

# ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ, РАЗВЕДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.041

## Особенности формирования залежей нефти на территории Варандей-Адзвинской нефтегазоносной области

Т.А. Жемчугова

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: Zhemchugova.tan@mail.com

(Статья поступила в редакцию 24 апреля 2022 г.)

Рассматриваются строение и нефтегазоносность Варандей-Адзвинской нефтегазоносной области и оцениваются физико-химические свойства и состав нефтей и нефтегазоматеринских пород структурной зоны. На основе выявленных особенностей формирования залежей нефти изучаемой территории выделены 3 нефтяные системы: среднеордовикско-нижнедевонская, среднедевонско-нижнефранско-тиманская и среднефранско-нижнетриасовая нефтяные системы, которые сведены в Сводный геологический разрез Варандей-Адзвинской зоны. В каждой системе установлена связь нефтей различных типов с нефтематеринскими породами. Полученные данные по формированию нефтеносности позволяют прогнозировать пути миграции углеводородов для обнаружения новых залежей нефти и газа.

Ключевые слова: *Варандей-Адзвинская структурная зона, тектоническое строение, нефтегазоносные комплексы, нефтегазоматеринская порода, генетип нефти, катагенез, гумусовое и сапропелевое органическое вещество, доманикиты, коллекторы, углеводороды, пути миграции, нефтяная система.*

DOI: 10.17072/psu.geol.21.2.167

### Введение

В Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в последние годы прирост разведанных запасов нефти не компенсирует ее добычу. Одним из регионов провинции, где возможно эффективное воспроизводство разведанных запасов нефти, является недостаточно изученная геофизическими методами и бурением Варандей-Адзвинская нефтегазоносная область (НГО).

Варандей-Адзвинская структурная зона Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна расположена на северо-востоке его континентальной части. Она была выделена в самостоятельный структурный элемент ранее проводимыми исследованиями еще в 70-х годах прошлого века и отнесена к категории авлакогена, который включает разноплановые, сложно построенные приразломные структуры, такие как вал Сорокина, Мореюская депрессия и др. По мере открытия залежей углеводородов

в последнее время этой сравнительно удаленной территории все больше уделяется внимание, на данный момент существует проблема выявления особенностей формирования нефтегазоносности.

### Общие сведения о Варандей-Адзвинской НГО

Варандей-Адзвинская зона характеризуется чередованием линейных дизъюнктивных валов и разделяющих их депрессий, выраженных по всему разрезу осадочного чехла.

В ее составе выделяются структуры второго порядка: валы Сорокина, Гамбурцева, Сарембой-Леккейгинский и Талотинский, Мореюская и Верхнеадзвинская депрессии. Все валы, имеющие горстово-чешуйчатое строение, разбиты нарушениями на клиновидные блоки, к которым приурочены локальные структуры.

В геологическом отношении рассматриваемая территория имеет Байкальский складчатый фундамент верхнепротерозойского возраста, представленный слабометаморфизованными сланцеватыми образованиями, местами прорванными интрузиями различного состава, и перекрыт чехлом, сформировавшимся в течение палеозоя и мезозоя. На поверхности залегают четвертичные и современные осадочные отложения (Белонин и др. 2005).

Бурением в пределах Варандей-Адзвинской зоны установлен широкий диапазон нефтеносности: от верхнего силура до триаса. Нефти весьма сильно различаются по таким физико-химическим характеристикам, как плотность, содержание серы и парафина, выход бензиновых фракций.

На территории Варандей-Адзвинской структурной зоны выявлено 9 нефтегазоносных комплексов. Наибольшее число залежей обнаружено в среднедевонско-нижнефранском комплексе (Прищепа и др., 2011).

### **Нефтегазоматеринские породы и генотипы нефтей**

По современной осадочно-миграционной теории нефтеобразования, процесс нефтегенерации происходит в нефтематеринских породах, обогащенных ОВ и достигших определенной степени термической зрелости.

В качестве нефтегазоматеринских пород, поставляющих микронепть и газ в породы-коллекторы, выступают глинистые образования с содержанием Сорг. более 0,3–0,5%.

