

А. М. Фомин¹, И.А. Губин¹, Е. В. Бобкова¹*

Обобщение результатов региональных сейсморазведочных работ на территории Присаяно-Енисейской НГО

¹ 1 Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: fominam@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Проанализированы результаты региональных геологоразведочных работ за счет федерального бюджета на территории Присаяно-Енисейской НГО за последние 18 лет. Они позволили в значительной мере скорректировать представления о геологическом строении и оценке перспектив нефтегазоносности исследуемой территории. По результатам этих работ были выявлены перспективные объекты для проведения детализационных геофизических исследований и поискового бурения. Согласно оценкам, приведенным в отчетах по производственным сейсмическим работам, наибольшим ресурсным потенциалом обладают, рифейский, вендский терригенный, венд-нижнекембрийский подсолевой карбонатный и нижнекембрийский карбонатный межсолевой комплексы.

Ключевые слова: Присаяно-Енисейская НГО, региональная сейсморазведка, поисковые объекты, венд, кембрий

A. M. Fomin¹, I. A. Gubin¹, E. V. Bobkova¹*

Generalization of regional seismic results within the Prisayano-Yenisei petroleum region

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: fominam@ipgg.sbras.ru

Annotation. The results of regional geological exploration at the expense of the federal budget on the territory of the Prisayano-Yenisei petroleum region over the past 18 years are analyzed. They made it possible to significantly correct the understanding of the geological structure and assessment of the prospects for the oil and gas potential of the study area. Based on the results of these works, promising objects were identified for detailed geophysical surveys and exploratory drilling. According to the estimates given in the reports on production seismic work, the Vendian terrigenous, Vendian-Lower Cambrian pre-salt carbonate and Lower Cambrian carbonate inter-salt complexes have the greatest resource potential.

Keywords: Prisayano-Yenisei petroleum region, regional seismic exploration, prospecting objects, Vendian, Cambrian

Введение

Присаяно-Енисейская нефтегазоносная область (ПЕ НГО) выделена в 1969 г. И.П. Карасевым, М.М. Мандельбаумом, В.В. Самсоновым и др. [1]. Общая площадь НГО в современных границах составляет 140 тыс. км², в пределах её Красноярской части – 70,8 тыс. км².

Промышленная нефтегазоносность ПЕ НГО не доказана. Ближайшие месторождения газа открыты в Нижнеангарском самостоятельном нефтегазоносном районе (СНГР) и Ангаро-Ленской НГО. Этаж доказанной нефтегазоносности в них охватывает терригенный комплекс венда, карбонатный комплекс венда – нижнего, и частично среднего кембрия. Эти же отложения, а также верхнерифейский комплекс включены в предполагаемый этаж нефтегазоносности ПЕ НГО [2, 3].

Геолого-геофизическая изученность ПЕ НГО крайне низкая. За всё время изучения на её территории было пробурено всего 27 глубоких скважин, что обеспечило плотность бурения 0,42 м/км².

Региональные геофизические работы по госконтрактам за счет Федерального бюджета РФ в ПЕ НГО проводились в ограниченных объёмах на северо-западе, на севере и в её центральной части. Сейсморазведочные работы были проведены ООО «Богучанская геофизическая экспедиция» и ОАО «Енисейгеофизика» (ответственными исполнителями производственных отчетов являлись Глушенкова М.Я., Горюнов Н.А., Богдан В.А., Машенькин Д.В., Тимофеев В.А.).

Результаты обобщения геолого-геофизических материалов

Начиная с 2004 г. региональные сейсморазведочные работы на территории Присяно-Енисейской НГО были выполнены по следующим проектам (рис. 1): на Богучано-Манзинском выступе – 1 (2004-2006 гг.), в пределах Приенисейской зоны линейных дислокаций и Троицко-Михайловского вала – 2 (2006-2008 гг.), в зоне сочленения Богучано-Манзинского выступа и Мурской впадины – 3 (2006-2008 гг.), на северо-восточном борту Кежемской впадины – 4 (2007-2008 гг.), на северном борту Мурской впадины – 5 (2010-2012 гг.) и в пределах красноярской части Присяно-Енисейской синеклизы – 6 (2011-2013 гг.) Кроме того, синеклизу пересекают 2 региональных опорных профиля – пос. Карабула – Восточный Саян и Богучано-Манзинский выступ – р. Ангара, отработанных за период с 2005 г по 2010 г.

