

*А. М. Фомин<sup>1\*</sup>, П. А. Новоселя<sup>1</sup>*

## **Обобщение результатов региональных сейсморазведочных работ на территории Ангаро-Ленской НГО**

<sup>1</sup> 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 Ангаро-Ленской нефтегазоносной области (НГО) за последние 16 лет. Они позволили в значительной мере скорректировать представления о геологическом строении и оценке перспектив нефтегазоносности исследуемой территории. По результатам этих работ было выявлено перспективные объекты для проведения детализационных геофизических исследований и поискового бурения. Согласно оценкам, приведенным в отчетах по производственным сейсмическим работам, наибольшим ресурсным потенциалом обладают вендский терригенный, венд-нижнекембрийский подсолевой карбонатный и нижнекембрийский карбонатный межсолевой комплексы.

**Ключевые слова:** Ангаро-Ленская НГО, региональная сейсморазведка, поисковые объекты, венд, кембрий

*A. M. Fomin<sup>1\*</sup>, P. A. Novoselja<sup>1</sup>*

## **Generalization of regional seismic results within the Angara-Lena petroleum region**

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

**Abstract.** The results of regional geological exploration at the expense of the federal budget on the territory of the Angara-Lena PR over the past 17 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:** Angara-Lena petroleum region, regional seismic, prospecting objects, total initial resources, Vendian, Cambrian

### ***Введение***

Ангаро-Ленская нефтегазоносная область (НГО) была выделена в 1969 г. И.П. Карасевым, М.М. Мандельбаумом, В.В. Самсоновым на территории всего юга Сибирской платформы. Проведенные в 1971-1975 гг. геолого-геофизические работы позволили А.Э. Конторовичу, М.М. Мандельбауму, Н.В. Мельникову,

В.В. Самсонову, В.С. Старосельцеву В.С. Суркову и А.А. Трофимуку [1] разделить Ангаро-Ленскую область на две, сохранив первоначальное название за южной ее частью. Более северные территории были включены в состав Непско-Ботуобинской НГО. Площадь Ангаро-Ленской НГО в современных границах составляет 229 тыс. км<sup>2</sup>.

На севере область граничит с Непско-Ботуобинской, на северо-востоке – с Предпатомской, на западе – с Присяяно-Енисейской НГО. Южная граница Ангаро-Ленской НГО одновременно является границей Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (НГП).

### ***Результаты***

На территории Ангаро-Ленской НГО региональные сейсморазведочные работы были выполнены по девяти проектам: Усть-Кутский – 4-1 (2006-2008 гг.), Заярский – 4-2 (2006-2009 гг.), Бельский – 4-3 (2007-2009 гг.), Верхнекатангский – 4-4 (2007-2010 гг.), Рудногорский – 4-5 (2007-2010 гг.), Катский – 4-6 (2010-2012 гг.), Западно-Ийский – 4-7 (2013-2014 гг.), Илиро-Ийский – 4-8 (2012-2014 гг.), Нукутский – 4-9 (2015-2017 гг.). Работы проводились ФГУНПП Иркутскгеофизика и ОАО Якутскгеофизика.

На рисунке 1 приведены контуры этих проектов, полученных из отчетов региональных сейсморазведочных работ. Ответственными исполнителями работ являлись Афанасьева С.А., Гогужева Е.И., Иванов Н.К., Калашникова А.С., Кривощёков А.Л., Куделина Г.И., Попов А.И. и Поспеева Н.В.

Территория Ангаро-Ленской НГО на 25,0 % изучена современными сейсморазведочными работами. Всего на НГО территории было выполнено 10153 км профилей сейсморазведки МОГТ 2D. Плотность сети сейсмических профилей составила 0,17 км/км<sup>2</sup> (таблица 1).

