

УДК 552.578.2.061.32 (571.56-17)

## ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОЛЕНЕКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

© 2018 г. | А.Ф. Сафронов, А.И. Сивцев

Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия; maraday@yandex.ru

## HISTORY OF THE OLENEK NATURAL BITUMEN FIELD FORMATION

© 2018 | A.F. Safronov, A.I. Sivtsev

Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk, Russia; maraday@yandex.ru

Поступила 12.09.2016 г.

Принята к печати 11.12.2017 г.

**Ключевые слова:** *Оленекская синеклиза; пермские отложения; история геологического развития; генерационный потенциал.*

В статье рассмотрена история формирования Оленекского месторождения природных битумов с позиций существования Оленекской синеклизы. Согласно предыдущим исследованиям предположено, что в пределах Лаптевской плиты в позднекембрийско-раннемеловое время формировалась Оленекская синеклиза, весьма близкая по истории развития и строению верхнекембрийско-нижнемеловому разрезу Вилуйской синеклизы. На основе ретроспективной модели геологического развития шельфа моря Лаптевых (Лаптевская плита) как части Сибирской платформы приведена динамика катагенетических преобразований пород и рассеянного органического вещества пермской части верхнекембрийско-нижнемезозойского разреза. Количественно оценена роль генерационного потенциала пермских отложений южной части Оленекской синеклизы и северной части Предверхоханского прогиба в формировании Оленекского месторождения природных битумов. Расчеты показали, что суммарный вероятный генерационный потенциал пермских отложений выделенного сегмента в пределах восточной части южного борта Оленекской синеклизы мог составить 32,932 млрд т. Сделан вывод, что с учетом миграционных потерь рассчитанный потенциал пермских отложений прилегающей части лаптевоморского шельфа (в современном структурном плане) достаточен для формирования Оленекского нефтяного месторождения природных битумов.

Received 12.09.2016

Accepted for publication 11.12.2017

**Key words:** *Olenek syncline; Permian deposits; history of geological development; generation potential.*

The history of formation of the Olenek natural bitumen deposit from the standpoint of the Olenek syncline existence is considered in the paper. According to previous studies, it is supposed that the Olenek syncline was formed in the Late Precambrian – Early Cretaceous time within the Laptev plate, and it is not unlike the Viliuisky syncline in terms of development history and architecture of the Upper Precambrian – Lower Cretaceous section. Based on the retrospective model of the geological development of the Laptev Sea shelf (Laptevsky Plate) being a part of the Siberian Platform, the dynamics of catagenetic transformations of rocks and dispersed organic matter of its Permian part of the Upper Precambrian – Lower Mesozoic section is discussed. The role of generation potential of the Permian sequences in the southern part of the Olenek syncline and the northern part of the Predverkhoyansky trough in formation of the Olenek natural bitumen deposit is quantitatively estimated. The results showed that the total probable generation potential of the Permian formations of the segment selected within the eastern part of the southern shoulder of the Olenek syncline could make 32.932 billion tons. The conclusion is drawn that, taking into account the migration losses, the estimated potential of the Permian sequences in the neighbouring part of the Laptev Sea shelf (in the modern structural plan) is sufficient for formation of the Olenek natural bitumen field.

В низовьях р. Оленек расположено Оленекское месторождение природных битумов, которое представляет собой реликт гигантского нефтяного месторождения, приуроченного к зоне выклинивания пермских отложений на северном склоне Оленекского поднятия. В 1950-х гг. в 50 км севернее выходов насыщенных битумами пород была пробурена глубокая скважина — Тюмятинская, в разрезе которой с интервала 568–588 м был поднят керн перм-

ских пород с капельно-жидкой нефтью. Это позволило большинству исследователей предположить на погружении наличие залежи Оленекского месторождения, ресурсы тяжелой нефти которой по самым скромным подсчетам превышают 2 млрд т.

В ИПНГ СО РАН была построена ретроспективная модель геологического развития шельфа моря Лаптевых (Лаптевская плита). В основе этой модели лежит допущение, что в допозднемеловое время эта

структура являлась частью Сибирской платформы. Б.И. Ким, Н.К. Евдокимова, Д.С. Яшин, Н.А. Малышев, И.Д. Полякова и другие исследователи сходятся во мнении, что на рассматриваемой территории распространены верхнедокембрийско-нижнемеловые отложения, однако они по-разному оценивают масштабы распространения этих отложений в пределах Лаптевского блока.