Площадь полигонов современных региональных сейсморазведочных работ на территории ПЕ НГО составила 43 990 км² или 68.7 % от её площади. Общая протяженность современных сейсмических профилей на рассматриваемых площадях равна 4 853 км (табл. 1), а степень изученности сейсморазведкой территории проектов – 0,07 км/км².

Большая часть сейсмических материалов, выполненных по проектам, характеризуется хорошим качеством.

Геофизическая информативность полученных материалов меняется по площади НГО. Сейсмограммы нередко осложнены помехами, пониженной информативностью отличается сейсмический материал, полученный на территории залегания эффузивно-вулканогенных потоков, покровов и пластов пирокластики триаса.

Обработка и интерпретация сейсмических материалов осуществлялась на вычислительных центрах ООО «Богучанская ГЭ», ОАО «Енисейгеофизика», ООО «Эвениягеофизика», ОАО «Хантымансийскгеофизика».

Целевым назначением работ являлось изучение геологического строения и перспектив нефтегазоносности Присаяно-Енисейской синеклизы, выделение первоочередных поисковых объектов, оценка их начальных геологических и прогнозных ресурсов УВ и подготовка участков к переводу в распределенный фонд недр.

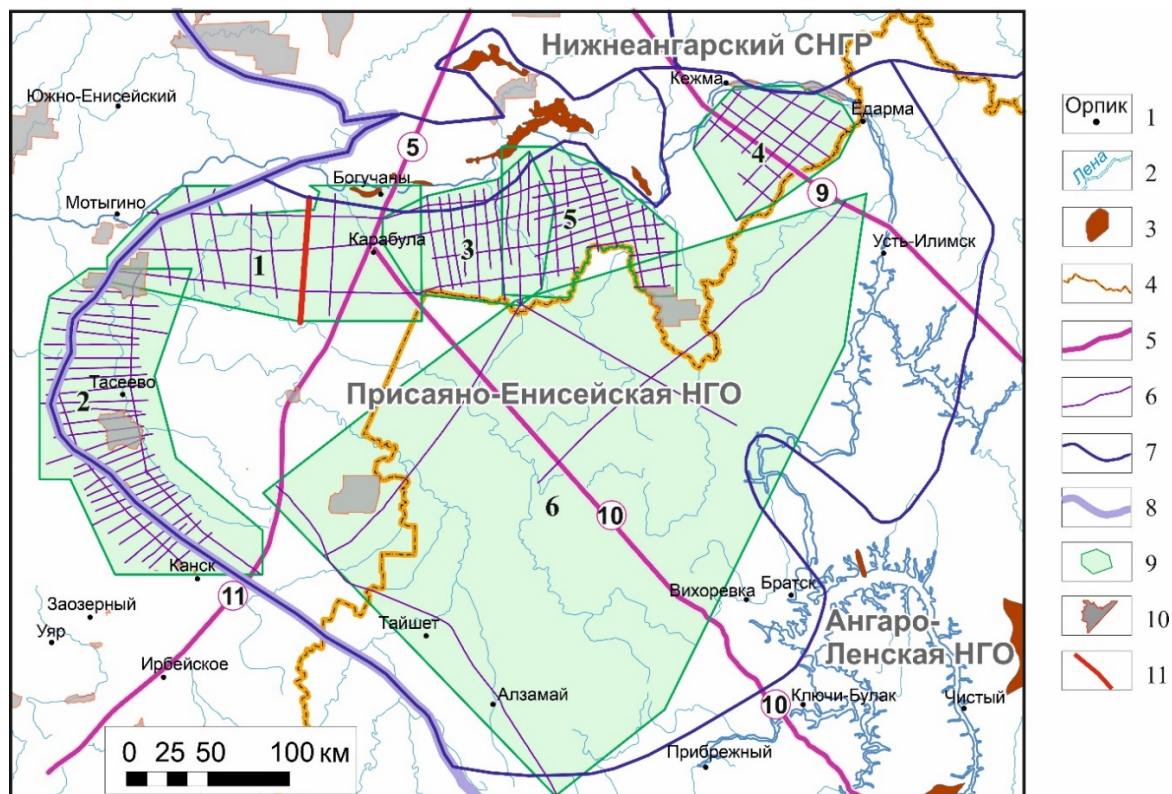


Рис. 1. Карта территорий проведения региональных сейсморазведочных работ в ПЕ НГО. 1 – населённые пункты; 2 – гидросеть; 3 – месторождения нефти и газа; 4 – административные границы; 5 – опорные геофизические профили: Алтай – Северная Земля (5) и его южное продолжение Карабула – Восточный Саян (11), Кежма-Предпатомский прогиб (9), Богучано-Манзинский выступ – р. Ангара (10); 6 – сеймопрофили МОГТ 2D; 7 – границы НГО, 8 – границы НПП; 9 – проекты региональных работ (1 – на Богучано-Манзинском выступе, 2 – в Приенисейской зоне линейных дислокаций и на Троицко-Михайловском валу, 3 – в зоне сочленения Богучано-Манзинского выступа и Мурской впадины, 4 – на северо-восточном борту Кежемской впадины, 5 – на северном борту Мурской впадины, 6 – в пределах Присаяно-Енисейской синеклизы); 10 – особо охраняемые природные территории; 11 – линия сеймопрофиля № 490506 (см. рис. 2).

Таблица 1

Объёмы и основные параметры методики полевых наблюдений МОГТ на территории ПЕ НГО

Основные параметры	Проекты					
