

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ /  
GEOLOGY, PROSPECTING, EXPLORATION AND EXPLOITATION OF OIL AND GAS FIELDS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.10>

ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ТЕРРИГЕННЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТАХ  
НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Научная статья

Рудых И.В.<sup>1,\*</sup>, Карпова М.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-7841-5714;

<sup>1,2</sup> Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (rudih[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье кратко представлены особенности геологического строения и распределения термобарических характеристик продуктивных горизонтов, распространенных в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы. Предложено авторское понимание дефицита пластового давления в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы, путем стягивания ресурсов гидросистемы к разрывным нарушениям Байкальской рифтовой зоны на фоне относительной закрытости недр. Авторами представлен вывод о том, что относительное охлаждение участка Непско-Ботуобинской антеклизы обусловлено низкой активностью пластовых вод. Сделан прогноз территорий с аналогичными термобарическими характеристиками. Предлагаемая схема образования дефицита пластового давления в наиболее проницаемых терригенных комплексах Непско-Ботуобинской антеклизы представляется достаточно обоснованно и позволяет сделать прогноз дефицита давления в пластах на слабоизученных территориях.

**Ключевые слова:** Непско-Ботуобинская антеклиза, вендские отложения, аномально низкие пластовые давления, рифтогенез, землетрясения, многолетнемерзлые породы.

THE SPECIFICS OF RESERVOIR PRESSURE IN TERRIGENOUS PRODUCTIVE HORIZONS OF THE  
NEPSKO-BOTUOBINSKAYA ANTECLISE

Research article

Rudykh I.V.<sup>1,\*</sup>, Karpova M.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0001-7841-5714;

<sup>1,2</sup> North-Eastern Federal University M.K. Ammosova, Yakutsk, Russian Federation

\* Corresponding author (rudih[at]mail.ru)

**Abstract**

The article summarizes the characteristics of the geological structure and distribution of thermobaric characteristics of the productive horizons distributed within the Nepsko-Botuobinskaya antecline. The authors propose an understanding of the formation pressure deficit within the Nepsko-Botuobinskaya antecline, by pulling the hydro system resources to the Baikal rift zone fractures against the background of relative closure of the subsurface. The authors present the conclusion that the relative cooling of the Nepsko-Botuobinskaya antecline area is caused by low activity of formation waters. A forecast of territories with similar thermobaric characteristics is made. The proposed scheme of formation of reservoir pressure deficit in the most permeable terrigenous complexes of the Nepsko-Botuobinskaya antecline seems sufficiently reasonable and makes it possible to make a prediction of reservoir pressure deficit in understudied areas.

**Keywords:** Nepsko-Botuobinskaya antecline, Vendian deposits, abnormally low reservoir pressures, riftogenesis, earthquakes, permafrost.

**Введение**

В настоящее время с высокой плотностью углеводородных ресурсов и большого количества открытых месторождений нефти и газа, Непско-Ботуобинская нефтегазоносная область, приуроченная к одноименной антеклизе, контрастно выделяется среди других нефтегазоносных областей Республики Саха (Якутия). Все балансовые запасы нефти и две трети газовых запасов газа Якутии приурочены к венд-кембрийским отложениям Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области. Это порядка 650 млн. тонн нефти (извлекаемой) и более 2 трлн. м<sup>3</sup> природного газа.

Несмотря на значительные объемы геолого-геофизических и геохимических исследований, актуальными и дискуссионными остаются несколько фундаментальных вопросов по территории Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области: проблема нефтегазоматеринских отложений, проблема наличия рассолов в терригенных отложениях венда и аномально низкие пластовые давления терригенных продуктивных горизонтов.

Решение фундаментальных вопросов позволит приблизиться к пониманию распределения углеводородов по разрезу и латерали, что будет способствовать повышению эффективности геологоразведочных и эксплуатационных работ. В этой связи изучение природы термобарических характеристик продуктивных горизонтов Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области является актуальной научно-прикладной задачей.

**Постановка проблемы**

Непско-Ботуобинская антеклиза является надпорядковой тектонической структурой, расположенной на юго-востоке Сибирской платформы. Антеклиза имеет широкий свод и пологие склоны. В осадочном чехле и

кристаллическом фундаменте широко развиты дизъюнктивные нарушения преимущественно северо-восточного простирания. В Якутской части Непско-Ботуобинской антеклизы выделяются две структуры 1 порядка: Непский свод и Мирнинский выступ [1].

