 – Вилюйский, 9-2 – Верхневилюйский, 9-3 – Вилюйско-Мархинский, 9-4 – Олгуйдахский, 9-5 – Танхайский и Северо-Мирнинский, 9-6 – Накынский

После открытия первых месторождений в Вилюйской гемисинеклизе был выявлен Хапчагайский мегавал, и первоначально сейсморазведочные работы были направлены на детализацию его строения и подготовку ловушек к глубокому бурению. Уже на первых этапах была принята стратегия подготовки запасов в количествах, достаточных для выхода Советского Союза на Азиатско-Тихоокеанский энергетический рынок (1 трлн м^3), и концентрация усилий на ее решении отодвинула задачу регионального изучения территории на второй план. Позднее в Вилюйской НГО была выявлена и изучена еще одна крупная зона газонакопления на северо-западном склоне гемисинеклизы – Логлорский вал.

Таблица 1

Изученность региональными сейсморазведочными работами центральных и южных районов РС(Я) по НГО

НГО	Площадь, км²		Изученность региональными сейсморазведочными работами, %
	НГО	региональных сейсморазведочных работ	
Лено-Вилюйская НГП			
Вилюйская	120208	60800	51
Предверхоянская	110554	54396	49
Лено-Тунгусская НГП			
Алдано-Майская	102780	95005	92
Алданская	193582	112895	58
Среднеленская	143660	34323	24
Западно-Вилюйская	68209	18431	27
Предпатомская	69100	21934	32
Непско-Ботуобинская	96284	43540	45
Центрально-Тунгусская	129064	100574	78
Анабарская	514566	54191	11

Процесс совершенствования полевых методик наблюдений, обработки полученных новых и переобработки сохранившихся выполненных ранее цифровых сейсмических данных продолжается и в настоящее время.

Большинство сейсморазведочных работ в последние годы проводится за счет средств недропользователей, а информация по их результатам носит конфиденциальный характер и на длительное время остается закрытой. Информация о региональных работах, проводимых за счет средств федерального бюджета, становится доступной со значительным (иногда до 3 лет) отставанием от времени их выполнения.

Как выдающееся достижение геолого-разведочных работ постсоветского периода следует отметить последовательное выполнение огромного объема региональных сейсморазведочных работ в течение 2000–2020 гг. (рис. 1, табл. 1). Сводные данные об объемах сейсморазведки МОВ и МОГТ 2D и глубокого бурения показаны на рис. 2–4.

Региональные работы были проведены в Лено-Вилюйской НГП на юге Вилюйской НГО (три проекта), в северной ветви (один проект), центральной части (один проект) и юго-восточной ветви (три проекта) Предверхоянской НГО. В Лено-Тунгусской НГП главным объектом региональных сейсморазведочных работ стала южная часть региона, где ранее [1] была выделена Северо-Алданская НГО. На востоке этой территории было выполнено девять проектов, из которых шесть – в Алдано-Майском районе (проекты сейсморазведочных работ 3-1–3-6), два – на границе между Северо-Алданской и Предверхоянской НГО (4-3, 4-5) и семь – к югу от Вилюйской НГО (4-1, 4-2, 4-4, 5-1, 5-2, 5-3, 6-3) (см. рис. 1).

Вблизи границ Западно-Вилюйской НГО выполнены три региональных проекта (6.1–6.3), как