Илиро-Ийский, Рудногорский, Западно-Ийский, Заярский, Верхнекатангский и Катский проекты выполнялись вдоль границы Ангаро-Ленской ступени и Присяяно-Енисейской синеклизы, при этом четыре последних частично расположены на территории Присяяно-Енисейской синеклизы. Бельский и Нукутский проекты выполнялись в центральной части Иркутского Присяянья, Усть-Кутский проект расположен на северо-востоке Ангаро-Ленской НГО, примыкая восточной границей к Криволукскому проекту Предпатомской НГО.

Целевым назначением работ являлось изучение геологического строения и перспектив нефтегазоносности зоны сочленения Присяяно-Енисейской синеклизы и юго-западного склона Ангаро-Ленской ступени, выявление структур и зон, перспективных в нефтегазоносном отношении, прогнозирование зон, улучшенных коллекторов, оценка прогнозных локализованных ресурсов ( $D_{1л}$ ) и разработка рекомендаций по дальнейшим ГРП бурению поисковых скважин.

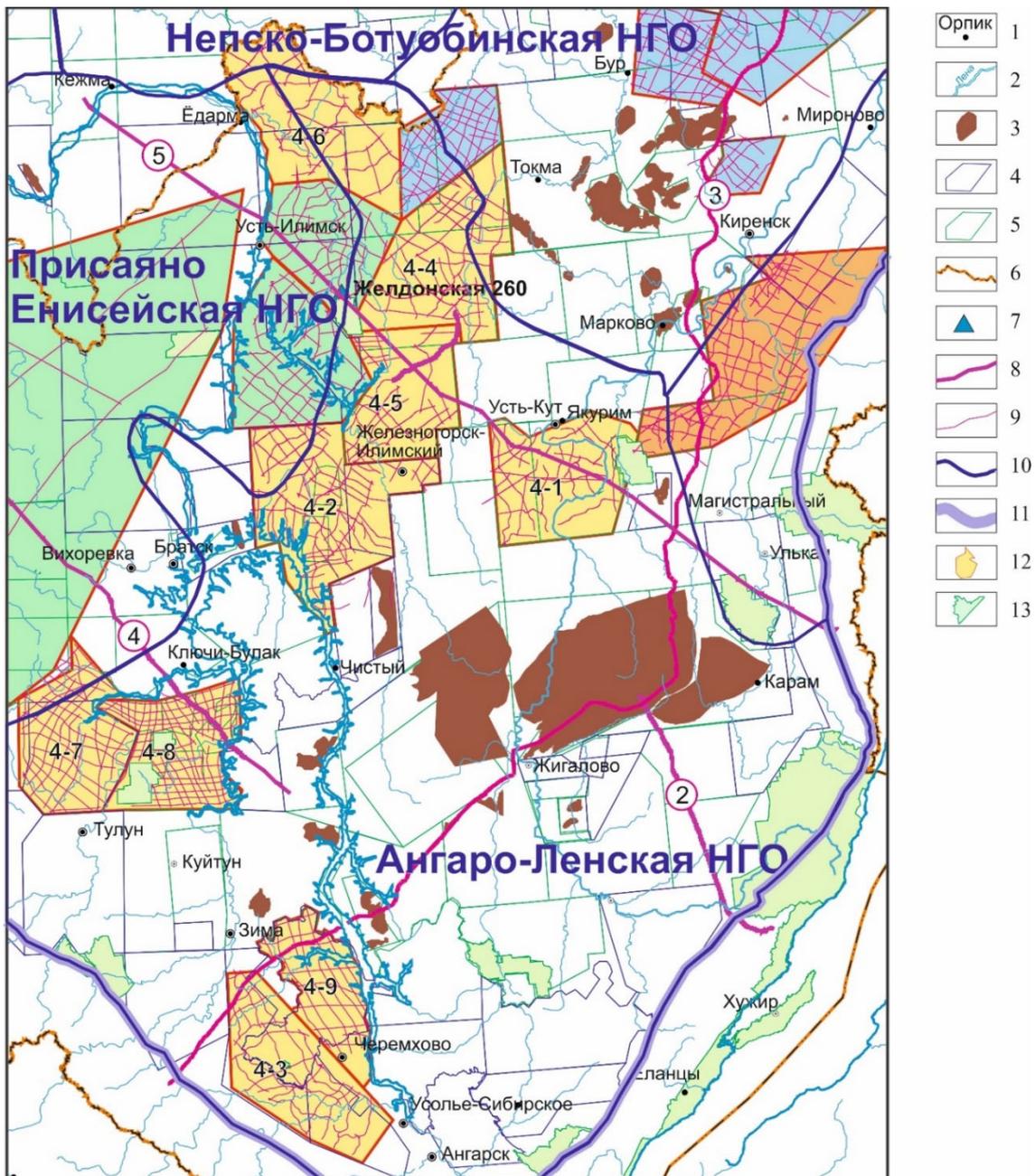


Рис. 1. Карта размещения региональных профилей и проектов сейсморазведочных работ на территории Ангаро-Ленской НГО.

1 – населённые пункты; 2 – реки; 3 – месторождения нефти и газа, границы; 4 – участков распределенного фонда недр (РФН), 5 – участков нераспределенного фонда недр (НФН), 6 – административные; 7 – параметрическая скв. Желдонская 260; 8 – региональные сейсмопрофили: Ковыкта – Предпатомский прогиб (2), Присяяно-Ленский (3), Богучано-Манзинский выступ – р. Ангара (4), Кежма – Предпатомский прогиб (5); 9 – сейсмопрофили МОГТ 2D; 10–13 – границы: 10 – НГО, 11 – НГП, 12 – территорий проектов региональных работ, 13 – особо охраняемых территорий. Проекты региональных работ: 4-1 – Усть-Кутский, 4-2 – Заярский, 4-3 – Бельский, 4-4 – Верхнекатангский, 4-5 – Рудногорский, 4-6 – Катский, 4-7 – Западно-Ийский, 4-8 – Илиро-Ийский, 4-9 – Нукутский.

Таблица 1

**Объёмы и основные параметры методики полевых наблюдений МОГТ  
на территории Ангаро-Ленской НГО**