Нефтегазоматеринские породы в пределах изучаемой территории выделяются в верхнесилурийских, нижнедевонско-лохковских, верхнеэйфельских, тимано-саргаевских, доманиковых, верхнефранско-турнейских, нижневизейских и артинских отложениях (Анищенко, Данилевский, 1981).

Проведенные ранее исследования по геохимии нефтей Тимано-Печорского бассейна показали, что нет однозначных представлений о материнских породах и генотипах нефтей. Выделяется до 7–8 генотипов нефти на территории ВАЗ, однако исследователи сходятся во мнении только о доманиковом генотипе. Это во многом связано с влиянием вторичных факторов, таких как гипергенез, на их преобразование. Катагенетическая преобразованность

ОВ для НГМП Варандей-Адзвинской НГО изменяется в диапазоне МК1-МК4 (Бушнев, 1998 а.; 1998 б).

По результатам изучения формирования залежей нефти было выявлено, что нефти доманиково- (семилукско-) турнейского терригенно-карбонатного комплекса ВАЗ являются, в основном, сингенетичными вмещающему комплексу пород преимущественно карбонатного и глинисто-карбонатного состава.

Корреляция в системе нефть – нефтематеринская порода указывает на то, что часть нефти силурийско-нижнедевонского комплекса генетически, возможно, связана с отложениями карбонатного ордовика, а часть – с силурийско-нижнедевонскими НМП. Залежи нефти во франско-турнейском НГК сформировались как в результате миграции нефти из нижележащих комплексов пород, так и за счет собственных источников.

В формировании залежей нефти участвовала не только вертикальная миграция, но и латеральная, поскольку состав нефти пермско-триасовых отложений северной части вала Сорокина был сформирован в результате смешения нескольких (минимум двух) исходных, генетически различных типов нефти. Поступление первого из них произошло в результате вертикальной миграции из нижележащих отложений, дозаполнение ловушек нефтью иного типа, возможно, связано с процессом латеральной миграции со стороны Печорского моря. В промежутке между поступлением разнотипных флюидов нефть в сформированных залежах подверглись процессу биодеградаци.

Полученные данные о нефтегазоматеринских породах, свойствах и составе нефтей позволяют проводить работы по изучению формирования залежей, а следовательно, выявлять пути миграции углеводородов и, соответственно, ловушки на этих путях.

### **Общие представления о нефтяных системах**

В современном мире нефтегазоматеринские породы изучаются через призму нефтяных систем, которые выступают в качестве нового метода районирования.

Понятие «нефтяные системы» впервые было введено Дж. Доу Уоллесом (*Wallace G. Dow*) в 1970 г. в исследовательском центре Атосо в

Талсе, Оклахома, при описании трех «нефтяных систем» в бассейне Уиллистон.

Нефтяная система представляет собой систему из активной нефтематеринской породы, всей генетически связанной нефти, и скопления газа, а также геологических элементов и процессов, которые необходимы для существования залежей нефти и газа.

Для прогнозирования путей миграции углеводородов и оконтуривания системы *Лесли Мэгуном* (Les Magoon), начиная с 1986 г., была разработана концепция нефтяных систем, которая подразумевает выделение нефти в генетические типы, соотношение каждого типа к конкретной материнской породе, оценку количества генерируемой и вытесняемой нефти из материнской породы и нанесение на карту путей вертикальной и боковой миграции (Magoon L.B., Dow W.G. 2012; Magoon L.B., 1995).

### Нефтяные системы Варандей-Адзвинской зоны

На основе вышеизложенных представлений о нефтяных системах как о комплексе отложений, включающих НГМП, коллекторы, по-

крышки, ловушки, а также путей миграции и информации о НГМП и приуроченных к ним генетипов нефти, был построен сводный геологический разрез осадочного чехла Варандей-Адзвинской зоны с выделенными нефтяными системами (см. фрагмент приложения, рис.).

На территории Варандей-Адзвинской нефтегазоносной области были выделены 3 нефтяные системы: среднеордовикско-нижнедевонская, среднедевонско-нижнефранско-тиманская и среднефранско-нижнетриасовая нефтяные системы.