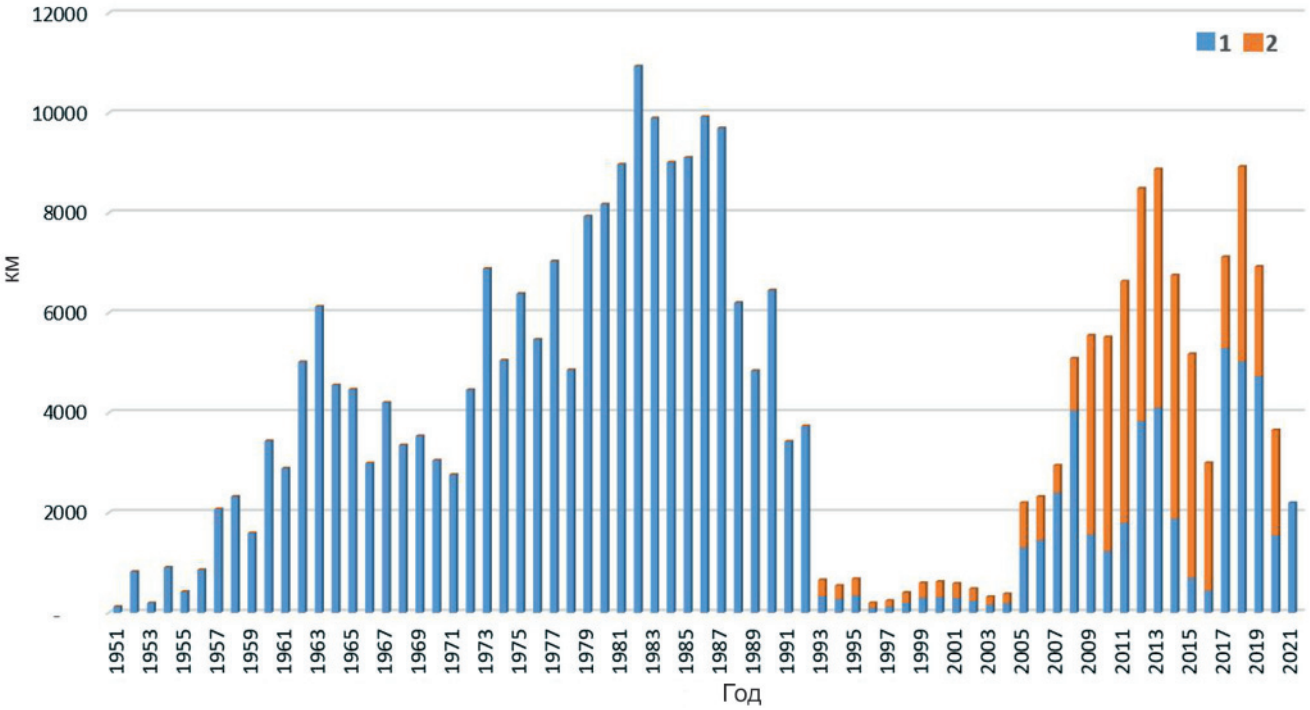

Рис. 2. Динамика проведения сейсморазведочных работ на территории центральных и южных районов Республики Саха (Якутия)

Сейсморазведочные работы, выполненные за счет средств: 1 – государственного бюджета СССР и федерального бюджета РФ, 2 – недропользователей