Основные параметры	Проекты								
	Усть-Кутский (4-1) 2006-2008 гг.	Заярский (4-2) 2006-2009 гг.	Бельский (4-3) 2007-2009 гг.	Верхнекатан- ский (4-4) 2007- 2010 гг.	Рудногорский (4-5) 2007-2010 гг.	Катский (4-6) 2010-2012 гг.	Западно-Ийский (4-7) 2013-2014 гг.	Илро-Ийский (4-8) 2012-2014 гг.	Нукутский (4-9) 2015-2017 гг.
Площадь исследований, км <sup>2</sup>	6700	8650	6900	7835	5604	8140	5910	5740	4380
Объем, км (полнократных)	1265	1517	1101,3	1260	800	1000	1509,9	1700	750
Плотность сети профилей, км/км <sup>2</sup>	0,19	0,18	0,16	0,16	0,14	0,12	0,26	0,30	0,17
Система наблюдений	центральная, симметричная	центральная	центральная	центральная	центральная	центральная	центральная	центральная	центральная, симметричная
Количество активных каналов	250	120	121	–	–	161	162	162/163	166
Расстояние между ПВ, м	50	50	50	50	50	50	50	25-50	50
Расстояние между ПП, м	50	50	50	50	50	50	50	50	50
База группирования СП	25	50	50	50	50	50	–	50	50
Минимальное расстояние ПВ-ПП, м	0	75, 100	0	0	100	25, 100	25	100	0
Максимальное расстояние ПВ-ПП, м	3000	3050, 3075, 3100	3000	3000	3050	4025, 4100	4025	4100	4000
Кратность перекрытия	60	60	60	60	60	80	80	80	80
Источник возбуждения колебаний	взрывной (тротил)	вибрационный СВ- 5-150 М2А, СВ 14- 150, импульсный КЭМ-2 Енисей	Енисей-КЭМ-4	взрывной	импульсный Енисей КЭМ-2, вибрационный СВ14- 150	КЭМ-2, взрыв в скважине	взрывной	вибрационный СВ-14-150, импульсный Енисей КЭМ-4	взрывной
- длительность свип- сигнала, с	–	9	–	–	12	–	–	12	–
- частота свип-сигнала, гц	–	8-80	–	–	8-80	–	–	8-80, 12-72, 8-90	–
Регистрация колебаний: тип сейсмостанции	G.DAPS-4, G.DAPS- compact	Прогресс-Л, Прогресс - Т2, SERSEL - 408,	Sercel 408 UL, G DAPS	SERSEL 408XL, SERSEL 428XL	Прогресс-Т2	Sercel SN408 UL, Прогресс-Т2	Sercel 428XL	ИО-4, Прогресс-Т2	Sercel 428 XL
Шаг дискретизации, мс	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Длина записи, с	3	3	3	3	3	5	5	4; 5	4

