ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ В КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НИЖНЕГО КОМПЛЕКСА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ (К ЮБИЛЕЮ Т. В. МАЙДЛЬ)

Н. Н. Тимонина, И. И. Даньщикова

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
nntimonina@geo.komisc.ru

Статья посвящена исследованиям особенностей формирования и закономерностей распространения природных резервуаров в карбонатных отложениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции признанного специалиста в нефтегазовой геологии — Татьяны Викторовны Майдль. Проанализирован ее весомый вклад в разработку теоретических основ формирования карбонатных отложений региона, реконструкцию условий осадконакопления, выявление степени влияния вторичных преобразований на емкостные и фильтрационные свойства карбонатных пород, разработку основ для построения геологических моделей карбонатных резервуаров. В области изучения морфологии пустотного пространства в низкочастотных карбонатных коллекторах Т. В. Майдль установила, что наилучшими фильтрационными свойствами в нижнем силуре обладают доломиты с теневой биогермной структурой, в верхнем силуре — биокластовые известняки. Основной объем пустотного пространства в первом типе связан с кавернами и трещинами, во втором — с матричной пористостью. Показано, что результаты работы Т. В. Майдль имеют не только теоретическую, но и практическую значимость.

Ключевые слова: углеводороды, карбонатные породы, коллекторы нефти и газа, пустотное пространство, Т. В. Майдль.

RESERVOIRS IN CARBONATES OF THE LOWER OIL AND GAS-BEARING COMPLEX OF THE TIMAN-PECHORA PROVINCE (FOR THE ANNIVERSARY OF T. V. MAYDL)

N. N. Timonina, I. I. Danshchikova

Institute of geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The paper presents Tatyana V. Maydl's researches of formation and patterns of distribution of natural reservoirs in carbonate deposits of the Timan-Pechora oil and gas province. Tatyana Viktorovna Maydl is a recognized specialist in oil and gas geology. Her significant contribution to the development of the theoretical base of formation of carbonate deposits in the region, reconstruction of sedimentation conditions, finding degree of influence of secondary transformations on the reservoir and filtration properties of carbonate rocks, development of the basis for geological models of carbonate reservoirs, are analyzed. In the field of studying the morphology of the void space in low-capacity carbonate reservoirs, T. V. Maydl found that in the Lower Silurian dolomites with a shadow biohermal structure had the best filtration features, and in the Upper Silurian — bioclastic limestones. The main volume of the void space in the first type is associated with caverns and cracks, in the second — with matrix porosity. We showed that the results of T. V. Maydl's work were not only of theoretical, but also of practical importance.

Keywords: hydrocarbons, carbonate rocks, oil and gas reservoirs, pore space, T. V. Maydl.

Введение

Татьяна Викторовна Майдль приступила к работе в Институте геологии Коми филиала АН СССР в должности старшего лаборанта после окончания геологического факультета Ленинградского государственного университета. В 1986 году во ВНИГРИ защитила кандидатскую диссертацию на тему «Условия формирования карбонатных коллекторов нижнепалеозойского комплекса Печорского нефтегазоносного бассейна». Область ее интересов — литология нижнепалеозойских отложений северо-востока европейской части России. Ею детально изучено строение толщ верхнеордовикских и нижнедевонских отложений ТПП, проведена корреляция разрезов этих отложений в различных структурных зонах и выделены основные коллекторские толщи, предложена фациальная модель нижнепалеозойского седиментационного бассейна и разработаны литологические критерии прогноза коллекторов [10,11]. Результаты исследова-

ний Татьяны Викторовны могут быть использованы при разработке программ геологического изучения региона, постановке разведочного бурения, а также выборе методов разработки месторождений. Примером внедрения результатов работ Т. В. Майдль на практике может служить открытие в составе группы ученых Института геологии Верхневоезского нефтяного месторождения в Республике Коми.

Природные резервуары в карбонатных отложениях ордовикско-нижнедевонского нефтегазоносного комплекса

Согласно существующим региональным представлениям формирование карбонатных отложений на данной территории во время силура и раннего девона происходило в условиях эпиконтинентальной платформы, полого погружающейся на восток в сторону Уральского палеоокеана.