### Ретроспективная модель развития шельфа моря Лаптевых

По представлениям авторов статьи [5, 8], в пределах Лаптевской плиты в позднедокембрийско-раннемеловое время формировалась Оленекская синеклиза (Лено-Анабарский прогиб в современных границах занимает южный борт этой синеклизы), весьма близкая по истории развития и строению верхнедокембрийско-нижнемеловому разрезу Вилюйской синеклизы. Согласно построениям авторов статьи, отложения этого возраста в пределах современного шельфа распространены примерно до Усть-Ленского желоба. В частности, Б.И. Ким с соавторами [2] считают Омолойскую впадину аналогом Предверхоанского прогиба. Другими словами, эти структуры, по-видимому, надо рассматривать как продолжение Предверхоанского прогиба в зоне сочленения Сибирской платформы с мезозоидами Западного Верхоянья. Следовательно, можно предположить, что на шельфе моря Лаптевых до Усть-Ленского грабена распространен докембрийский фундамент.

С позднемелового возраста Лаптевская плита развивается в режиме пассивной континентальной окраины.

Оленекское месторождение битумов в современном структурном плане приурочено к зоне выклинивания пермских отложений на северном склоне Оленекского поднятия. Это поднятие в течение длительного времени представляло собой относительно приподнятую структуру, от которой в северном направлении, к осевой части Оленекской синеклизы, происходит постепенное наращивание толщин пермских и нижнемезозойских отложений. В соответствии с наблюдаемым на территории Лено-Анабарского прогиба и предполагаемым в Оленекской синеклизе распределением толщин этих отложений происходили и катагенетические преобразования пермских пород и содержащегося в нем рассеянного ОВ. Палеотемпературы и значения коэффициента открытой пористости ( $K_p$ ) определялись по методике авторов статьи, разработанной и опробованной для Вилюйской синеклизы [5].

В конце пермского времени отложения перми на широте современного побережья не вышли из стадии катагенеза ПК (рис. 1), а севернее, к осевой части синеклизы, где толщина пермских отложений достига-

ла 3 км, нижняя часть разреза этих отложений могла уже находиться на стадии МК<sub>1</sub>. Степень постседиментационного преобразования пермских песчаников на конец пермского времени была невысокой — они не вышли из зоны механического уплотнения ( $K_p$  на глубине до 3 км составлял 20–25 %, градиент снижения  $K_p/1000$  м — 7–9 %) (рис. 2).

В конце триасового времени (примерно через 40 млн лет после завершения пермского осадконакопления) на стадии катагенеза МК<sub>1</sub> на широте современного побережья находилась нижняя часть пермского разреза, а при движении на север, к осевой части выделяемой Оленекской синеклизы, примерно нижняя треть разреза пермских отложений соответствовала стадии МК<sub>2</sub>. На территории современного Лено-Анабарского прогиба пермские отложения еще находились на стадии ПК. Пермские песчаники практически по всей площади распространения были все еще расположены в зоне механического уплотнения —  $K_p = 15–20$  % на глубине до 3,5 км (см. рис. 2).

В конце юрского периода (примерно через 80 млн лет после завершения пермского осадконакопления) пермские отложения на глубине 2–3 км находились на стадии МК<sub>1</sub>, а на глубине свыше 3 км — МК<sub>2</sub>.  $K_p$  сохраняются все еще достаточно высокими — 15–20 % на глубине до 3,5 км.