В рамках каждой нефтяной системы выделены нефтегазоматеринские толщи, природные резервуары, покрывки и пути миграции.

### Среднеордовикско-нижнедевонская нефтяная система (O<sub>2</sub> – D<sub>1</sub>)

Нефтегазоматеринские толщи (S<sub>2</sub>, D<sub>1</sub> I) представлены аргиллитами, мергелями и известняками. Источником нефти могло быть сапропелевое ОВ (II).

Сводный геологический разрез осадочного чехла Варандей-Адзвинской структурной зоны с выделенными нефтяными системами

Приложение 1

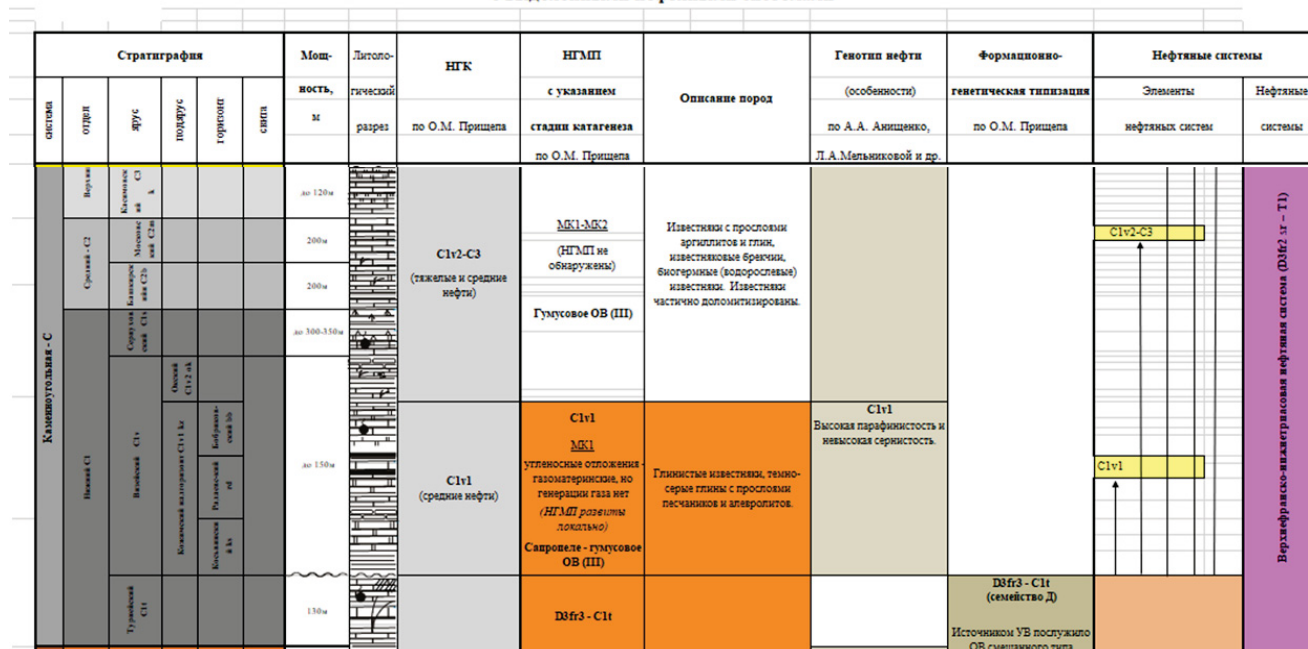


Рис. Фрагмент сводного геологического разреза осадочного чехла Варандей-Адзвинской зоны с выделенными нефтяными системами (Жемчугова, 2022)

Характерной особенностью нефтяной системы является наличие в нефти низких кон-

центраций высокомолекулярных n-алканов, высокое содержание стеранов, что подтвер-

ждает наличие легкой и средней нефти в отложениях, а также газа и газоконденсата.