Для цитирования: Тимонина Н. Н., Даньщикова И. И. Природные резервуары в карбонатных отложениях нижнего комплекса Тимано-Печорской провинции (к юбилею Т. В. Майдль) // Вестник геонаук. 2021. № 1(313). С. 40—43. DOI: 10.19110/geov.2021.1.6.

For citation: Timonina N. N., Danshchikova I. I. Reservoirs in carbonates of the lower oil and gas-bearing complex of the Timan-Pechora Province (for the anniversary of T. V. Maydl). Vestnik of Geosciences, 2021, 1(313), pp. 40—43, doi: 10.19110/geov.2021.1.6.

Образование верхнесилурийско-нижнедевонского карбонатного комплекса происходило при общем режиме погружения, сопровождавшемся трансгрессией со стороны Уральского палеоокеана. В работах Т. В. Майдль показано, что в нижнепалеозойских отложениях четко проявлена крупная цикличность, связанная с эвстатическими колебаниями уровня моря. В результате чередующихся трансгрессивных и регрессивных фаз развития седиментации внутреннего мелководного шельфа сформировался комплекс отложений с фациальной принадлежностью к различным батиметрическим обстановкам карбонатной платформы: сублиторали, отмельной зоны, литорали. Проведенное Татьяной Викторовной литологическое исследование пород доказало, что основными процессами в изученных разрезах являются: перекристаллизация с увеличением размера зерен, доломитизация, выщелачивание, стилолит- и трещинообразование, пиритизация, реже сульфатизация, окремнение и кальцитизация [1, 10, 11].

В последние годы большое внимание уделяется районам сложного геологического строения, к числу которых относятся складчато-надвиговые зоны. Одним из таких объектов является гряда Чернышева, перспективы карбонатного нижнепалеозойского нефтегазонального комплекса (НГК) которой до сих пор не ясны.

Нефтеносность ордовикско-нижнедевонских отложений северных и южных территорий гряды Чернышева установлена открытием залежей на Усино-Кушшорской, Южно-Степковожской, Заостренской и Хоседаю-Неруюской площадях, а также результатами бурения поисково-оценочных скважин 1-, 2-Адакской, 1-Харутамыльской.

Во многом этим можно объяснить тот факт, что Татьяна Викторовна уделяет особое внимание изучению фациальной природы силурийско-нижнедевонских отложений поднятия Чернова и гряды Чернышева [1, 4, 6]. В качестве основы она использовала фациальную модель, наиболее полно отражающую особенности процессов накопления карбонатных осадков в мелководных шельфовых (перикратонных) бассейнах. Седиментация в таких бассейнах вследствие их мелководности сильно зависит от расчлененности рельефа дна.

В ходе работ [3, 7, 8] доказано, что при моделировании резервуаров складчато-надвиговых зон необходимо учитывать фактор тектонического стресса, так как карбонатные породы весьма подвержены изменениям гидродинамических обстановок и связанных с ним гидрохимических условий залегания толщ. Формирование залежей углеводородов в осадочных бассейнах обусловлено в значительной степени процессами эпигенеза, а переформирование залежей и формирование сложных резервуаров — преимущественно тектогенезом и эпигенезом наложенного типа. В связи с этим основное внимание уделялось исследованию эпигенетических стадийальных и наложенных изменений пород по керну скважин, вскрывших эти надвиговые зоны. В ходе этих исследований был выделен ряд диагностических признаков, позволяющих судить о преобладающем характере тектонических режимов (сжатия или растяжения), характере эпигенетических процессов (тип эпигенеза) и их влияния на коллекторские свойства пород. Татьяна Викторовна показала, что различия в морфологии, структуре и характере соотношения слагающих

породы слоевых единиц в конечном счете проявляются в структуре пустотного пространства и фильтрационно-емкостных свойствах коллекторов. Помимо тектурно-структурных особенностей, закладывающих основу первичной пористости осадков, условия осадконакопления и особенности бассейна седиментации — его типа и характера развития, определялись трансформации этого первичного пустотного пространства на разных стадиях литогенеза. Особенности силурий-

Начало трудовой деятельности Т. В. Майдль в Институте геологии (1976 г.)