– нет данных

На территории исследования в 2012-2013 гг. в 1 км от регионального профиля «Кежда – Предпатомский прогиб» была пробурена параметрическая скв. Желдонская-260.

В сейсмогеологическом разрезе осадочного чехла выделено три комплекса осадочных отложений: верхний – надсолевой, средний – солевой, нижний – подсолевой.

Верхний комплекс осадочного чехла сложен четвертичными образованиями и отложениями макаровской свиты ордовика. Солевой комплекс представлен галогенно-карбонатными осадками нижнего-среднего кембрия и включает отложения литвинцевской, ангарской, булайской, бельской и усольской свит. В нем выделены следующие регионально выдержанные опорные отражающие горизонты:

- Н<sub>1</sub> – кровля литвинцевской свиты
- Н<sub>2</sub> – кровля верхнеангарской подсвиты
- Н<sub>3</sub> – кровля нижнеангарской подсвиты
- Н<sub>4</sub> – низы ангарской свиты
- К<sub>2</sub> – кровля ниже-среднебельской подсвиты
- А – кровля осинского горизонта в усольской свите

Подсолевой комплекс сформирован венд-кембрийскими отложениями и разделяется на тэтэрскую, собинскую и катангскую свиты.

В нижней части разреза наиболее контрастными по акустическим свойствам являются горизонты:

- Б – кровля венда,
- $M_2$  – кровля терригенного комплекса венда.

Наиболее контрастным по акустическим свойствам является **горизонт Б** – кровля тэтэрской свиты, высокоамплитудное отражение положительного знака, обусловленное резким увеличением скорости на границе пласта каменной соли ( $V_p = 4545$  м/с) и толщи доломитов ( $V_p = 5950–6200$  м/с).

Толща карбонатных пород, залегающая между подошвой усольской свиты и кровлей терригенного венда, соответствует по объему даниловскому стратиграфическому горизонту. Она разделена на тэтэрскую, собинскую и катангскую свиты.

**Горизонт  $M_2$**  – кровля чорской свиты, отражение отрицательного знака, связанное с уменьшением скорости на границе преобразенского пласта доломитов катангской свиты ( $V = 5800–6200$  м/с) и терригенных пород чорской свиты ( $V_p = 4900–5500$  м/с). Устойчивость динамических характеристик этого отражения связана с карбонатной пачкой преобразенского горизонта, перекрывающей чорскую свиту и характеризующейся аномально-высокими, относительно вмещающих пород, акустическими характеристиками. Этот горизонт позволяет надежно картировать поверхность парфеновского горизонта, наиболее перспективного на территории НГО. В парфеновском горизонте коллектор выделяется практически повсеместно, средние значения пористости меняются от 6 до 13 %. На площади Верхнекатангского проекта наблюдается ухудшение коллекторских свойств в северо-восточном направлении.

Базальный комплекс осадочного чехла на Ангаро-Ленской ступени сформирован терригенными отложениями венда, относящимися к чорской свите. Вблизи Присяно-Енисейской синеклизы (Илиро-Ийский проект), возможно, в разрезе присутствует и рифей. Скорости распространения продольных сейсмических волн в рифейских отложениях составляют 6 200–6 400 м/с.