Разрез осадочного комплекса Непско-Ботуобинской антеклизы на 75-95% представлен карбонатно-галогенными породами. Терригенные отложения развиты преимущественно в юго-восточной части Непско-Ботуобинской антеклиз в основании осадочного чехла. Суммарная мощность терригенных отложений различных площадей исследуемой территории изменяется в пределах от 20 до 620 м, увеличиваясь к востоку от Среднеботуобинского до Вилюйско-Джербинского месторождений [2]. В северо-западном направлении терригенные отложения венда полностью выклиниваются [3]. На рисунке 1 представлен обобщенный разрез Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения. Особенностью Непско-Ботуобинской антеклизы является охлажденность разреза и фиксируемый дефицит пластовых давлений в венд-кембрийском продуктивном комплексе. В целом разрез района позиционируется как гидродинамически закрытый из-за наличия регионально развитых соленосных отложений и многолетнемерзлых пород (рисунок 1).

Рисунок 1 - Сводный разрез осадочного чехла Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения:

1 – аргиллиты, 2 – алевролиты, 3 – песчаники, 4 – известняки, 5 – доломиты, 6 – мергели, 7 – каменные соли, 8 – ангидриты, 9 – траппы, 10 – фундамент

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.10.1>

*Примечание: обозначения свит: krs – курсовская, bk – бюкская, us – успунская, kd – кудулахская, jrh – юряхская, bl – билирская, jur – юрегинская, nl – нелбинская, el – зльганская, tb – толбачанская, ol – олекминская, ch – чарская, ic – ичерская, mt – метегерская, br – бордонская, uk – укугутская; продуктивные горизонты: В13 – талахский, В12 – улаханский, В5 – ботуобинский, Б12 – преображенский, Б5, Б4, Б3 – юряхские, Б2, Б1 – осинские*

Дефицит пластовых давлений достигает от 4-5 МПа в ботуобинском горизонте Среднеботуобинского и Иреляхского месторождений до 7-7,5 МПа в вилючанском горизонте Верхневилучанского и Вилюйско-Джербинского месторождений [2].

Изучение причин, обуславливающих дефицит пластовых давлений и температур имеет фундаментальное значение и позволяет установить особенности распределения и сохранности скоплений нефти и газа в различных участках Непско-Ботуобинской антеклизы. Прогнозирование пластовых давлений по площади и разрезу может быть весьма целесообразно при составлении рациональных технологических проектов бурения и испытания нефтегазовых скважин на лицензионных участках недропользователей.

### **Исследовательская часть**

Основной наиболее достоверной версией объясняющей аномально низкие пластовые давления в Непско-Ботуобинской антеклизе в настоящее время является наличие многолетнемерзлых пород [4], [5], [6].

Выдвигаем гипотезу, что существующие термобарические условия пластовых систем Непско-Ботуобинской антеклизы являются отражением проявления современной геодинамической обстановки региона в целом. Так как не бывает в природе абсолютно непроницаемых отложений, то в геологическом отрезке времени все закономерно приходит в относительное равновесие. А если мы наблюдаем дефицит или избыток пластового давления, то это свидетельствует о проявлении активных современных процессов.

В настоящее время тектоническая активность в непосредственной близости от Непско-Ботуобинской антеклизы фиксируется в пределах Байкальской рифтовой зоны, по схеме повышенной сейсмичности (рисунок 2).

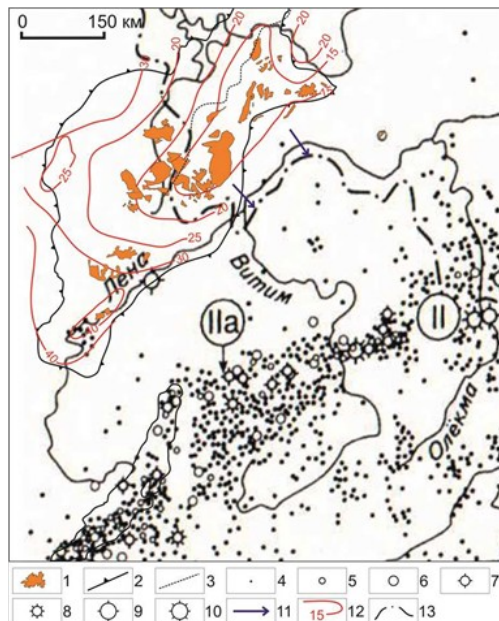


Рисунок 2 - Схема сопоставления эпицентров землетрясений Олекминского фланга Байкальской рифтовой зоны с месторождениями нефти и газа Непско-Ботуобинской антеклизы:

1 – месторождения углеводородов; 2 – контур Непско-Ботуобинской антеклизы, 3 – линия выклинивания терригенного венда; *Магнитуды землетрясений*: 4 – до 4; 5 – 4-5; 6 – 5-5,5; 7 – 5,5-6; 8 – 6-6,5; 9 – 6,5-6,8; 10 – 6,8 (Тектоника, 2001); 11 – направление движения вод; 12 – температура по кровле рифей-вендского терригенного комплекса, °С (Непско-Ботуобинская антеклиза, 1986); 13 – административная граница Республики Саха (Якутия); II – Байкало-Становой пояс; IIa – Байкальская рифтовая зона