Beginning of T. V. Maydl's career at the Institute of geology (1976)

ско-раннедевонского бассейна проявились также в значительном негативном влиянии факторов и процессов на формирование и сохранение коллекторских свойств пород. В своих работах Татьяна Викторовна показала, что к факторам, действующим уже на ранних стадиях диагенеза, относятся повышенное содержание глинистой составляющей, значительное количество карбонатного ила (микрита), высокое содержание в осадке микроорганизмов, приводящих к микритизации карбонатных зерен, изменение структуры осадка, в том числе и биотурбация, ранняя цементация зернистых прослоев. Были выявлены также и другие негативные факторы, до настоящего времени мало исследованные, однако существенно понижающие пористость и проницаемость коллекторов. К ним можно отнести процессы глинизации палеокарстовых пустот и трещин в районах, подверженных воздействию предфранского размыва, и разрушения коллекторов вследствие дилатансии [7, 9].

Татьяна Викторовна активно использует новые методы, в частности современный метод компьютерной микротомографии, для изучения пустотного пространства коллекторов [2, 5]. Для выбора эффективного метода разработки месторождений на территории со сложным тектоническим строением весьма актуальным является разработка адекватной фильтрационной модели, которая невозможна без исследования геометрии пустотного пространства. С этой целью Т. В. Майдль были поставлены исследования пустотного пространства двух групп характерных литотипов. Первая группа характеризует коллекторы из надвиговых зон (Адакская площадь), вторая — более стабильные территории (Средне-

Т. В. Майдль на р. Падымейтивис (1982 г.)

T. V. Maydl in the field trip at the Padimeityvis river (1982)

макарихинская площадь). В ходе исследований было установлено, что фациальный аспект определяется зависимостью характера первичной пористости и проницаемости породы от количества и характера слагающих ее компонентов осадка. Т. В. Майдль показала, что наилучшими коллекторскими свойствами обладают породы с высокой долей граноморфных (форменных) компонентов и структурой грейстоунов-пакстоунов. Породы с преобладанием микробияльного и пелитоморфного компонентов и структурой вакстоунов и мадстоунов, как правило, характеризуются низкой пористостью.

В результате проведенных исследований Татьяне Викторовне удалось показать, что структура пустотного пространства нижнепалеозойских отложений региона определяется условиями осадконакопления и характером постседиментационных преобразований. В то же время наиболее сильное негативное влияние на формирование емкостных и фильтрационных свойств оказывают такие вторичные процессы, как перекристаллизация с увеличением размера зерен, доломитизация, выщелачивание, стилолит- и трещинообразование, пиритизация, реже сульфатизация, кремнеение и кальцитизация. Большинство из них приводят к уплотнению пород и потере первичной пористости.

Заключение

Одним из важнейших результатов работ Т. В. Майдль является выявление связи условий формирования и постседиментационных преобразований с емкостными и фильтрационными свойствами пород в отложениях нижнего палеозоя севера Тимано-Печорской провинции. В процессе проведенных исследований предложены площади, перспективные для проведения поисковых и разведочных работ, где могут быть выявлены интервалы пород с улучшенными коллекторскими свойствами, в частности Усино-Кушшорская, Салюкинская, Среднемакарихинская, Адакская и Воргамусюрская.

В настоящее время в активное освоение вовлечены запасы только пяти нефтегазоносных комплексов

(НГК) осадочного чехла Тимано-Печорской провинции. При этом выработанность начальных извлекаемых запасов (НИЗ) как нефти, так и свободного газа по каждому из этих комплексов различная. Что касается O_2-D_1 -карбонатного НГК, его выработанность довольно низкая — 14.4 % от начальных извлекаемых запасов. На его долю приходится 31.3 % извлекаемых запасов нефти, находящихся на государственном балансе в Республике Коми, причем они сконцентрированы в 18 месторождениях, среди которых Салюкинское, Среднемакарихинское и ряд других.