В отложениях наблюдается вертикальная миграция УВ по многим разломам древнего заложения непрерывного проявления, а также зональная латеральная миграция УВ из нижнеордовикских отложений Хорейверской впадины, где области развития миграционных потоков обычно сопровождаются «смягчением» термобарических показателей и опреснением пластовых вод.

### Среднедевонско-нижнефранско-тиманская нефтяная система (D<sub>2</sub>– D<sub>3fr1 tm</sub>)

Нефтегазоматеринская толща D<sub>2ef2</sub> представлена песчаниками, алевролитами, глинами и аргиллитами с прослоями известняков. Характерная особенность нефти данной нефтяной системы – высокое содержание средних и высокомолекулярных углеводородов и высокая газонасыщенность. Нефть природных резервуаров преимущественно легкая и средняя. Вертикальная миграция выражена слабее, чем в других нефтяных системах.

### Среднефранско-нижнетриасовая нефтяная система (D<sub>3fr2 sr</sub> – T<sub>1</sub>)

Доманиковский горизонт (НГМП) представлен кремнистыми аргиллитами, мергелями, глинистыми известняками, горючими сланцами и силицитами.

Верхнефранско-турнейский горизонт (НГМП) представлен органогенно-детритовыми известняками, вторичными доломитами, аргиллитами и глинами.

Характерные особенности нефти данной нефтяной системы следующие.

Нефть доманиковой НГМП имеет низкое содержание твердых парафинов и низкомолекулярных соединений, высокое содержание асфальтенов и серы. В связи с этим нефти можно отнести к утяжеленным и тяжелым, т.к. претерпевают низкую катагенетичность (МК1-МК2).

Нефть верхнефранско-турнейского НГМП имеет максимумы в распределении n-алканов в низко- и среднемолекулярной области, содержит много асфальтенов и серы, в верхнефранско-фаменских отложениях наблюдается высокая коэффициент метаморфизма (табл.).

**Таблица.** Нефтяные системы осадочного чехла Варандей-Адзвинской зоны (Жемчугова, 2022)

Нефтяные системы	Материнские породы	Коллекторы	Флюидоупоры	Залежи нефти, нефтепроявления	Основное направление миграции
Среднеордовикско-нижнедевонская нефтяная система (O <sub>2</sub> – D <sub>1</sub> )	O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> 1	S <sub>2</sub> D <sub>1</sub> 1 D <sub>1p</sub> D <sub>1em1</sub>	D <sub>1em1</sub>	S <sub>2</sub> D <sub>1</sub> 1 D <sub>1p</sub> D <sub>1em1</sub>	O (XB*)---→ O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> 1 O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> 1---→ D <sub>1p</sub> O <sub>2</sub> -D <sub>1</sub> 1---→ D <sub>1em1</sub>
Среднедевонско-нижнефранско-тиманская нефтяная система (D <sub>2</sub> -D <sub>3fr1 tm</sub> )	D <sub>2</sub> -D <sub>3fr1</sub> D <sub>3 fr1 tm</sub>	D <sub>2</sub> -D <sub>3fr1</sub> D <sub>3 fr1 tm</sub>	D <sub>3 fr1</sub> tm	D <sub>2ef2</sub> D <sub>3 fr1 tm</sub>	D <sub>2ef2</sub> (apr)---→ D <sub>2ef2</sub> (песч) D <sub>3 fr1 tm</sub> (apr) ---→ D <sub>3 fr1 tm</sub> (изв)
Среднефранско-нижнетриасовая нефтяная система (D <sub>3fr2 sr</sub> – T <sub>1</sub> )	D <sub>3 fr2 sr</sub> D <sub>3 fr2 dm</sub> D <sub>3fr3</sub> -C <sub>1t</sub>	C <sub>1v1</sub> C <sub>1v2</sub> -C <sub>3</sub> P <sub>1a+s</sub> P <sub>1ar</sub> T <sub>1</sub> cb	P <sub>1k</sub> T <sub>1</sub> cb <sub>2</sub>	D <sub>3 fr2 dm</sub> D <sub>3fr3</sub> D <sub>3fm1</sub> C <sub>1t</sub> C <sub>1v1</sub> C <sub>1v2</sub> -C <sub>3</sub> P <sub>1a+s</sub> P <sub>1ar</sub> T <sub>1</sub> cb	D <sub>3 fr2 sr</sub> ---→ D <sub>3 fr2 dm</sub> D <sub>3 fr2 dm</sub> ---→ D <sub>3fr3</sub> -C <sub>1t</sub>  D <sub>3 fr2 dm</sub> +D <sub>3fr3</sub> -C <sub>1t</sub>  C <sub>1v1</sub> T <sub>1</sub> cb C <sub>1v2</sub> -C <sub>3</sub> P <sub>1ar</sub> P <sub>1a+s</sub>