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.10.2>

О высокой активности Байкальской рифтовой зоны может свидетельствовать большое количество землетрясений. Так по данным Имаева В.С. [7], почти за 60 лет инструментальных наблюдений в Байкальской рифтовой зоне отмечено более 150 тысяч сейсмических событий с  $M \geq 2$  (или 2500 землетрясений в год). Так, юго-восточнее, в некоторой удаленности от Непско-Ботуобинской антеклизы (примерно в трехстах км) картируется Олекминский фланг Байкальской рифтовой зоны [8]. При этом на основе анализа фокальных механизмов землетрясений было установлено, что до среднего течения р. Олекма преобладают растягивающие усилия Байкальской рифтовой зоны [9].

На наш взгляд, продолжающиеся процессы растяжения земной коры в Байкальской рифтовой зоне создают очаги разуплотнения земной коры. Эти очаги разуплотнения земной коры могут стягивать ресурсы гидросистемы, прежде всего, по самым проницаемым частям разреза, т.е. по терригенным отложениям венда. Дополнительным свидетельством активного стягивания пластовых вод может служить наличие наклонных водонефтяных контактов в ряде месторождений [10].

Наблюдаемая картина дефицита пластовых давлений реализуется за счет присутствия сплошной зоны многолетнемерзлых пород, которая эффективно ограничивает поступления поверхностных вод. По имеющимся данным на месторождениях нефти и газа на территории Иркутской области также фиксируется дефицит пластового давления. Но величины дефицита давлений не такие, как в Якутской части Непско-Ботуобинской антеклизы, что, по всей видимости, обусловлено островным характером распространения многолетнемерзлых пород в пределах Иркутской части Непско-Ботуобинской антеклизы.

Косвенным подтверждением стягивания воды является аномально низкая пластовая температура. Поскольку вода является известным теплоносителем и чуть ли не единственным поставщиком тепла из недр земли при отсутствии вулканизма, то ее низкая активность обуславливает эффект, на примере падения давления в системе отопления домов. Как только падает давление, охлаждение неизбежно.

### Заключение

Предлагаемая схема образования дефицита пластового давления в наиболее проницаемых терригенных комплексах Непско-Ботуобинской антеклизы представляется достаточно адекватной и позволяет сделать прогноз дефицита давления в пластах на слабоизученных территориях. На обширной северо-восточной части Российской Федерации остаются территории с низкой степенью геолого-геофизической изученностью. Прежде всего, это территории кайнозойских впадин, через которые проходит зона сгущения эпицентров землетрясений (пояс Черского).

Предлагаемая схема образования аномально низкого пластового давления в терригенных отложениях венда Непско-Ботуобинской антеклизы позволяет утверждать следующее:

