

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №6, Том 12 / 2020, No 6, Vol 12 <https://esj.today/issue-6-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/16NZVN620.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Пономаренко А.С. Геология залежей карбонатных коллекторов Непско-Ботубинской антеклизы // Вестник Евразийской науки, 2020 №6, <https://esj.today/PDF/16NZVN620.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Ponomarenko A.S. (2020). Deposits' geology of carbonate reservoirs of the Nepa-Botuobin antecline. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(12). Available at: <https://esj.today/PDF/16NZVN620.pdf> (in Russian)

УДК 553.9

ГРНТИ 38.53.23

**Пономаренко Анастасия Сергеевна**

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Аспирант

E-mail: [anast.ponomarenko@gmail.com](mailto:anast.ponomarenko@gmail.com)

## **Геология залежей карбонатных коллекторов Непско-Ботубинской антеклизы**

**Аннотация.** В статье автором рассмотрено геологическое строение Непско-Ботубинской антеклизы с целью изучения фильтрационно-емкостных свойств карбонатных коллекторов. Восточная Сибирь в настоящее время обладает огромным ресурсным потенциалом на территории России, однако в связи со сложными горно-геологическими условиями в настоящий момент территория недостаточно исследована современными методами. Особое внимание следует уделять именно системному изучению коллекторов, что напрямую связано с расчетом важнейших петрофизических параметров. В статье автор выделяет наличие особенностей строения разных типов залежей в связи с вещественным составом и структурно-тектоническими характеристиками территории, а также особенность распространения фазового состава залежей карбонатного комплекса по вертикали. Автор обращает внимание на структурные признаки коллекторов, а также постседиментационные процессы, которые впоследствии имели особое влияние на формирование пустотного пространства продуктивных отложений. Актуальность заключается в исследовании именно площадного распространения коллекторских свойств продуктивных толщ в пределах территории антеклизы. В статье выделяются три основных продуктивных горизонта карбонатного комплекса – преобразженский, юряхский и осинский. Автор статьи рассматривает геологическое строение каждого горизонта, особенности влияния постседиментационных процессов, выдержанность горизонтов по площади, а также приводит расчетные вычисления фильтрационно-емкостных свойств продуктивных отложений. Площадное распространение коллекторских свойств карбонатного комплекса отображается на построенных автором графических изображениях. На основе проведенного расчетного анализа автор обращает внимание на условия существующих зон улучшенных коллекторских свойств. Впоследствии отмечаются возможные природно-техногенные факторы, которые могут повлиять на дальнейшую разработку территории с геологической точки зрения. Статья является частью диссертационного исследования.

**Ключевые слова:** Непско-Ботуобинская антеклиза; фильтрационно-емкостные свойства; карбонатный комплекс; продуктивный горизонт; открытая пористость; проницаемость; коллектор

### Введение

В настоящее время Восточная Сибирь является одним из наиболее перспективных регионов для увеличения ресурсной базы нефти и газа Российской Федерации. Актуальность исследования обусловлена недостаточным изучением района современными методами в связи со сложными горно-геологическими условиями, особенностями строения сложно построенных коллекторов. Целью проведения исследования является выявление зон улучшенных пород-коллекторов по площади на основе петрофизического изучения свойств продуктивных толщ с целью оптимизации проведения геологоразведочных работ современными методами. Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция приурочена к рифей-венд-кембрийскому осадочному бассейну, в которой выделяют одноименную с тектонической структурой Непско-Ботуобинскую нефтегазоносную область (НГО). Структурно-геологическим исследованием территории на протяжении длительного периода и по настоящее время занимаются главные специалисты по геологии Восточной Сибири – А.Э. Конторович, А.А. Трофимук, А.С. Анциферов, А.С. Старосельцев, Г.Г. Шемин и др. [1–4] – что отображено в многочисленных трудах. Учеными в пределах исследуемого района изучены различные сферы геологии – тектоническое, структурно-стратиграфическое строение, произведены палеоструктурные реконструкции, детальная корреляция, выделение перспективных зон нефтегазоносности, представлены различные фациальные модели и осадконакопления.