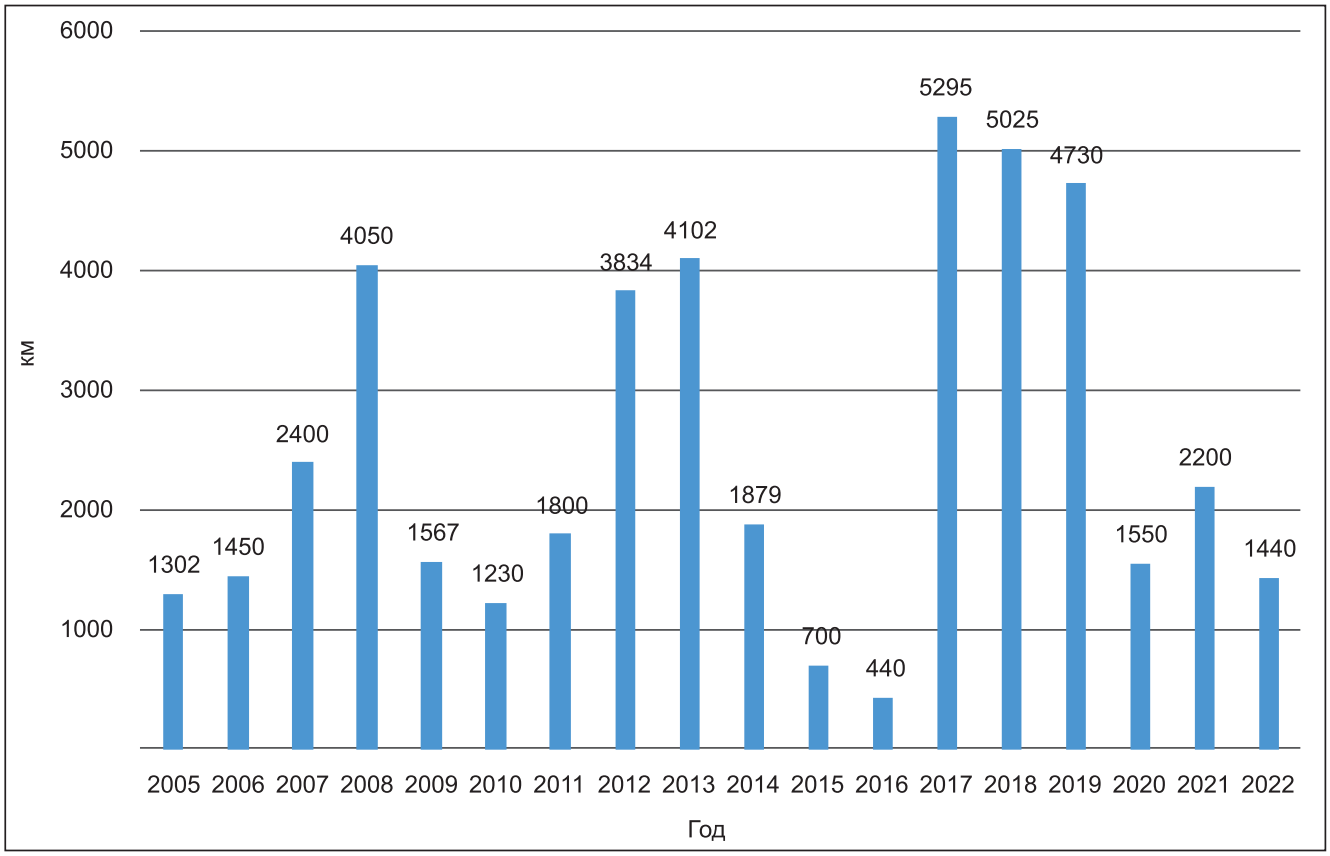

Рис. 3. Динамика проведения региональных сейсморазведочных работ за счет средств федерального бюджета РФ на территории центральных и южных районов Республики Саха (Якутия)

и внутри Непско-Ботуобинской НГО (8.1–8.3). В этот же период было начато изучение региональными сейсмическими работами выделенной А. Э. Конторовичем, С. А. Моисеевым Центрально-Тунгусской НГО (проекты 9.1–9.6) (см. рис. 1).

В рамках этих проектов было отработано 45684 км сейсмических профилей на площади 703218 км^2; плотность их сети составила 0,07 км/км^2. Как видно из рис. 3, максимальные объемы сейсморазведочных работ (5295 км в год) были выполнены в 2017 г.

Степень изученности территории региональными сейсморазведочными работами меняется от 92 % (Алдано-Майская НГО) до 11 % (Алданская НГО).

Региональные сейсморазведочные работы проводили ОАО «Якутскгеофизика» (16 проектов), АО «Росгео» (13 проектов), по одному – ЗАО «Континентальная геофизическая компания», ОАО «Сибнефтегеофизика», ОАО «Центральная геофизическая экспедиция», СНИИГГиМС, ВНИГРИ. Геологическое обобщение этих работ проводилось в различных научных и производственных организациях [2, 3].

Никогда ранее в таких объемах региональные сейсморазведочные работы на территории Республики Саха (Якутия) не проводились.

По каждому объекту региональных сейсморазведочных работ проведены обработка и интерпретация полученных материалов, корреляция отражающих горизонтов, построены структурные карты, намечены обособленные по этажам нефтегазоносности перспективные объекты, даны рекомендации по проведению дальнейших геолого-разведочных работ. Обработка сейсмического материала выполнялась в ОАО «Якутскгеофизика», ОАО «Сибнефтегеофизика», ЗАО «Континентальная геофизическая компания», ООО «Западно-Якутская геофизическая экспедиция», НПФ «Сибэкосервис», ЗАО КГЦ «Росгеофизика», АО «Иркутскгеофизика», ЗАО «ИЭРП», АО «ЦГЭ», ОАО «Сибнефтегеофизика». Следует заметить, что для некоторых проектов проектирование и полевые исследования проводили одни организации, а обработку и интерпретацию полученных результатов – другие.

При огромной информационной ценности выполненных региональных сейсморазведочных работ они обладают определенными недостатками. К ним следует отнести отсутствие единой программы и согласованной методики проектирования и проведения исследований, отсутствие единой согласованной и утвержденной схемы региональных сейсморазведочных работ, большое количество исполнителей работ и неидентичные подходы к обработке и интерпретации их результатов, слабое обоснование выявленных перспективных объектов.