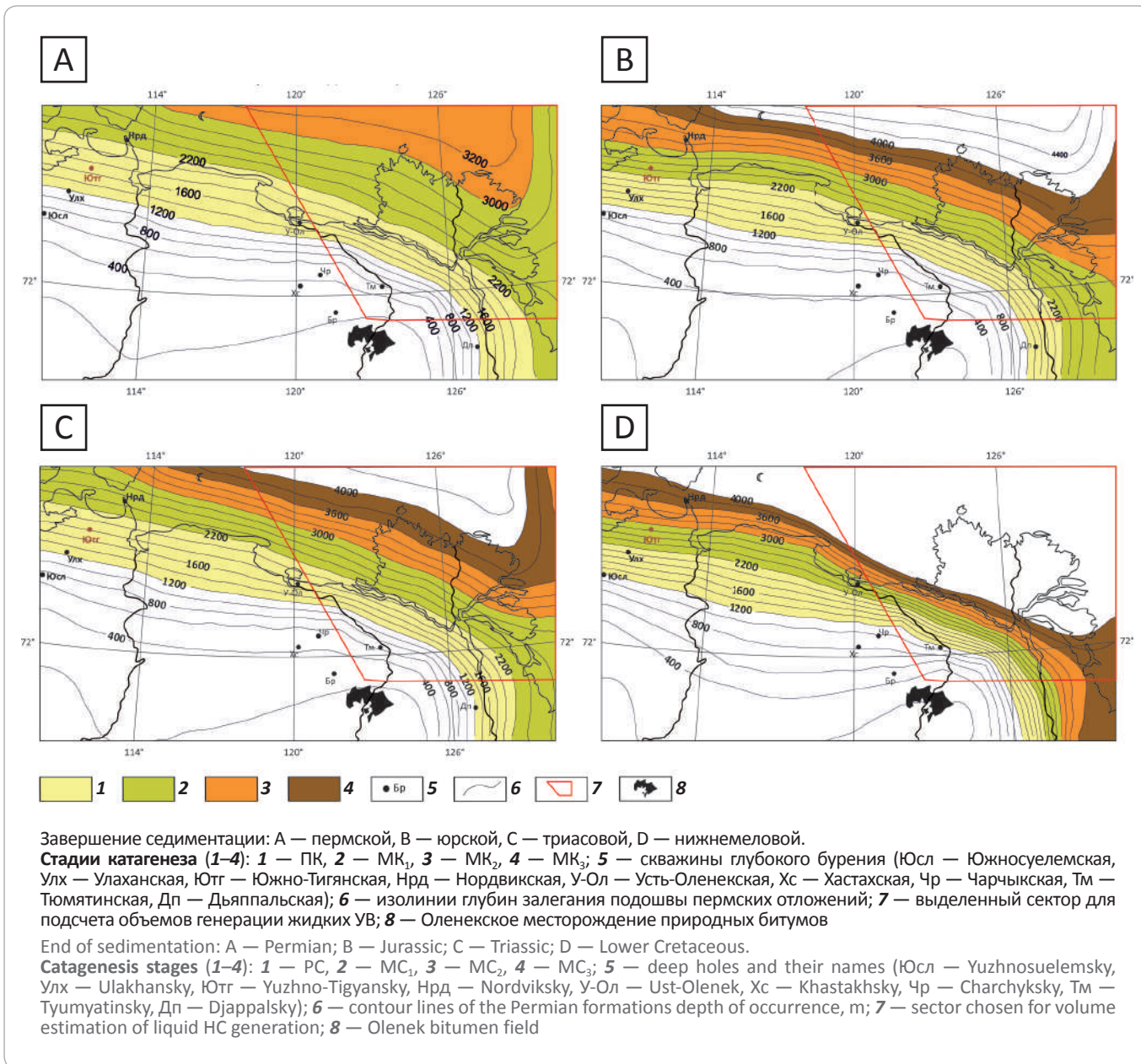
В конце раннемелового времени (примерно через 130 млн лет после завершения пермской седиментации) глубинная зональность катагенетической седиментации пермских отложений была примерно следующей: ПК — 1200–2200 м, МК<sub>1</sub> — 2200–3000 м, МК<sub>2</sub> — 3000–3600 м, на глубине до 4000 м — МК<sub>3</sub>. В течение раннемелового времени песчаники пермского возраста, погруженные на глубину более 3300–3500 м, подвергались процессам перекристаллизации, формирования мозаичных структур, произошла трансформация монтмориллонитов через смешанослойную фазу в гидрослюду — градиент снижения  $K_p/1000$  м равен 3–4 %,  $K_p$  — не выше 10 % (см. рис. 2).

Итак, в течение как минимум 100–130 млн лет после завершения пермского осадконакопления весь объем пермских отложений южного склона Оленекской синеклизы находился в термобарических условиях генерации жидких УВ. Примерно за 200 млн лет до нашего времени (в триасе) на стадиях катагенеза МК<sub>1</sub>–МК<sub>2</sub> оказалась нижняя часть пермского разреза в осевой части Оленекской синеклизы (примерно в 100–120 км от современного расположения Оленекского месторождения), при этом емкостные свойства пермских песчаников сохранялись высокими (см. рис. 2).