На территории Непско-Ботуобинской НГО открыто более 40 месторождений, в число которых входит уникальное – Чайядинское. Месторождения Непско-Ботуобинской антеклизы в основном залегают в подсолевом комплексе, а солевой комплекс мощностью до 2 км является региональным флюидоупором для коллекторов. На территории осадочного бассейна распространены залежи нефтяные, газовые с попутным полезным ископаемым в качестве конденсата на глубинах от 1 до 3 тыс. метров.

### Методы и материалы

Метод исследования продуктивных горизонтов носит эмпирический характер. В работе систематизирована геолого-геофизическая информация по скважинам ряда месторождений для проведения статистических действий. Автором был собран фактический материал – результаты проведения лабораторных исследований – больше 1000 образцов керна, на основе которых выполнялись петрофизические расчеты площадного распространения основных фильтрационных-емкостных свойств карбонатных коллекторов. За основу была взята полная выборка образцов.

### Результаты и их обсуждение

Основные промышленные притоки карбонатного комплекса территории были установлены в юряжском (на юге антеклизы горизонт соответствуют усть-кутскому), осинском и преображенском продуктивных горизонтах [5]. Преображенский горизонт был вскрыт скважинами на Тымпучиканском, Вакунайском и Верхнепеледуском месторождениях, юряжский – на Вакунайском, Верхнепеледуйском, Верхневилучанском, Икхетском, Вилуйско-Джербинском, Станахском, Тымпучиканском, Южно-Талаканском месторождениях, а осинский – Вакунайском, Верхнепеледуйском, Отраднинском,

Талаканском, Среднеботуобинском месторождениях. Также на территории НГО присутствуют газовые и газоконденсатные залежи, вскрытые скважинами в нижнетолбачанском, кудулахском, успунском, телгеспитском горизонтах (табл. 1).

Строение и нефтегазоносность приведенных месторождений в большей степени зависит от структурно-тектонических и литологических особенностей. В структурном плане Непско-Ботуобинская антеклиза осложнена разломно-блоковой тектоникой, месторождения в основном сосредоточены в приподнятых частях структуры – Непский свод и Мирнинский выступ. Также разрывы и надвиги контролируют блоки месторождений, тем самым создавая тектонически экранированные, неантиклинальные залежи. Особенно структурно-тектонические нарушения имеют влияние на фильтрационно-емкостные свойства карбонатных коллекторов. В местах дислокаций, отмечаются, улучшенные фильтрационно-емкостные свойства в связи с миграцией и аккумуляцией углеводородов по вертикали и латерали. Местами карбонатные толщи осложнены трапповым магматизмом, что делает коллектора уплотненными, снижая их фильтрационно-емкостные свойства [4]. Литологически ограниченные залежи имеют широкое распространение в связи с полным выклиниванием, особенно на северо-востоке антеклизы, и представляют собой линзы, либо в связи с литологическим замещением проницаемых пород на непроницаемые.

Изучая фазовый состав углеводородов, закономерно, что в карбонатном комплексе к нижнему отделу венда ( $V_1$ ) и нижней части верхнего отдела венда ( $V_2$ ) приурочены в основном газовые и газоконденсатные залежи. Начиная с разреза кровельной части верхнего венда ( $V_2$ ) и заканчивая нижней частью нижнего кембрия ( $C_1$ ) залежи в основном трехфазные – присутствуют нефть, газ и конденсат. И только в верхней части верхнего кембрия ( $C_1$ ) остаются исключительно газ и конденсат (табл. 1). Вышесказанное наводит на вопрос о миграции и генерации углеводородов в связи со сложным строением карбонатных коллекторов. Сложное строение карбонатных толщ целесообразно было разделить на 2 группы по структурным признакам [6]. Первая группа включает в себя толщи, которые сохранили свои структурные особенности на стадии седиментации, а также преобладание пород хемогенных и биогенных пород. Вторая группа включает породы, у которых структурные признаки были разрушены в ходе постседиментационных изменений толщ [6]. Таким образом, выделение сложно-построенных коллекторов в карбонатных отложениях основано на структурном подходе – выявлении органогенных построек, зон трещиноватости, макро- и микронеоднородности [7]. Исходя из вышеизложенных исследований, следует дополнительно рассмотреть площадное распространение фильтрационно-емкостных свойств карбонатного комплекса для полного представления о геологическом строении территории в выбранном диапазоне.