Рифейские отложения картируются на профиле «Богучано-Манзинский выступ – р. Ангара». Угловое несогласие, служащее главным критерием разделения рифейского и вендского комплексов в Юрубчено-Тохомской зоне, на этом региональном профиле маскируется фоном кратных волн (рис. 2).

В венд-нижнекембрийских карбонатных и терригенных отложениях выделены перспективные осинский, усть-кутский, преобразенский, верхнетирский, парфеновский и марковский горизонты.

На территории Нукутского проекта определены зоны вероятного газонакопления, а в их пределах локализованы участки, перспективные на обнаружение залежей УВ. Всего в отложениях парфеновского и боханского горизонтов выявлено четыре ловушки – Алтарикская, Каменная, Заречная и Куйтанская.

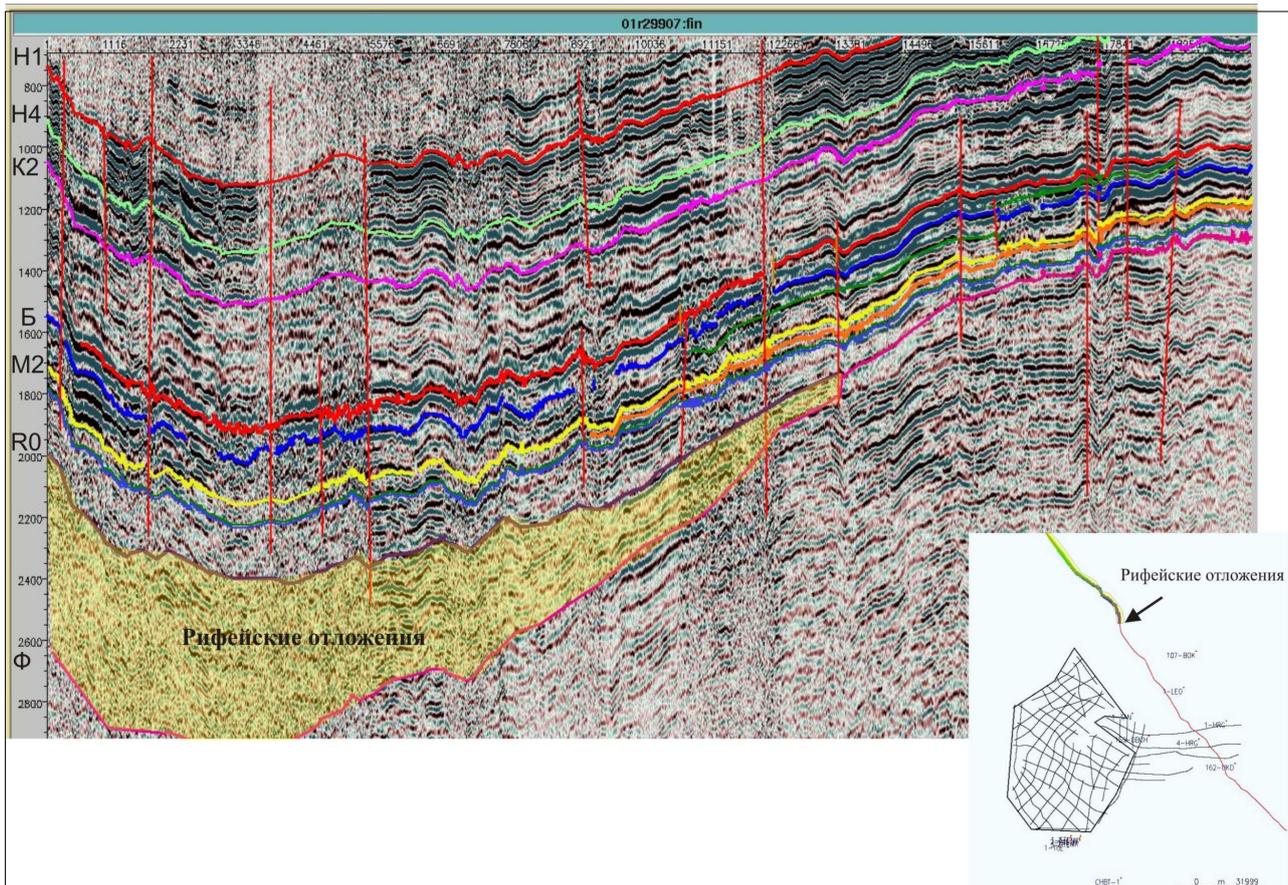


Рис. 2. Выделение рифейского комплекса отложений на временном разрезе регионального профиля Богучано-Манзинский выступ – р. Ангара (А.Л. Кривошеков, 2010).

 – разрывные нарушения

Основной структурой Усть-Кутского проекта является одноименное поднятие. Через центральную часть проекта проходит Усть-Кут-Волоконская ветвь складок, её дислоцированность и аномальная сжатость обусловлена влиянием тангенциального давления со стороны Байкало-Патомского нагорья [2]. В результате проведенных работ было выделено шесть перспективных участков на поиски залежей УВ в парфеновском горизонте. Прогнозируемые толщины коллектора в пределах площади составляют в среднем 8–10 м, при общей толщине горизонта – 25–45 м. К перспективным в нефтегазоносном отношении на территории Усть-Кутского проекта относятся также карбонатные продуктивные горизонты. В условиях интенсивного проявления соляной тектоники в центральной и западной части площади проекта в зоне тектонических нарушений ожидается наличие трещиноватых коллекторов, прежде всего в осинском горизонте.

В 2007–2010 гг. территория Тубинского, Верхнекатангского и Рудногорского проектов была изучена геохимическими методами.

Характер изменения состава рассеянных газов указывает на преимущественно газовый состав прогнозируемых залежей.