Иными словами, в ходе погружения пермских отложений южного склона Оленекской синеклизы в течение 100–130 млн лет происходило постепенное

**Рис. 1.** Катагенетические преобразования пермских отложений южного борта Оленекской синеклизы в позднепалеозой-мезозойское время

**Fig. 1.** Catagenetic transformations of Permian formations in the southern Olenek syneclyse shoulder in Upper Palaeozoic-Mesozoic



«накатывание» зон генерации жидких УВ в южном направлении в сторону относительно приподнятого Оленекского поднятия. Сохранение достаточно высоких фильтрационно-емкостных свойств пермских песчаников в тот период продолжалось примерно в течение 100 млн лет после завершения их накопления (см. рис. 2). Сочетание этих двух факторов способствовало созданию благоприятных условий для латеральной миграции УВ в относительно приподнятые зоны, в том числе и на Оленекское поднятие.

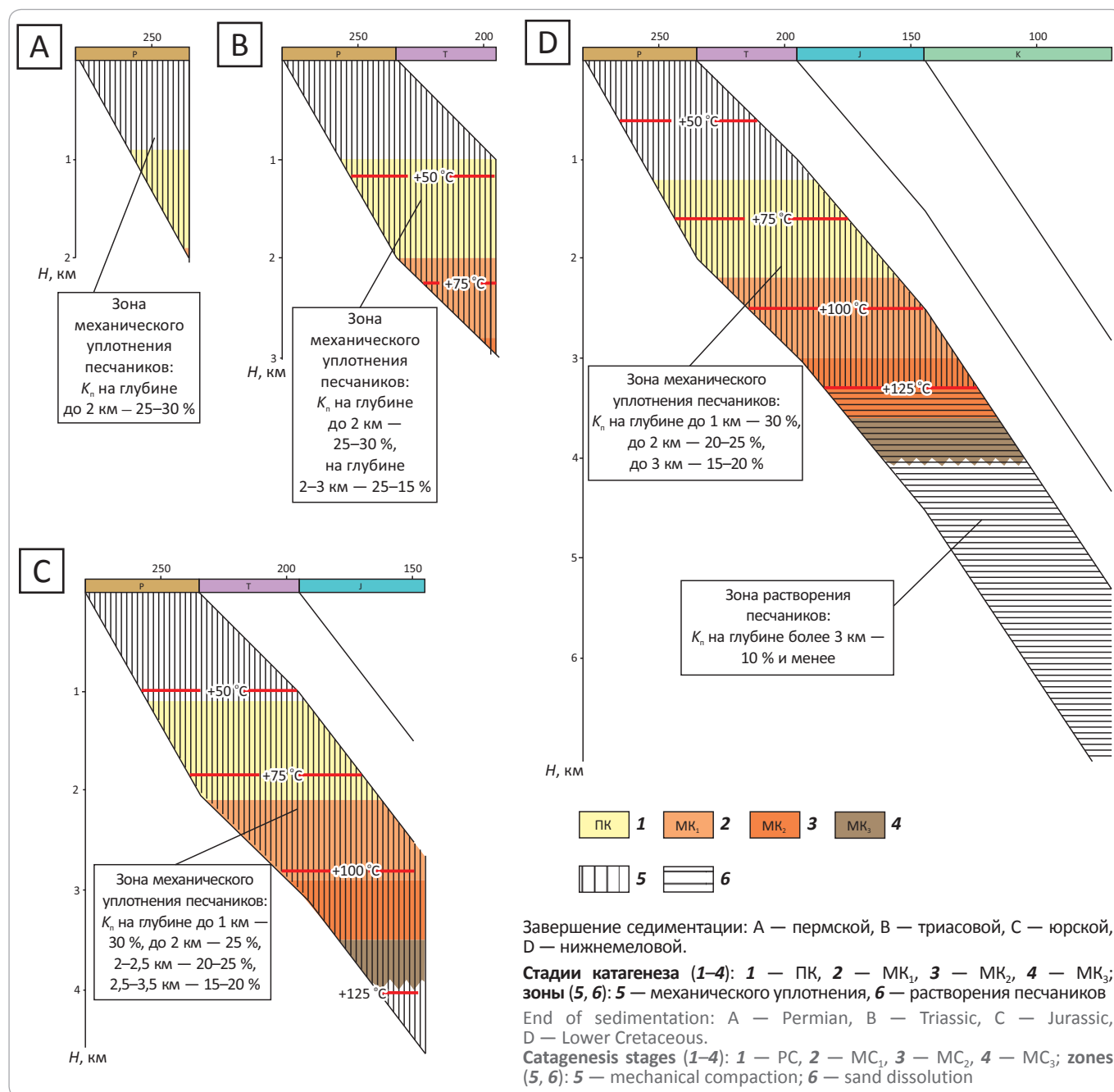
### Оценка генерационного потенциала пермских отложений