Таблица 1

**Основные фильтрационно-емкостные показатели коллекторов месторождений углеводородов карбонатного комплекса Непско-Ботуобинской НГО**

Система, отдел	Свита	Продуктивный горизонт	Месторождения	$K_{пор}$ , д. ед.	$K_{пр}$ , мкм <sup>2</sup>	Тип флюида
$C_1$	толбачанская	нижнетолбачанский	Стаханское	0,05–0,17		газ, конденсат
	билирская	осинский	Вакунайское, Верхнепеледуйское, Отрадинское, Талаканское, Среднеботуобинское	0,07–0,14	0,092–0,136	нефть, газ, конденсат
$V_2-C_1$	юряхская	юряхский	Вакунайское, Верхнепеледуйское, Верхневилочанское, Икхетское, Вилуйско-Джербинское, Станакское, Тымпучиканское, Южно-Талаканское	0,06–0,16	0,001–0,045	нефть, газ, конденсат

Система, отдел	Свита	Продуктивный горизонт	Месторождения	$K_{пор}$ , д. ед.	$K_{пр}$ , мкм <sup>2</sup>	Тип флюида
V <sub>2</sub>	катангская	преображенский	Вакунайское, Верхнепеледуйское, Тымпучиканское	0,06–0,17	0,004–0,033	нефть, газ, конденсат
	кудулахская	кудулахский	Бысахтахское	0,002	< 0,001	газ, конденсат
	успунская	успунский	Бысахтахское	0,003	< 0,001	газ, конденсат
V <sub>1</sub>	телгеспитская	телгеспитский	Отрадинское	0,12	< 0,002	газ, конденсат