По комплексу геохимических показателей в пределах Рудногорской и Верхнекатангской площадей выделено семь зон, представляющих интерес в нефтегазоносном отношении. Природа выделенных аномалий, по данным А.Л. Кривошекова и Н.П. Пастухова (2010 г.), «эпигенетическая». Они возникли в результате субвертикальной миграции жидких и газообразных нефтидов по зонам макро- и микротрещиноватости пород.

### ***Заключение***

Полученные новые результаты геологоразведочных работ позволили существенно уточнить представления о глубинном строении осадочного чехла по поверхности фундамента, а также по всем отражающим горизонтам осадочного чехла: Н<sub>1</sub>, Н<sub>4</sub>, К<sub>2</sub>, У, А, Б, М<sub>2</sub>, характеризующих строение зоны сочленения юго-западного борта Ангаро-Ленской ступени и юго-восточной бортовой части Присаяно-Енисейской синеклизы.

Наблюдается наличие устойчивого погружения структурных планов основных стратиграфических границ от Непско-Ботуобинской антеклизы к Присаяно-Енисейской синеклизе со средним градиентом 7 м/км. Результаты построения структурных карт показали, что все структурные поверхности на территории площади залегают моноклинально, погружаясь в северо-восточном направлении с различными градиентами на отдельных участках. Моноклиналь не имеет выраженных антиклинальных форм. Выделяются только осложнения в виде широких пологих структурных носов. Это дает основание считать, что ловушками для углеводородов здесь могут быть неструктурные формы, а либо литологические, либо тектонически экранированные, либо комбинированные. Выделяемые тектонические нарушения, простирающиеся вдоль моноклиналиного склона в северо-западном направлении, могут служить экранами для залежей УВ.

### ***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. Нефтегазоносные провинции и области Сибирской платформы // Геология и нефтегазоносность Сибирской платформы. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1975. – С. 4–21.
2. Сизых В. И. Шарьяжно-надвиговая тектоника окраин древних платформ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2001. – 154 с.

© А. М. Фомин, П. А. Новоселя, 2023