Вопрос об источнике нефтей Оленекского месторождения обсуждался многими геологами в разное время, начиная с конца 1950-х гг. (Н.А. Гедройц, В.Я. Кабаньков, Д.С. Сороков, В.Л. Иванов и др.).

Все они в той или иной степени связывали подсчет ресурсов нефти этого месторождения с пермскими отложениями Лено-Анабарского и Хараулахской частью Предверхоанского прогиба. Отмечалась также

## HC HARD-TO-RECOVER RESERVES AND UNCONVENTIONAL SOURCES

**Рис. 2.** Динамика катагенетических преобразований рассеянного органического вещества и пород пермского возраста  
**Fig. 2.** Dynamics of catagenetic transformations of dispersed organic matter and Permian rocks



определенная насыщенность битумами доломитов верхнекембрийской лапарской свиты, на которой непосредственно залегают нефтенасыщенные песчаники перми.

При построениях авторами статьи было принято допущение, что характеристики органического вещества пермских отложений Оленекской синеклизы близки к параметрам органического вещества одновозрастных отложений Вилюйской синеклизы [8]. Позднее подобное допущение сделали и И.Д. Полякова с соавтором [4]. Можно считать,

что органическое вещество пермских отложений Оленекской синеклизы представлено керогеном II и III типов с более высокой долей керогена II типа, чем в одновозрастных отложениях Вилюйской синеклизы, что обусловлено большей долей морских отложений в пермском разрезе Лено-Анабарского прогиба, чем Вилюйской синеклизы.

Для определения генерационного потенциала жидких углеводородов пермских отложений Лаптевской плиты были использованы значения удельной плотности

массы УВ, генерированных пермскими отложениями Вилуйской синеклизы. Исследование проводилось по разработанному шаблону количественного моделирования процессов генерации нефти и газа для основных генетических типов ОВ, который позволяет определить генерационный потенциал в любом осадочном бассейне [3]. Для Вилуйской синеклизы в ИПНГ СО РАН была подсчитана плотность генерации нефти в пермских отложениях [8]. При этом авторы статьи исходили из допущения соотношения как минимум 1:1 сапропелевой (кероген II типа) и гумусовой (кероген III типа) составляющих рассеянного ОВ пермских отложений Оленекской синеклизы.

Был оценен возможный генерационный потенциал пермских отложений к северу от широты скв. Р-50. Ограничим площадь сектора возможного нефтесбора для формирования Оленекского месторождения восточной частью Лено-Анабарского прогиба от устья р. Оленек и самой северной частью Предверхоаянского прогиба с включением прилегающей части шельфа (см. рис. 1).

К концу пермского времени вероятный генерационный потенциал жидких УВ пермских отложений мог составить 4,352 млрд т (при подсчете принято, что доля алевритоглинистых пород пермского разреза достигает 75 %); к концу триасового времени — 7,164 млрд т; к концу юрского времени — 8,569 млрд т; в раннемеловую эпоху — 12,838 млрд т.

Таким образом, суммарный генерационный потенциал пермских отложений выделенного сегмента (см. рис. 1) в пределах восточной части южного борта Оленекской синеклизы мог составить 32,932 млрд т.

Из приведенных построений следует, по крайней мере, тот вывод, что Оленекское месторождение не могло сформироваться только за счет пермских отложений Лено-Анабарского прогиба, как считали многие исследователи. Согласно реконструкциям авторов статьи, в Лено-Анабарском прогибе до широты скв. Р-50 в термобарические условия стадии катагенеза МК<sub>1</sub> могла попасть незначительная часть разреза пермских отложений только в раннемеловое время. Суммарный генерационный потенциал пермских отложений в пределах современной структуры Лено-Анабарского прогиба и прилегающего блока Туора-Сис, по расчетам авторов статьи, составляет около 0,825 млрд т жидких УВ. К близкому выводу пришли и сотрудники ИНГ СО РАН [9], которые на основе результатов глубокого бурения и материалов по геохимии полагают, что оленекские битумы сформировались в результате латеральной миграции с востока, с позднепалеозой-раннемезозойской пассивной континентальной окраины.