*Составлено автором*

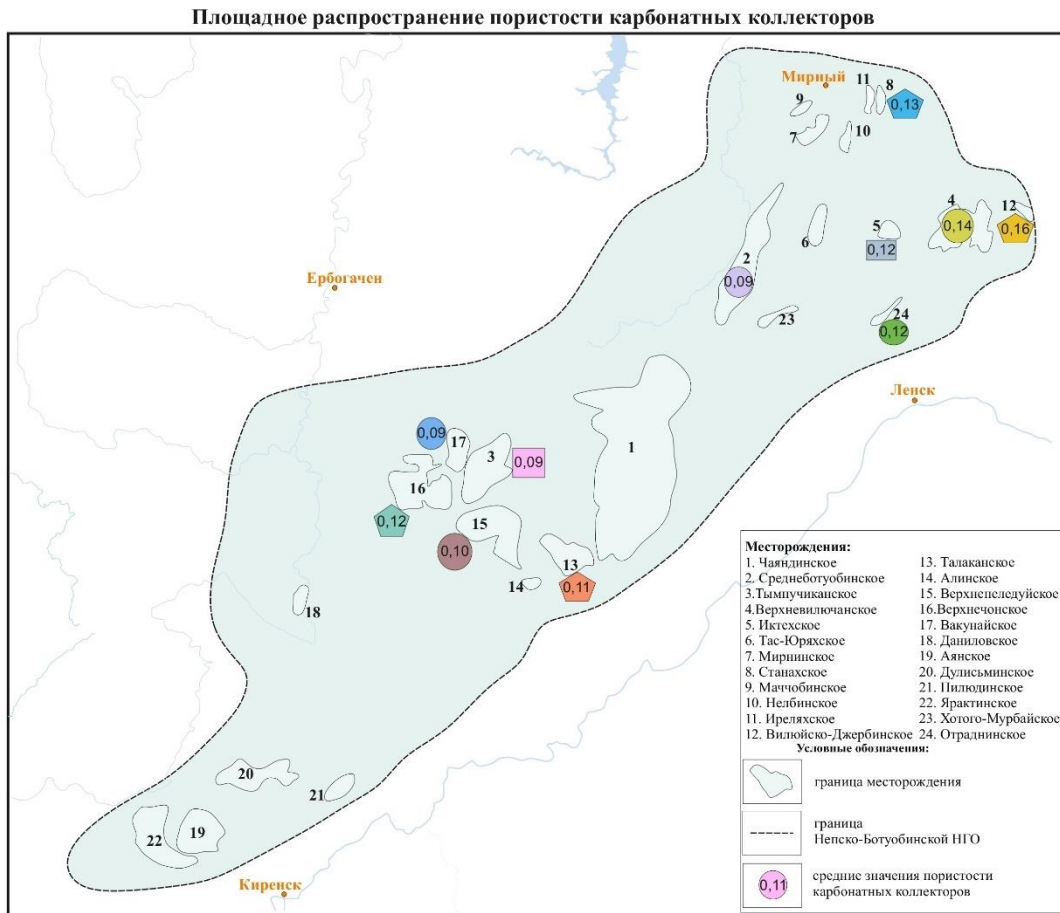
В катангской свите верхнего отдела вендской системы залегает преображенский продуктивный горизонт. Он вскрыт повсеместно скважинами в центральных и южных частях Непско-Ботуобинской антеклизы – на Верхнечонском, Тымпучиканском, Верхнепеледуйском, Вакунайском и др. месторождениях. Он сложен доломитами, с редкими прослоями ангидритизированных доломитов, по структуре горизонт однороден и образован в условиях закрытого шельфа. Постседиментационные процессы – перекристаллизация, выщелачивание, сульфатизация, засоление, окремнение, стилолитизация – и ухудшили, и частично улучшили фильтрационно-емкостные свойства коллектора [8]. На основе оценки большого фактического материала по данным керна и ГИС (геофизические исследования скважин), был произведен расчетный анализ основных емкостных параметров горизонта – пористость и проницаемость. Площадное распространение коэффициента открытой пористости горизонта изменяется в пределах от 6 до 17 %, а проницаемости от 0,004 до 0,033 мкм<sup>2</sup>. Максимальное значение открытой пористости 0,17 установлено на Верхнечонском месторождении, а минимальное – на Тымпучиканском 0,06 (табл. 1). Толщина горизонта на территории предельно выдержана и в среднем равна 17 м, уменьшаясь с юго-запада на северо-восток территории.

Юряхский продуктивный горизонт приурочен к юряхской свите нерасчлененного венд-кембрия и вскрыт скважинами в центральной и северо-восточной частях Непско-Ботуобинской антеклизы. В составе горизонта по данным глубокого бурения выделяются два пласта Ю-I и Ю-II, которые разделяются маломощной перемышкой (2–6 м), сложенной доломитами различной степени глинистости и доломитизированными известняками. Юряхский горизонт сложен в основном доломитами, доломитизированными известняками. Пласты широко распространены в пределах северо-востока антеклизы – в зоне сочленения Вилючанской седловины и Мирнинского выступа [9]. По данным керна пропластки с повышенной пористостью сложены преимущественно доломитами, а пропластки с пониженной пористостью – известняками и известняками доломитизированными. Пласт Ю-II отличается от Ю-I более низким содержанием высокопроницаемых пропластков. Расчетный анализ основных емкостных параметров горизонта показал, что площадное значение коэффициента пористости изменяется в пределах от 6 до 16 %, а проницаемости от 0,001 до 0,045 мкм<sup>2</sup>. Максимальное среднее значение открытой пористости отмечается на Вилюско-Джербинском месторождении и составляет 0,16, а минимальное на Вакунайском и составляет 0,08 (табл. 1). Стоит отметить, что фильтрационно-емкостные свойства юряхского продуктивного горизонта не выдержаны по площади, а улучшенные коллекторские свойства отмечаются в северо-восточных частях Непско-Ботуобинской антеклизы, что, вероятно, связано со структурно-тектоническим планом территории и условиями осадконакопления – аккумуляция происходила в мелководно-морских обстановках. Улучшенные свойства фильтрации пород отмечаются в зоне перехода двух тектонических структур – Непско-Ботуобинской антеклизы и Предпатомского регионального прогиба. Общая толщина горизонта составляет от 40 до 47 м, которая увеличивается в северо-восточном направлении территории.