Параметрическое бурение в центральных и южных районах Республики Саха (Якутия) с 2000 по 2016 гг. проводилось в существенно меньших объемах: пробурено всего шесть параметрических

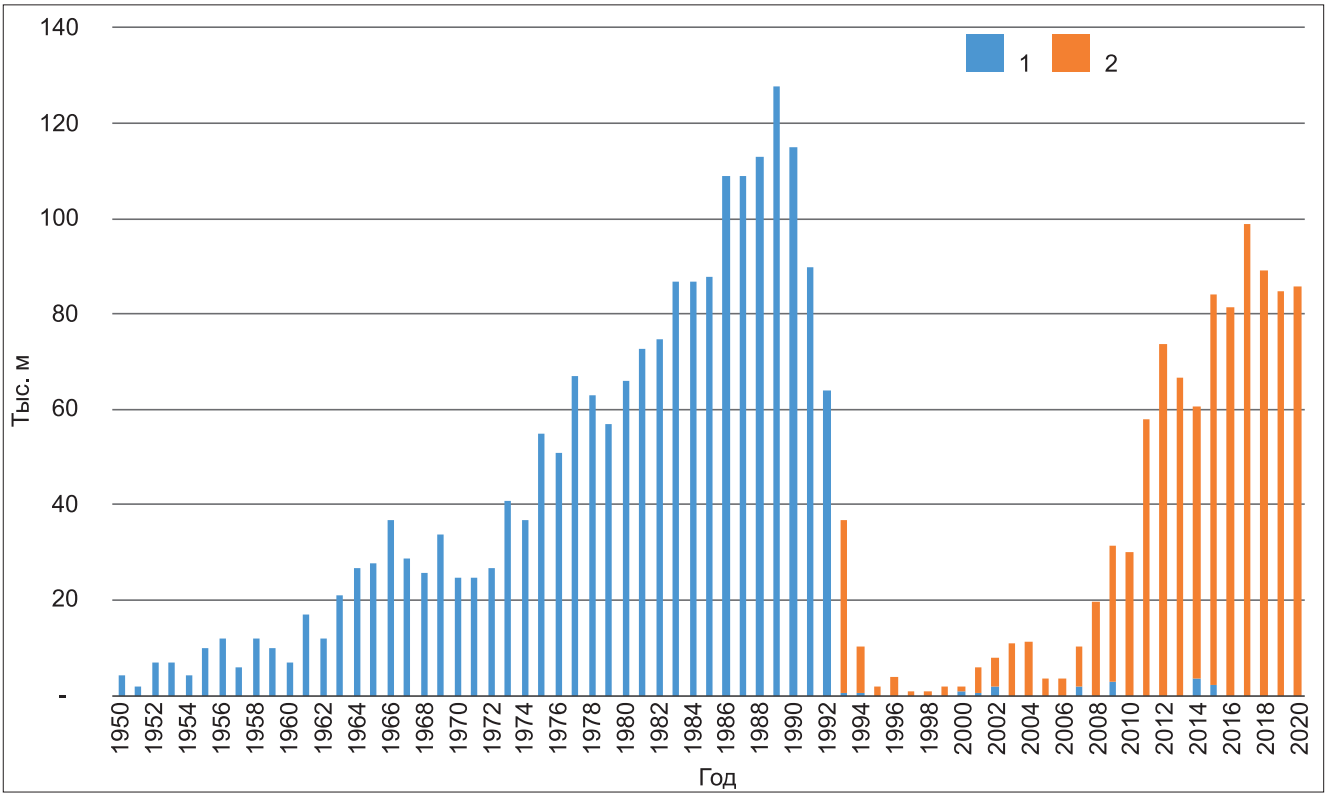

Рис. 4. Динамика бурения скважин в центральных и южных районах Республики Саха (Якутия)

Бурение, выполненное за счет средств: 1 – государственного бюджета СССР и федерального бюджета РФ, 2 – недропользователей

скважин (Западно-Талаканская 3600, Южно-Сунтарская 3610, Усть-Майская 3660, Западно-Ботуобинская 3620, Кугасская 3640 и Нижнечонская 252) с общим объемом бурения 14521 м (табл. 2).