Этот комплекс является резервом для увеличения объемов добычи нефти в Тимано-Печорской провинции, несмотря на сложное геологическое строение и значительную глубину залегания. Изучению именно этого комплекса и посвящены многолетние исследования Т. В. Майдль.

Исследования Татьяны Викторовны Майдль имеют поистине огромное значение, ее вклад в изучение условий образования и размещения карбонатных резервуаров нижнепалеозойского карбонатного комплекса Тимано-Печорской провинции трудно переоценить. Полученные ею результаты могут быть использованы при проведении поисковых и разведочных работ, а также позволят создать более корректную фильтрационно-емкостную модель строения резервуара, способствуя созданию рациональной системы разработки залежей углеводородов.

Литература

1. Безносова Т. М., Лукин В. Ю., Мянник П., Майдль Т. В., Матвеев В. А. Условия осадконакопления и биота на рубеже лlandoвер и венлока (поднятие Чернова) // Вестник ИГ Коми НЦ. 2014. № 3. С. 14–18.
2. Даныщикова И. И., Майдль Т. В., Журавлев А. В., Стеценко Е. О., Филиппов В. Н. Микроморфология пустотного пространства в карбонатных коллекторах на севере Тимано-Печорской провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2017. Т. 12. № 1. DOI: http://www.ngtp.ru/rub/2/5_2017
3. Даныщикова И. И., Майдль Т. В., Митюшева Т. П. Эпигенетические изменения карбонатных пород и их связь с химическим составом воды в верхнеордовикско-нижнедевонском нефтегазоносном комплексе гряды Чернышева и восточного борта Хорейверской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 4.
4. Даныщикова И. И., Майдль Т. В. Условия формирования пород-коллекторов силурийских отложений центральной части гряды Чернышева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 2. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/20_2019
5. Даныщикова И. И., Майдль Т. В., Журавлев А. В., Рязанов К. П. Структура пустотного пространства в силурийских карбонатных породах северо-востока Тимано-Печорской провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15. № 3. http://www.ngtp.ru/rub/2020/32_2020.html
6. Котик И. С., Майдль Т. В., Котик О. С., Пронина Н. В. Нефтегазоматеринские отложения силура поднятия Чернова (Тимано-Печорский бассейн) // Георесурсы. 2020. Т. 22. № 3. С. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs/2020.3.12-20>
7. Майдль Т. В., Даныщикова И. И. Роль тектогенеза в формировании коллекторов нижнепалеозойских карбонатных отложений в центральной части поднятия Чернышева // Вестник ИГ Коми НЦ. 2015. № 10. С. 3–10.

8. **Майдль Т. В.,** Лютое В. П., Даньщикова И. И., Головатая О. С. Использование электронного парамагнитного резонанса для выявления признаков тектонических преобразований в карбонатных породах надвиговых зон (на примере силурийско-ордовикских отложений скв. 1-Адакская, центральная часть гряды Чернышева) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 2. С. 29–40. DOI: 10.19110/2221-1381-2017-2-29-40

9. **Майдль Т. В.,** Жемчугова В. А., Наумчев Ю. В. Геохимические предпосылки выделения предфранского несогласия в девонском разрезе Тимано-Печорского осадочно-порodного бассейна // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2018. № 9. С. 30–38. DOI: 10.19110/2221-1381-2018-9-30-38

10. **Тимонина Н. Н., Майдль Т. В.,** Рябинкина Н. Н., Котик И. С., Котик О. С., Даньщикова И. И. Перспективы развития сырьевой базы нефтегазовой отрасли Тимано-Печорской провинции // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 4. С. 12–24.