	Богучано-Манзинский выступ (6-1), 2004-2006 гг.	Приенисейская зона дислокаций и Троицко- Михайловский вал (6-2), 2006-2008 гг.	зона соchl. Богучано- Манзинского выступа и Мурской впадины (6-3), 2007-2008 гг.	Северо-восток Кежемской впадины (6-4), 2007-2008 гг.	Северный борт Мурской впадины (6-5), 2010-2012 гг.	Присяжно-Енисейская синеклиза (6-6), 2011-2013 гг.
Площадь исследований, км ²	12773	15671	6657	5400	7200	68637
Объём, км (полнократных)	900	1800	1000,15	552,75	900	1530
Плотность сети профилей, км/км ²	0,07	0,11	0,15	0,10	0,13	0,02
Система наблюдений	центральная симметричная	Центральная симметричная	Центральная симметричная	Центральная симметричная	центрально- симметричная	Центрально-симметричная
Количество активных каналов	161; 181	161	161	161	201	401
Расстояние между ПВ, м	50	50	50	50	50	40
Расстояние между ПП, м	50	50	50	50	50	40
База группирования СП	25	25	25	25		20
Минимальное расстояние ПВ-ПП, м	0	0	0	0	0	0
Максимальное расстояние ПВ-ПП, м	4000; 4500	4000	4000	4000	5000	4000
Кратность перекрытия	80; 90	80	80	80	100	100
Источник возбуждения колебаний	взрывной	«Енисей-КЭМ-4», взрывной	Взрывной ТП-400 (тротил)	«Енисей-КЭМ-4»	Импульсный, «Енисей»КЭМ-4; взрывная (моторы ВТ-121)	Енисей «СЭМ-100», «КЭМ-4»
- длительность свип- сигнала, с	–	–	–	–	–	–
- частота свип-сигнала, гц	–	–	–	–	–	–
Регистрация колебаний: тип сейсмостанции	INPUT-OUTPUT	Sercel N-408 UL, Input/Output System Two	SERCEL 388, SERCEL 408 UL	Input/Output-2	Sercel 428 XL	Sercel SN428XL
Шаг дискретизации, мс	2	2	2	2	2	1
Длина записи, с	10	10	6	6	8	8

— — нет данных

При стратиграфической привязке отражающих горизонтов были использованы данные акустического каротажа и сейсмокаротажных исследований. Сейсмокаротаж проведен в скважинах Сутягинская-1, Фединская-1, Абанская-1, Богучанская-1, 4.

Сейсмокаротажные исследования в скв. Богучанская-1, Абаканская-1 и Берямбинская-2 расположенных соответственно западнее и северо-восточнее Мурской площади, позволили выполнить стратиграфическую привязку сейсмических горизонтов, уточнить физические свойства разреза, в том числе и его скоростные характеристики (рис. 2). Следует отметить, что геофизические параметры геологического разреза по данным этих скважин не в полной мере будут адекватны геологическому разрезу центральных и южных районов ПЕ НГО, которые являются практически не изученными бурением.

На территории ПЕ НГО выделяют до 13 отражающих горизонтов (ОГ). Да-дим краткую характеристику основным из них.