- максимальные величины аномально низкого пластового давления по разрезу будут приурочены к самым проницаемым отложениям;
- для повышения эффективности мер по поддержанию пластового давления путем закачки воды необходимо предусмотреть тампонаж наиболее проницаемых участков продуктивных горизонтов в водонасыщенной части.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под. ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. — М.: Недра, 1981. — 552 с.
2. Косачук Г.П. К вопросу о формировании нефтяных залежей (оторочек) месторождений Непско-Ботуобинской антеклизы. / Г.П. Косачук, С.В. Буракова, С.И. Буточкина и др. // Вести газовой науки. — 2013. — 5(16). — с. 114-123.
3. Маргулис Л.С. Прогноз распространения литологических ловушек углеводородов в терригенных отложениях венда северо-запада Непско-Ботуобинской антеклизы / Л.С. Маргулис, В.П. Семенов, Т.В. Родина // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2015. — Т.10. — 2.
4. Анциферов А.С. О причинах аномально низких пластовых давлений в нефтегазоносных отложениях Непско-Ботуобинской антеклизы / А.С. Анциферов // Доклады Академии наук СССР. — 1978. — Т. 242. — 5. — с. 1130-1132.
5. Граусман А.А. О природе давлений во флюидных системах осадочных бассейнов / А.А. Граусман // Геология нефти и газа. — 1999. — 11-12. — с. 49-56.
6. Гинсбург Г.Д. О причинах низких пластовых давлений на севере Сибири / Г.Д. Гинсбург, А.Е. Гуревич, А.Д. Резник // Советская геология. — 1971. — 9. — с. 45-58.
7. Имаева Л.П. Сейсмогеодинамика зоны взаимодействия северо-восточного фланга Байкальского рифта и Алдано-Станового блока / Л.П. Имаева, Б.М. Козьмин, В.С. Имаев и др. // Литосфера. — 2016. — 3. — с. 68-81.
8. Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта / Н.А. Логачев // Геология и геофизика. — 2003. — Т. 44. — 5. — с. 391-406.
9. Козьмин Б.М. Афтэршоки Южно-Якутского землетрясения 20 апреля 1989 г / Б.М. Козьмин, С.И. Голонецкий, В.В. Николаев и др. — Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1993. — 66 с.
10. Осипова М.В. Наклонный водонефтяной контакт в ботуобинском горизонте Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения как признак особенностей нефтегазообразования и нефтегазонакопления в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы / М.В. Осипова, А.И. Сивцев // Нефтяная провинция. — 2019. — 2(18). — с. 1-24.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Geologiya nefi i gaza Sibirskoy platformy [Oil and gas geology of the Siberian Platform] / Ed. by A.E. Kontorovich, V.S. Surkov, A.A. Trofimuk. — Moscow: Nedra, 1981. — 552 p. [in Russian]
2. Kosachuk G.P. K voprosu o formirovaniy neftyany'x zalezhej (otorochek) mestorozhdenij Nepsko-Botuobinskoy anteklizy' [On the formation of oil deposits (rims) of the Nepsko-Botuobinsk anteclise deposits]. / G.P. Kosachuk, S.V. Burakova, S.I. Butochkina et al. // Vesti gazovoy nauki [News of gas science]. — 2013. — 5(16). — p. 114-123. [in Russian]
3. Margulis L.S. Prognoz rasprostraneniya litologicheskikh lovushek uglevodorodov v terrigenykh otlozheniyah venda severo-zapada Nepsko-Botuobinskoy anteklizy [Forecast of distribution of hydrocarbon lithological traps in Vendian terrigenous deposits of the northwest of the Nepsko-Botuobinsk anteclise] / L.S. Margulis, V.P. Semenov, T.V. Rodina // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Petroleum geology. Theory and practice]. — 2015. — Vol.10. — 2. [in Russian]
4. Antsiferov A.S. O prichinah anomal'no nizkih plastovykh davlenij v neftegazonosnykh otlozheniyah Nepsko-Botuobinskoy anteklizy [On the causes of abnormally low reservoir pressures in oil and gas deposits of the Nepsko-Botuobinskaya anteclise] / A.S. Antsiferov // Doklady Akademii nauk SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences]. — 1978. — Vol. 242. — 5. — p. 1130-1132. [in Russian]
5. Grausman A.A. O prirode davlenij vo flyuidnykh sistemah osadochnykh bassejnov [On the nature of pressures in fluid systems of sedimentary basins] / Grausman A.A. // Geologiya nefi i gaza [Geology of oil and gas]. — 1999. — 11-12. — p. 49-56. [in Russian]
6. Ginsburg G.D. O prichinah nizkih plastovykh davlenij na severe Sibiri [On the causes of low reservoir pressures in the North of Siberia] / G.D. Ginsburg, A.E. Gurevich, A.D. Reznik // Sovetskaya Geologiya [Soviet geology]. — 1971. — 9. — p. 45-58. [in Russian]
7. Imaeva L.P. Sejsmogeodinamika zony vzaimodejstviya severo-vostochnogo flanga Bajkal'skogo rifta i Aldano-Stanovogo bloka [Seismogeodynamics of the zone of interaction between the northeastern flank of the Baikal rift and the Aldan-Stanovoy block] / L.P. Imaeva, B.M. Kozmin, V.S. Imaev et al. // Litosfera [Lithosphere]. — 2016. — 3. — p. 68-81. [in Russian]
8. Logachev N.A. Istoriya i geodinamika Bajkal'skogo rifta [History and geodynamics of the Baikal rift] / N.A. Logachev // Geologiya i geofizika [Geology and Geophysic]. — 2003. — Vol. 44. — 5. — p. 391-406. [in Russian]
9. Koz'min B.M. Aftershoki YUzhno-Yakut'skogo zemletryaseniya 20 aprelya 1989g. [Aftershocks of the South Yakut earthquake on April 20, 1989] / B.M. Koz'min, S.I. Golenetskii, V.V. Nikolaev et al. — Yuzhno-Sakhalinsk: IМGiG FEB RAS, 1993. — 66 p. [in Russian]
10. Osipova M.V. Naklonnyj vodoneftyanoj kontakt v botuobinskom gorizonte Srednebotuobinskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya kak priznak osobennostej neftegazooobrazovaniya i neftegazonakopleniya v predelakh

Nepsko-Botuobinskoj anteklizy [Inclined oil-water contact in the Botuobinsky horizon of the Srednebotuobinsky oil and gas condensate field as a sign of the features of oil and gas formation and oil and gas accumulation within the Nepa-Botuobinsky anteclise] / M.V. Osipova, A.I Sivtsev // *Neftyanaya provinciya* [Oil Province]. — 2019. — 2(18). — p. 1-24. [in Russian]