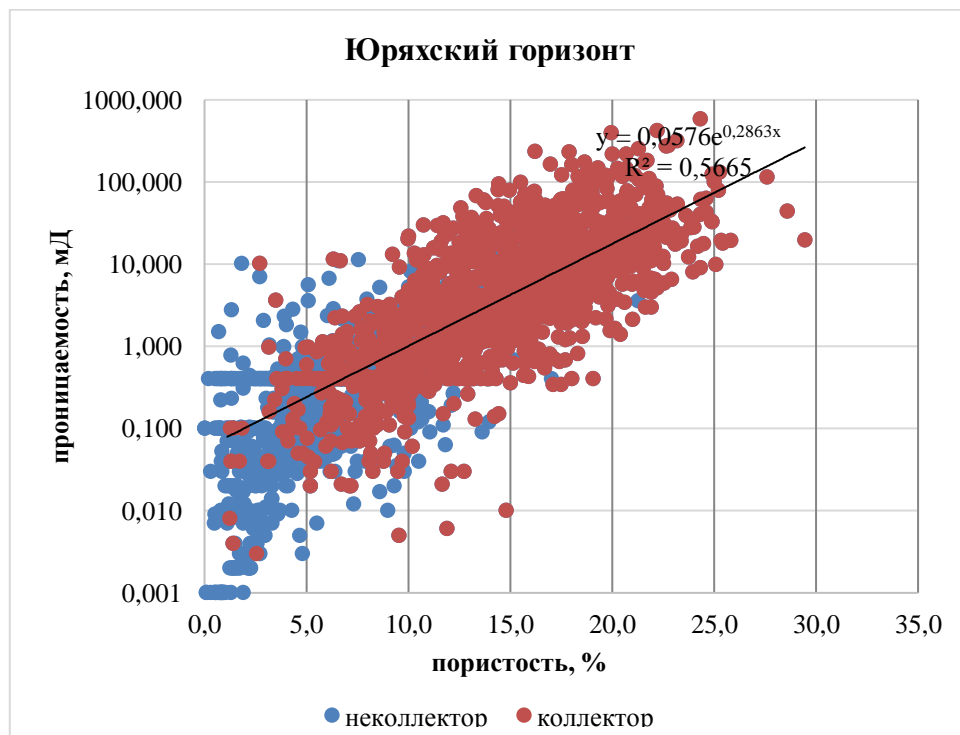
Осинский горизонт является в большей своей степени региональным флюидоупором, маркирующим горизонтом по данным сейсморазведки, и верхним горизонтом в разрезе антеклизы, содержащим углеводороды на территории НГО и за ее пределами, так как его толщина выдержана по площади, и он входит в состав сульфатно-галогенно-карбонатного комплекса в пределах Лено-Тунгусской провинции. Несмотря на хорошие свойства регионального флюидоупора, на территории ряда месторождений в нем были получены промышленные притоки углеводородов. Горизонт приурочен к билирской свите нижнего отдела кембрия и характеризуется широким площадным распространением. По литологической характеристике керна осинский горизонт сложен известняками доломитизированными и органогенными, доломитами. Толщи коллекторов горизонта представлены известняками водорослевыми. Промышленность горизонта установлена в центральной и юго-восточной части антеклизы. Однако, вторичные процессы минералообразования, выщелачивание, сульфатизация и засоление значительно ухудшили фильтрационно-емкостные свойства горизонта [9]. Учитывая тот факт, что горизонт является региональным флюидоупором, а также учитывая исследования керна и данных ГИС, рекомендовано сделать вывод о низком количестве открытых трещин в породах. Расчетный анализ основных фильтрационно-емкостных характеристик горизонта показал, что площадное значение коэффициента открытой пористости осинского горизонта меняется в пределах от 8 до 14 %, а проницаемости от 0,092–0,136 мкм<sup>2</sup>. Максимальное среднее значение открытой пористости 0,14 установлено на Отраднском месторождении, а минимальное значение 0,08 на Северо-Талаканском (табл. 1). Площадное распространение коллекторских свойств горизонта не выдержано по площади, что связано с условиями его образования и впоследствии с постседиментационными процессами. Средняя нефтегазонасыщенная толщина осинского горизонта составляет 12 м при средней общей толщине горизонта 27 м.