Оленекское нефтяное месторождение в основном объеме могло сформироваться за счет генерационного потенциала пермских отложений южного

борта Оленекской синеклизы и блока Туора-Сис в результате фронтальной латеральной миграции. Существует много вариантов оценки коэффициента аккумуляции. Для нефти Западно-Сибирской провинции этот коэффициент варьирует: от 1,2 до 9,9 % — по А.Э. Конторовичу; 7–10 % — по С.Г. Неручеву; 95 % — по И.В. и В.И. Высоцким [1]. Не вдаваясь в обсуждение этого вопроса, заметим, что объемов генерации жидких УВ пермскими отложениями южного борта Оленекской синеклизы (Лаптевской плиты) и северной части Предверхоаянского прогиба вполне достаточно для формирования месторождения с геологическими запасами 4 млрд т. С учетом потерь легких фракций под воздействием факторов гипергенеза мы получаем 2 млрд т тяжелой нефти — широко распространенную среди специалистов прогнозную величину запасов Оленекского месторождения, причем эта величина не предельная.

Кроме того, битумами насыщены отложения венда и кембрия Оленекского поднятия, в том числе и доломиты лапарской свиты верхнего кембрия, на которых непосредственно залегают вскрытые современным эрозионным срезом битумонасыщенные песчаники Оленекского месторождения. Присутствие биометок 12–13-метил-алканов, характерных для нефтей из венд-нижнепалеозойских отложений Сибирской платформы, в хлороформенном битуме из керна пермского возраста скв. Чарчыкская и широкий диапазон значений изотопного состава углерода битумов Оленекского месторождения свидетельствуют о гетерогенном генезисе этих нафтидов [6].

Ранее авторами статьи было показано [7], что на территориях, примыкавших с севера к Оленекскому поднятию, отложения рифея и венда в полном объеме попали в термобарические условия стадий катагенеза МК<sub>1</sub> и МК<sub>2</sub> только в пермскую эпоху, а в пределах Суханской впадины — в юрскую. Другими словами, реализация генерационного потенциала венд-нижнепалеозойских отложений практически совпала по времени с реализацией такового отложений верхнего палеозоя — нижнего мезозоя. Совпадение в вертикальной проекции отложений столь широкого стратиграфического диапазона, существенно отличавшихся составом fossilized ОВ, сохранение в течение длительного периода Оленекского поднятия в качестве положительной структуры обусловили, по-видимому, участие жидких УВ, генерированных терригенными отложениями рифея и венда, в формировании на северном склоне Оленекского поднятия нефтяной залежи в пермских отложениях.

Таким образом, можно утверждать, что Оленекское месторождение битумов (вскрытое современным эрозионным врезом месторождение нефти) генетически связано в основном с генерационным потенциалом пермских отложений южного

борта Оленекской синеклизы. В процессе погружения пермских отложений в течение как минимум 100–130 млн лет весь объем пермских отложений южного склона Оленекской синеклизы находился в термобарических условиях генерации жидких УВ. Сохранение достаточно высоких фильтрационно-емкостных свойств пермских песчаников в тот период продолжалось примерно в течение 100 млн лет после завершения их накопления. Сочетание этих двух факторов способствовало созданию благо-

приятных условий для латеральной миграции УВ на относительно приподнятые зоны, в том числе и на Оленекское поднятие.

*Работа выполнена в рамках государственного бюджетного проекта IX.131.1.6 «Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности акватории моря Лаптевых и прилегающих районов континентального сектора Сибирской платформы».*