## Выводы

1. Осадочный чехол Варандей-Адзвинской зоны и прилегающих территорий Тимано-Печорского бассейна представлен мощной толщей разновозрастных отложений с широким диапазоном нефтеносности – от верхнего силура до триаса.

2. В разрезе ВАЗ наблюдается тенденция облегчения нефтей от верхних НГК к нижним, что связано с ростом катагенетической преобразованности ОВ в материнских породах и процессами биodeградации в верхних горизонтах.

3. Результаты исследований в области геохимии нефтей и ОВ пород не дают однозначных представлений о материнских породах и генотипах нефтей ВАЗ в связи с недостаточной изученностью.

4. На территории Варандей-Адзвинской структурной зоны выявлено 9 нефтегазоносных комплексов, наибольшее число залежей обнаружено в среднедевонско-нижнефранском комплексе. Кроме того, разными авторами выделяется 7–8 генотипов нефти, при этом исследователи сходятся во мнении только о доманиковом генотипе.

5. В работе с учетом данных по Тимано-Печорской провинции обосновано, что на территории ВАЗ выделяются как минимум 3 нефтяные системы: среднеордовикско-нижнедевонская, среднедевонско-нижнефранско-тиманская и среднефранско-нижнетриасовая нефтяные системы.

6. Доманиковый горизонт в рамках среднефранско-нижнетриасовой нефтяной системы имеет наибольший генерационный потенциал, т.е. является основным нефтегазоматеринским объектом ВАЗ и ТПП.

7. Нижнесилурийские (вскрыты на единичных тектонических структурах) и ордовикские отложения, которые на данный момент на территории ВАЗ не вскрыты, могут выступать объектом прогнозирования для открытия новых залежей.

8. Прирост запасов нефти и газа возможен за счет наддоманиковых органогенных построек приразломной структуры, разделяющей ВАЗ и Хорейверскую впадину, вала Сорокина

Варандей-Адзвинской зоны, на которой выделяется около 12 локальных структур с крупными нефтяными месторождениями (Варандейское, Торавейское, Наульское, Лабаганское).

9. Показано, что в формировании залежи нефтей ВАЗ значительную роль играли процессы вертикальной миграции. Залежи нефти верхнего палеозоя и нижнего мезозоя сформировались в результате либо вертикальной миграции из отложений нижнего палеозоя, либо за счет латеральной миграции из более погруженной – акваториальной части Тимано-Печорского бассейна (с севера на юг).

10. Полученные данные по формированию нефтеносности позволяют прогнозировать пути миграции углеводородов для обнаружения новых залежей нефти и газа.

## Библиографический список

*Анищенко Л.А., Данилевский С.А.* Прогноз зон нефтегазонакопления в основных нефтегазоносных комплексах Тимано-Печорской провинции // Геология месторождений горючих ископаемых Европейского северо-востока СССР (труды IX геологической конференции Коми АССР), Сыктывкар, 1981.

*Белонин М.Д., Прищепина О.М., Теплов Е.Л.* Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. СПб., Недра, 2005. 395 с.

*Бушнев Д.А.* Генетические особенности нефтей Варандей-Адзвинской зоны Печорского бассейна. Сыктывкар, 1998 а. 24 с. (Научные доклады / Коми научный центр УрО Российской академии наук; вып. 401).

*Бушнев Д.А.* Геохимические условия формирования нефтей Варандей-Адзвинской зоны Печорского бассейна, Диссертация, 1998 б. 148 с.