На основе выполненных детальных расчетов по каждому отдельно взятому промышленному горизонту целесообразно было провести усредненный расчет целого карбонатного комплекса. Таким образом, среднее максимальное значение площадного распространения коэффициента открытой пористости карбонатного комплекса составляет 17 %, а минимальное значение – 9 % (рис. 1). По площади территории значения открытой пористости увеличиваются в северо-восточном направлении антеклизы. Доломиты карбонатного комплекса являются лучшими коллекторами без примесей солей, сульфатов и глинистых минералов в связи с тем, что пустоты выщелачивания доломитов, несмотря на низкие значения открытой пористости, дают достаточно высокие значения проницаемости коллектора, что является основным показателем для проведения промышленной разработки залежей [10].

Принимая во внимание результаты сейсморазведки и геологической съемки территории, проводимые в различный период времени, в венд-кембрийский период времени на территории Сибирской платформы происходило конседиментационное развитие будущей антеклизы в определенных обстановках осадконакопления. К завершению формирования Непско-Ботуобинской антеклизы в кембрийский период сформировалась мощная сульфатно-галогенно-карбонатная толща, которая послужила региональным флюидоупором для коллекторов [11]. В связи с тем, что антеклиза осложнялась на этапе своего развития разломно-блоковой тектоникой [12], можно сделать вывод, что она представляет собой сложно-построенную изолированную единую систему. Вероятно, неоднородность продуктивных толщ, но при этом относительно хорошая выдержанность коллекторов по площади связана с различной скоростью формирования приподнятых и опущенных частей антеклизы.



**Рисунок 1.** Площадное распространение коэффициента пористости карбонатных коллекторов (составлено автором)



**Рисунок 2.** Зависимость «пористость-проницаемость» юряхского горизонта Верхневилуочанского месторождения (составлено автором)

Среднее значение коэффициента открытой пористости преобразованного, юрхского, осинского и др. горизонтов соответствует 0,12, что указывает на полезную емкость, связанную с трещиноватостью. На рисунке 2 представлена зависимость пористости от проницаемости на примере юрхского продуктивного горизонта Верхневиллючанского месторождения. Именно проницаемость будет являться кондиционным пределом разделения на коллектор/неколлектор –  $0,15 \cdot 10^{15} \text{ м}^2$ . В таком случае целесообразно вводить «параметр типа пустот» – « $P_{т.п.}$ » для оценки неоднородности пустотного пространства – чем больше трещин в породах, тем меньше величина « $P_{т.п.}$ ». Исходя из того, что широко распространена трещиноватость на территории, возникает необходимость в определенных методиках вскрытия пластов с учетом природно-техногенных факторов [13].