ОГ Н приурочен к кровле литвинцевской свиты. ОГ прослеживается как отрицательная фаза, достаточно однородной формы. По площади имеет сильную динамическую дифференциацию, связанную в первую очередь с изменениями в ВЧР, а также схожестью составов литвинцевской и олёнчиминской свит (доломиты, аргиллиты, мергели).

ОГ К₂ приурочен к кровле нижнебельской подсвиты. Отраженная волна формируется благодаря наличию акустически контрастной границы между карбонатными отложениями нижней подсвиты и соленосными отложениями верхнебельской подсвиты.

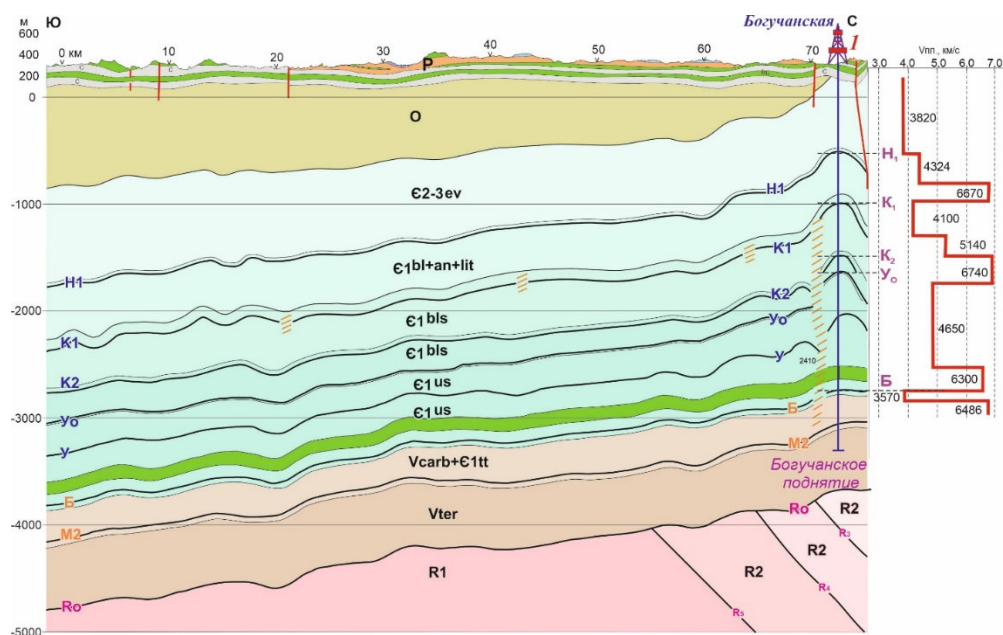


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез по профилю № 490506 и стратификация отражающих горизонтов по скважине Богучанская-1 (Глушенкова, 2006 с изменениями и дополнениями). Сокращенные обозначения свит и комплексов: ev – эвенкийская, bl – булайская, an – ангарская, lit – литвинцевская, bls – бельская, us – усольская, tt – тэтэрская, Vcarb – карбонатный комплекс венда (собинская, катангская, тэтэрская свиты), Vter – терригенный комплекс венда (алешинская, чистяковская, мошаковская, островная свиты). Положение разреза показано на рис. 1

ОГ Y_0 приурочен к кровле усольской свиты. Отраженная волна формируется благодаря наличию акустически контрастных солей в одноименной усольской свите.

ОГ B приурочен к кровле вендских отложений (кровля тэтэрской свиты) представлен положительным экстремумом сейсмической записи. Отражение формируется за счет перепада акустических свойств на границе между доломитами тэтэрской свиты (карбонатными отложениями венда) и солями усольского горизонта.

ОГ M_1 приурочен к кровле редколесной свиты (тасеевская серия) непского стратиграфического горизонта. Формируется горизонт за счет перепада акустической жесткости на границе глинистых и доломитизированных отложений нижнекатангской подсвиты с терригенными отложениями редколесной свиты.

ОГ R_0 стратифицируется как подошва вендских отложений. ОГ R_0 прослежен повсеместно. Однако сложность волновой картины, изменчивая динамика и слабая когерентность отражения, связанная с эрозионной поверхностью, составом пород, залегающих под ней, наличием разломов, изменением мощности терригенных отложений и их выклиниванием, не даёт уверенное прослеживание горизонта. Основным критерием его опознания на разрезах – подход наклонных, несогласных рифейских отражений к отражениям вендского сейсмокомплекса.