### Литература / References

1. *Высоцкий И.В., Высоцкий В.И.* Формирование нефтяных, газовых и конденсатно-газовых месторождений. – М. : Недра, 1986. – 228 с. *Vysotskiy I.V., Vysotskiy V.I.* Formation of oil, gas and condensate fields. Moscow: Nedra; 1986. 228 p.
2. *Ким Б.И., Евдокимова Н.К., Супруненко О.И., Яшин Д.С.* Нефтегеологическое районирование шельфа восточно-арктических морей России и перспективы их нефтегазоносности // Геология нефти и газа. – 2007. – № 1. – С. 49–59. *Kim B.I., Evdokimova N.K., Suprunenko O.I., Yashin D.S.* Petroleum and geological zoning of Russian Eastern Arctic seas shelf and their petroleum potential. *Geologiya nefiti i gaza.* 2007;(1):49–59.
3. *Неручев С.Г., Баженова Т.К., Смирнов С.В., Андреева О.А., Климова Л.И.* Оценка потенциальных ресурсов углеводородов на основе моделирования процессов их генерации, миграции и аккумуляции. – СПб : Недра, 2006. – 364 с. *Neruchev S.G., Bazhenova T.K., Smirnov S.V., Andreeva O.A., Klimova L.I.* Assessment of HC potential resources based on modelling of their generation, migration, and accumulation processes. St. Petersburg: Nedra; 2006. 364 p.
4. *Полякова И.Д., Борукаев Г.Ч.* Прогноз нефтегазоносности Лаптевского шельфа [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – Т. 10. – № 1. – С. 1–18. – Режим доступа: [http://www.ngtp.ru/rub/5/9\\_2015.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/5/9_2015.pdf) (дата обращения 05.07.2016). *Polyakova I.D., Borukaev G.Ch.* Prediction of oil and gas occurrence in the Laptev Sea shelf area. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika.* 2015;10(1): 1–18. Available at [http://www.ngtp.ru/rub/5/9\\_2015.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/5/9_2015.pdf) (accessed 05.07.2016).
5. *Сафронов А.Ф.* Историко-генетический анализ процессов нефтегазообразования (на примере востока Сибирской платформы). – Якутск : Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1992. – 145 с. *Safronov A.F.* Historical and genetic analysis of oil and gas generation processes (by the example of eastern Siberian Platform). Yakutsk: Izd-vo YaNTS SO RAN; 1992. 145 p.
6. *Сафронов А.Ф., Ситников В.С., Каширцев В.А., Микуленко К.И.* Перспективы нефтегазоносности арктической части территории Западной Якутии // Российская Арктика. Геологическая история. Минералогия. Геоэкология. – СПб. : ВНИИОкеангеология, 2002. – С. 347–353. *Safronov A.F., Sitnikov V.S., Kashirtsev V.A., Mikulenko K.I.* Petroleum potential of the Arctic part of Western Yakutia. *Rossiyskaya Arktika. Geologicheskaya istoriya. Mineragiya. Geoekologiya.* St. Petersburg: VNIIOkeangeologiya; 2002. P. 347–353.
7. *Сафронов А.Ф.* История развития осадочно-порodных бассейнов востока Сибирской платформы // Актуальные вопросы геологии нефти и газа Сибирской платформы. – Новосибирск : ЯФ, Издательство СО РАН, 2004. – С. 79–81. *Safronov A.F.* History of sedimentary basins evolution in the eastern Siberian Platform. *Aktualnye voprosy geologii nefiti i gaza Sibirskoy platformy.* Novosibirsk: YaF, Iz-vo SO RAN; 2004. P. 79–81.
8. *Сафронов А.Ф., Сивцев А.И., Чалая О.Н., Зуева И.Н., Соколов А.Н., Фрадкин Г.С.* Начальные геологические ресурсы УВ шельфа моря Лаптевых // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1275–1279. *Safronov A.F., Sivtsev A.I., Chalaya O.N., Zueva I.N., Sokolov A.N., Fradkin G.S.* Initial in-place HC resources of the Laptev Sea shelf. *Geologiya i geofizika.* 2013;54(8):1275–1279.
9. *Фомин М.А., Моисеев С.А., Фомин А.М.* Очаги возможной генерации природных битумов Оленекского месторождения [Электронный ресурс] // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – № 1. – С. 1–5. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/ochagi-vozmozhnoy-generatsii-prirodnih-bitumov-olenekskogo-mestorozhdeniya> (дата обращения 21.06.2016). *Fomin M.A., Moiseev S.A., Fomin A.M.* Possible natural bitumen kitchen areas of the Olenek field. *Interekspos Geo-Sibir.* 2015;(1):1–5. Available at <http://cyberleninka-vozmozhnoy-generatsii-prirodnih-bitumov-olenekskogo-mestorozhdeniya> (accessed 21.06.2016).