### Заключение

Таким образом, проанализировав большой фактический материал керна и данных ГИС, сделав площадные расчеты основных важнейших фильтрационно-емкостных свойств, следует сделать вывод о том, что нефтегазонасыщенный карбонатный комплекс Непско-Ботуобинской НГО относительно выдержан по площади. В породах с повышенной трещиноватостью, с наличием материала органического происхождения в пределах Непского свода и Мирнинского выступа отмечаются улучшенные коллекторские свойства – залежи контролируются зонами улучшенных фильтрационно-емкостных свойств и зонами открытой трещиноватости. Основными осложнениями с геологической точки зрения могут являться гидратообразование в северо-восточных частях антеклизы, засоление коллекторов, осаждение карбонатов и их кристаллизация, ухудшение сообщаемости трещин и пор в связи с аномально низкими пластовыми давлениями и низкими температурами, вторичное минералообразование, минерализация пластовых вод.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Геология нефти и газа Сибирской платформы / Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. – М.: Недра, 1981. – 552 с.
2. Непско-Ботуобинская антеклизы – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР / А.С. Анциферов, В.Е. Бакин, В.Н. Воробьев и др. – Новосибирск: Наука, 1986. – 245 с.
3. Старосельцев В.С. Актуальные проблемы тектоники нефтегазоперспективных регионов. – Новосибирск: Наука, 2008. – 211 с.
4. Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). – Новосибирск: СО РАН, 2007. – 530 с.
5. Губина Е.А. Венд-нижнекембрийский карбонатный нефтегазоносный мегакомплекс Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2011. – Т. 6. – №4. – 7 с.
6. Кузнецов В.Г., Илюхин Л.Н., Постникова О.В., Бакина В.В. и др. Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность. – Москва: «Научный мир», 2000. – 104 с.
7. Кушмар И.А., Григоренко Ю.Н., Ананьев В.В., Белинкин В.А. Нефть и газ Восточной Сибири. – Санкт-Петербург: Недра, 2006. – 102 с.
8. Шемин Г.Г., Чернова Л.С., Потлова М.М., Ващенко В.А., Дорогиницкая Л.М., Ларичев А.И. Опорный разрез преобразованного продуктивного горизонта вендско-нижнекембрийского карбонатного комплекса // Геология и геофизика, 2012. – № 2. – С. 226–236.
9. Косачук Г.П., Буракова С.В., Буточкина С.И., Мельникова Е.В., Будревич Н.В. К вопросу о формировании нефтяных залежей (оторочек) месторождений Непско-Ботуобинской антеклизы // Вести газовой науки, 2013. – №5(16). – С. 114–123.
10. Бурова И.А. Карбонатные коллекторы вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса Восточной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2010. – №5. – С. 1–18.
11. Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы (Стратиграфия, история развития). – Новосибирск: СО РАН, 2009. – 148 с.
12. Юрова М.П., Томилова Н.Н. Разломно-блоковые модели залежей углеводородов Мирнинского свода Непско-Ботуобинской антеклизы // Научно-технический сборник Вести газовой науки, 2012. – № 1(9). – С. 139–147.
13. Страхов П.Н., Колосков В.Н., Богданов О.А., Сапожников А.Б., Мазанова А.В. Освоение залежей углеводородов Непско-Ботуобинской антеклизы // Вестник ассоциации буровых подрядчиков, 2017. – №3. – С. 39–43.



**Ponomarenko Anastasiya Sergeevna**  
Peoples' friendship university of Russia, Moscow, Russia  
E-mail: [anast.ponomarenko@gmail.com](mailto:anast.ponomarenko@gmail.com)

## **Deposits' geology of carbonate reservoirs of the Nepa-Botuobin antecline**

**Abstract.** In the article, the author considers the geological structure of the Nepa-Botuobin antecline to study the filtration and reservoir properties of carbonate reservoirs. Eastern Siberia currently has a huge resource potential in Russia, but due to complex mining and geological conditions, the area is currently insufficiently studied by modern methods. Particular attention should be paid to the systematic study of reservoirs, which is directly related to the calculation of the most important petrophysical parameters. In the article author highlighted the features of the structure of different types of deposits in connection with lithological composition and structural-tectonic characteristics of the area, as well as the feature of the distribution phase composition of the carbonate deposits vertically. The author pays attention to the structural features of reservoirs, as well as post-sedimentation processes that subsequently had a special impact on the formation of the void space of productive deposits. The relevance is in the study of the areal distribution of reservoir properties of productive horizons within the territory of the antecline. The article is identified three main productive horizons of the carbonate complex – preobrazhensky, yuryakhsky and osinsky. The author of the article considers the geological structure of each horizon, the features of the influence of post-sedimentation processes, the consistency of horizons by area, and provides calculations of the filtration and reservoir properties of productive deposits. The areal distribution of the reservoir properties of the carbonate complex is shown in the graphic images constructed by the author. Based on the calculated analysis, the author pays attention to the conditions of existing zones of improved reservoir properties. Subsequently, possible natural and man-made factors that may affect the further development of the territory from a geological point of view are noted. The article is a part of thesis.

**Keywords:** Nepa-Botuobin antecline; filtration and reservoir properties; carbonate complex; productive horizon; open porosity; permeability; reservoirs