Внутририфейские ОГ R_1 и R_2 . ОГ R_2 приурочен либо к подошве тунгусикской серии (красногорская свита), либо к её кровле – вингольдинская свита (на границе смены отложений аргиллитов вышележащей токурской свиты осланской серии на фитогенные доломиты). ОГ R_1 приурочен к подошве шунтарской свите (средняя часть тунгусикской серии) или к границе смены преимущественно терригенных отложений нижнеангарской свиты на существенно карбонатные отложения дашкинской свиты (ослянская серия).

Такой разброс стратиграфических привязок отражающих горизонтов верхнего рифея показывает, что у исследователей нет общепринятой точки зрения на индексацию и стратиграфическую привязку внутририфейских отражающих горизонтов.

Структурные планы по поверхности терригенного комплекса венда и по поверхности тэтэрской свиты (поверхность венда) в общих чертах повторяют структурный план эрозионной поверхности рифея (рис. 3). Конфигурации структур на уровне регионального стратиграфического несогласия (горизонт R_0) в плане несколько отличаются от их конфигурации, определенной по отражающим горизонтам в венде, что обусловлено историей геологического развития региона в докембрии и является следствием латерального изменения мощности вендских и венд-рифейских отложений в целом.

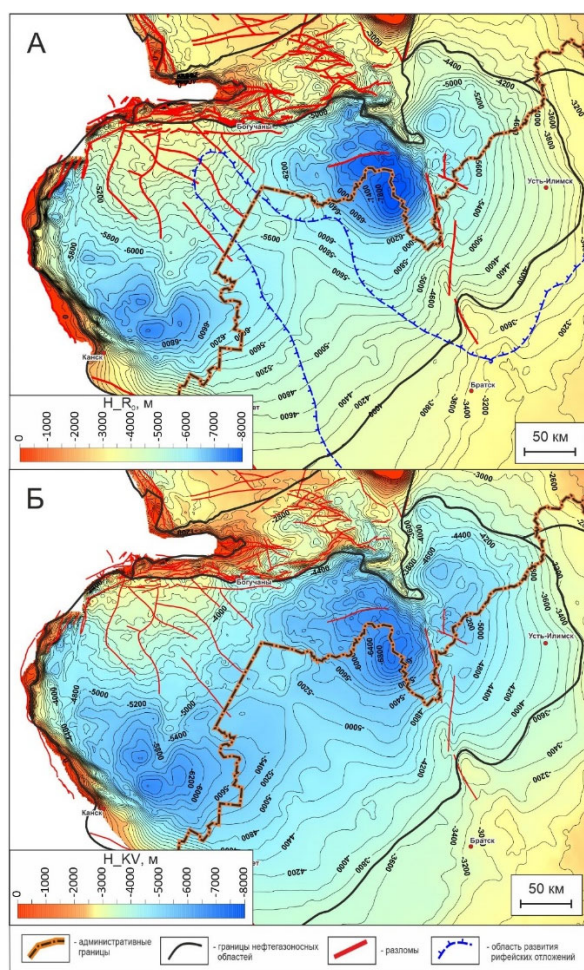


Рис. 3. Структурные карты по отражающим горизонтам R_0 (А) и M_1 (Б)

По результатам региональных геологоразведочных работ в пределах ПЕ НГО всего было выявлено 60 перспективных объектов, локализованных в стратиграфическом интервале от рифея до осинского горизонта нижнего кембрия (рис. 4, табл. 2).