*Прищепина О.М., Баженова Т.К., Богацкий В.И.* Нефтегазоносные системы Тимано-Печорского осадочного бассейна (включая акваториальную печороморскую часть), СПб, ВНИГРИ, Научный журнал «Геология и геофизика», 2011. Т. 52, № 8. С. 1129–1150.

*Magoon L.B., Dow W.G.* The petroleum system – from source to trap // AAPG memoir 60, 2012. 312 p.

*Magoon L.B., 1995,* The play that complements the petroleum system—a new exploration equation: Oil & Gas Journal, vol. 93, no. 40, p. 85–87.

# Characteristics of the Oil Deposits Formation on the Territory of the Varandey-Adzvinskaya Oil and Gas Region

T.A. Zhemchugova

Perm State University

15 Bukireva Str., Perm 614990, Russia. E-mail: Zhemchugova.tan@mail.com

The structure, oil and gas potential of the Varandey-Adzvinskaya oil and gas region is considered in the article. Physicochemical properties and composition of oil and source rocks of the structural zone are analysed. Based on the determined features of the oil deposits formation of study area, 3 oil systems have been identified: Middle Ordovician-Lower Devonian, Middle Devonian-Lower Frasnian-Timanian and Middle Frasnian-Lower Triassic, which are combined in the General geological section of the Varandey-Adzvinskaya zone. In each system, a connection between oils of various types with oil source rocks was established. The connection of different type oil with source rocks was established that made it possible to predict the migration paths of hydrocarbons for new oil and gas deposits exploration.

Key words: *Varandey-Adzvinskaya structural zone; tectonic structure; oil and gas complexes; oil and gas source rock; oil genotype; catagenesis; humus and sapropel organic matter; domanikites; reservoirs; hydrocarbons; migration routes; Petroleum system.*

## References

- Anishchenko L.A., Danilevskiy S.A.* 1981. Prognoz zon neftegazonakopleniya v osnovnykh neftegazonosnykh kompleksakh Timano-Pechorskoy provintsii [Forecast of oil and gas accumulation zones in principal oil and gas bearing complexes]. In: Geologiya mestorozhdeniy goryuchikh iskopayemykh Evropeyskogo severo-vostoka SSSR. Trudy IX geologicheskoy konferentsii Komi ASSR. Syktyvkar. (in Russian)
- Belonin M.D., Prishchepa O.M., Teplov E.L.* 2005. Timano-Pechorskaya provintsiya: geologicheskoe stroenie, neftegazonosnost i perspektivy osvoeniya [Timan-Pechora Province: Geological structure, oil and gas potential, and development prospects]. Nedra, SPb., p. 395. (in Russian)
- Bushnev D.A.* 1998. Geneticheskie osobennosti neftey Varandey-Adzvinskoy zony Pechorskogo basseyna [Genetic features of oil of the Varandey-Adzvinskaya zone of Pechora basin]. Nauchnye doklady. Komi nauchnyy tsentr UrO RAN, V. 401, Syktyvkar, p. 24. (in Russian)
- Bushnev D.A.* 1998. Geokhimicheskie usloviya formirovaniya neftey Varandey-Adzvinskoy zony Pechorskogo basseyna [Geochemical formation conditions of oil of Varandey-Adzvinskaya zone of the Pechora basin]. Diss., p. 148. (in Russian)
- Prishchepa O.M., Bazhenova T.K., Bogatskiy V.I.* 2011. Neftegazonosnye sistemy Timano-Pechorskogo osadochnogo basseyna (vkluyuchaya akvatorialnuyu pechoromorskuyu chast) [The Petroleum systems of the Timan-Pechora sedimentation basin (including aquatorial Pechora-marine area)]. Geologiya i geofizika. 52(8):1129–1150. (in Russian)
- Magoon L.B., Dow W.G.* 2012. The petroleum system – from source to trap. AAPG memoir 60, p. 312.
- Magoon L.B.*, 1995. The play that complements the petroleum system – a new exploration equation. Oil & Gas Journal. 93(40):85–87.