Одновременно с региональными работами на нераспределенном фонде недр, проведенными за счет средств федерального бюджета РФ, большой объем исследований на распределенном фонде недр выполнили недропользователи. С 2004 до 2021 гг. за счет средств недропользователей в центральных и южных районах Республики Саха (Якутия) было отработано 48266 км профилей сейсморазведки МОГТ 2D и 21130 км^2 сейсморазведочных работ 3D, пробурено 458 поисково-оценочных скважин. Общий объем глубокого поисково-разведочного бурения составил 884,8 тыс. м. Заметим, что годовые объемы глубокого бурения были в последние четверть века в 3,0–3,5 меньше, чем в 1970–1980-е гг. Всего в центральных и южных районах Республики Саха (Якутия) было отработано около 254 тыс. км сейсморазведочных профилей МОВ, в том числе около 150 тыс. км профилей МОГТ. Максимальный объем сейсморазведки 2D (10940 км) был выполнен в 1985 г., а в XXI в. – в 2012, 2013 и 2017 гг. (8500, 8880 и 8900 км соответственно).

Начиная с 1950 г. на территории центральных и южных районов Республики Саха (Якутия) пробурено 2944 тыс. м, из них 2071 тыс. м за счет средств государственного бюджета СССР и федерального бюджета РФ и 873,5 тыс. м за счет средств недропользователей (см. рис. 4). Максимальный объем

Таблица 2

Характеристика пробуренных параметрических скважин

НГО	Площадь	Скважина	Начало бурения	Окончание бурения	Забой скважины, м	Отложения на забое
Непско-Ботуобинская	Западно-Талаканская	360-0	31.03.2000	27.09.2001	1635	AR–PR
Западно-Вилюйская	Южно-Сунтарская	361-0	03.04.2002	12.10.2002	1911	AR–PR
Непско-Ботуобинская	Западно-Ботуобинская	362-0	18.04.2007	21.09.2007	2065	AR–PR
Непско-Ботуобинская	Кугасская	364-0	31.12.2008	31.08.2009	2925	RF
Алдано-Майская	Усть-Майская	366-0	04.06.2013	02.10.2014	3715	RF
Непско-Ботуобинская	Нижнечонская	252	21.04.2015	27.09.2015	2270	AR–PR
ВСЕГО					14521	

Таблица 3

Объемы ГРР, прироста запасов и добычи углеводородов в центральных и южных районах Республики Саха (Якутия) в 1993–2021 гг.

Вид ГРР	НРФН	РФН	Всего
Сейсморазведка			
2D, км	46834	51793	98627
3D, км^2	–	21130	21130
Глубокое параметрическое и поисково-разведочное бурение, м	15500	964800	980300
Прирост запасов нефти, т			
извлекаемых	–	381691	381691
геологических	–	2176809	2176809
Прирост запасов газа, млрд м^3	–	1598356	1598356
Добыча			
нефти, т	–	94163	94163
газа, млрд м^3	–	55567	5567

Примечание. Фонд недр: НРФН – нераспределенный, РФН – распределенный.

бурения (123 тыс. м) был достигнут в 1989 г., после 1993 г. – в 2017 г. (99,3 тыс. м) (табл. 3).

Выполненные региональные сейсморазведочные работы позволили уточнить региональные стратиграфические схемы геологических объектов в центральных и южных районах Республики Саха (Якутия), схемы фациально-стратиграфического и тектонического районирования осадочного чехла, построить принципиально новые модели геологического строения изученных регионов, пересмотреть схемы нефтегазогеологического районирования изученных территорий, качественные и количественные оценки перспектив их нефтегазоносности.

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований № FWZZ-2022-0008 «Цифровые геолого-геофизические модели Лено-Тунгусской и Лено-Вилюйской нефтегазоносных провинций, анализ закономерностей размещения нефтяных и газовых месторождений, оценка перспектив нефтегазоносности в основных продуктивных комплексах верхнего протерозоя и фанерозоя, включая карбонатные горизонты венда и кембрия с трудноизвлекаемыми ресурсами, изучение влияния интрузий траппов на нефтегазоносность».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Конторович А. Э., Мельников Н. В., Старосельцев В. С.** Нефтегазоносные провинции и области Сибирской платформы // Геология и нефтегазоносность Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1975. – С. 4–21.

2. **Основные** результаты региональных сейсморазведочных работ в южной части Вилюйской синеклизы, Республика Саха (Якутия) / В. А. Трофимов, Ф. Ф. Закиров, Л. Ю. Колесниченко и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т. 16, № 3. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/2021/21_2021.html.

3. **Результаты** геологоразведочных работ за счет средств недропользователей и федерального бюджета на территориях Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) / Л. Н. Константинова, А. О. Гордеева, Е. Н. Кузнецова и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2019. – Т. 14, № 2. – URL:http://www.ngtp.ru/rub/2019/21_2019.html.

© А. М. Фомин, И. А. Губин,
С. А. Моисеев, А. Э. Конторович, 2022