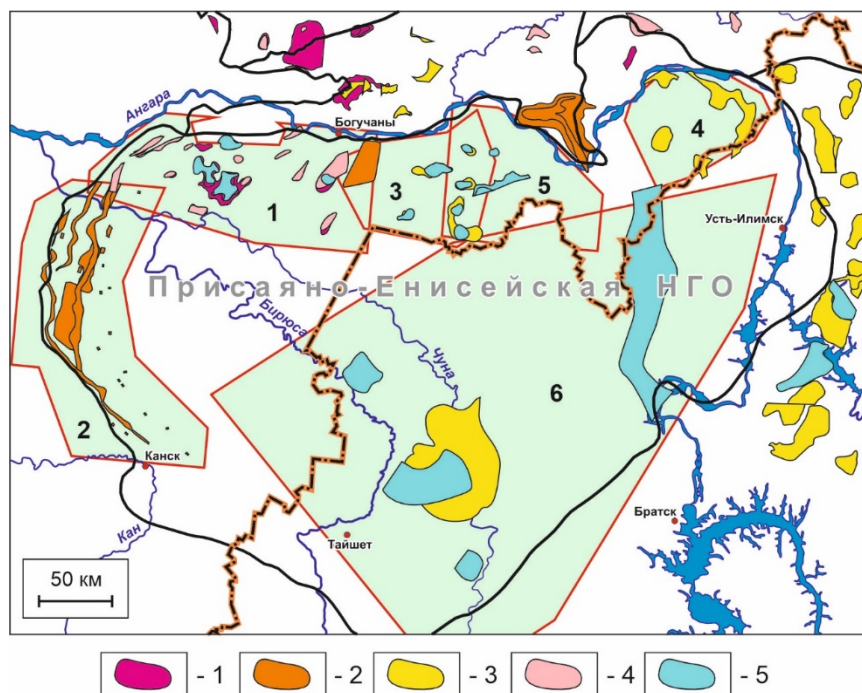


Рис. 4. Карта размещения перспективных зон и объектов, выявленных по результатам региональных геологоразведочных работ. Стратиграфические уровни локализации объектов: 1 – рифей, 2 – рифей и венд, 3 – терригенный комплекс венда, 4 – карбонатный комплекс венда, 5 – карбонатный комплекс венда-нижнего кембрия. Остальные условные обозначения: см. рис. 1, 3.

Таблица 2

Суммарные геологические ресурсы перспективных объектов

Проект	Кол-во объектов	Площадь объектов, км ²	Начальные геологические ресурсы: Дил, млн т УУВ		
			Rf, Rf+V	V _{terr}	V-Є ₁ карб.
1	28	3926	Не оценивались	Не оценивались	400
2	7	2157	2657	Не выделены	Не выделены
3	13	1498	Не оценивались	661	85
4	4	1045	Не выделены	606	Не выделены
5	3	259	Не выделены	368	90
6	5	3686	Не выделены	831	1810
ИТОГО	60	12571	2657	2466	2385

Заключение

Проведенные работы позволили выявить основные особенности структурного плана венд-нижнекембрийских и рифейских отложений в зоне проведенных работ, оценить изменения мощностей разных стратиграфических подразделений

нижнего кембрия и венда, уточнить параметры ранее выявленных структурных элементов.

Были скорректированы контуры ранее намеченных локальных структур и намечены новые, ранее неизвестные, структурные элементы по отражающим горизонтам Б и М₁.

Полученные новые результаты геологоразведочных работ позволили существенно уточнить представления о глубинном строении осадочного чехла ПЕ НГО, стало возможным более точно картировать структурные поверхности и детализировать карты изопахит основных осадочных комплексов, а это в свою очередь позволило внести коррективы и в нефтегазogeологическое районирование, и в оценку перспектив нефтегазоносности.

Основной ресурсный потенциал ПЕ НГО связан с вендскими и нижнекембрийскими карбонатными отложениями на севере территории, с терригенным комплексом венда (тирский региональный стратиграфический горизонт) на востоке, а также с рифейским комплексом на западе. Суммарные начальные геологические ресурсы по категории Д_{1л} в рифейском, вендском терригенном и венд-нижнекембрийском карбонатном комплексах распределены примерно поровну и составляют 2657, 2466 и 2385 млн т УУВ соответственно.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований № FWZZ-2022-0008 «Цифровые геолого-геофизические модели Лено-Тунгусской и Лено-Вилуйской 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».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конторович А.Э., Мельников Н.В., Старосельцев В.С. Нефтегазogeологическое районирование Сибирской платформы // Геология нефти и газа. – 1976. – № 2. – С. 6-16.
2. Мельников, Н.В. Присяно-Енисейская синеклиза – объект газопоисковых работ на юго-западе Сибирской платформы [Текст] / Н.В. Мельников, А.С. Ефимов, Е. Б. Смирнов, Г. Д. Назимков, Л. Б. Медюхина // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2010. – № 2. – С. 13-20.
3. Болдушевская Л.Н., Филиппов Ю.А., Назимков Г.Д. История нефтегазообразования в пределах Присяно-Енисейской синеклизы // Проблемы нефтегазоносности Сибирской платформы. Сб. матер. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. – С. 101-103.

© А. М. Фомин, И. А. Губин, Е. В. Бобкова, 2023