11. Soroka Elena; Leonova Lyubov; Pritchkin Mikhail; **Maidl Tatyana.** Fossil Algae as Indicators of the Depositional Environment // Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017: Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. — Filodiritto International Proceedings, Bologna, Italy. P. 320–324. http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=OneClickSearch&qid=14&SID=D6TGsnt197Vyp6dY2y2&page=5&doc=43

References

1. Beznosova T. M., Lukin V. Yu., Myannik P., **Maydl T. V.,** Matveyev V. A. *Usloviya osadkonakopleniya i biota na rubezhe llandovery i venloka (podnyatiye Chernova)* (Sedimentation conditions and biota at the boundary between Llandovery and Venlock (Chernov Swell)). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2014, No. 3, pp. 14–18.

2. Danshchikova I. I., **Maydl T. V.,** Zhuravlev A. V., Stetsenko Ye. O., Filippov V. N. *Mikromorfologiya pustotnogo prostranstva v karbonatnykh kolektorakh na severe Timano-Pechorskoy provintsii* (Micromorphology of void space in carbonate reservoirs in the north of the Timan-Pechora province). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2017, V. 12, No. 1. DOI: http://www.ngtp.ru/rub/2/5_2017

3. Danshchikova I. I., **Maydl T. V.,** Mityusheva T. P. *Epigene-ticheskiye izmeneniya karbonatnykh porod i ikh svyaz s khimicheskimi sostavom vody v verkhneordoviksko-nizhnedevonskom neftegazonosnom komplekse gryady Chernysheva i vostochnogo borta Khoreyverskoy vpadiny* (Epigenetic changes in carbonate rocks and their relationship with the chemical composition of water in the Upper Ordovician-Lower Devonian oil and gas complex of the Chernyshev ridge and the eastern side of the Khoreyver depression). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2019, V. 14, No. 4 http://www.ngtp.ru/rub/2019/44_2019.

4. Danshchikova I. I., Maydl T. V. *Usloviya formirovaniya porod-kollektorov siluriyskikh otlozheniy tsentral'noy chasti gryady Chernysheva* (Conditions for the formation of reservoir rocks of the Silurian deposits in the central part of the Chernyshev ridge).

Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2019, V. 14, No. 2 DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/20_2019

5. Danshchikova I. I., **Maydl T. V.,** Zhuravlev A. V., Ryazanov K. P. *Struktura pustotnogo prostranstva v siluriyskikh karbonatnykh porodakh severo-vostoka Timano-Pechorskoy provintsii* (The structure of the void space in the Silurian carbonate rocks of the northeast of the Timan-Pechora province). *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2020, V. 15, No. 3 http://www.ngtp.ru/rub/2020/32_2020.html

6. Kotik I. S., Maydl T. V., Kotik O. S., Pronina N. V. *Neftegazomaterinskiye otlozheniya silura podnyatiya Chernova (Timano-Pechorskiy basseyn)* (Oil and gas source sediments of the Silurian uplift of Chernov (Timan-Pechora basin)). *Georesursy* (Georesources), 2020, V. 22, No. 3, pp. 12–20 DOI: <https://doi.org/10.18599/grs/2020.3.12-20>

7. **Maydl T. V.,** Danshchikova I. I. *Rol tektonogeneza v formirovani kolektorov nizhnepaleozoyskikh karbonatnykh otlozheniy v tsentralnoy chasti podnyatiya Chernysheva* (The role of tectogenesis in the formation of reservoirs of the Lower Paleozoic carbonate deposits in the central part of the Chernyshev uplift). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2015, No. 10, pp. 3–10.

8. **Maydl T. V.,** Lyutovoyev V. P., Danshchikova I. I., Golovataya O. S. *Ispolzovaniye elektronnoy paramagnitnoy rezonans dlya vyyavleniya priznakov tektonicheskikh preobrazovaniy v karbonatnykh porodakh nadvigovykh zon (na primere siluriysko-ordovikskikh otlozheniy skv. 1-Adakskaya, tsentralnaya chast gryady Chernysheva)* (The use of electron paramagnetic resonance to identify signs of tectonic transformations in carbonate rocks of thrust zones (on the example of the Silurian-Ordovician deposits of the 1-Adakskaya well, the central part of the Chernyshev ridge)). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2017, No. 2, pp. 29–40 DOI: 10.19110/2221-1381-2017-2-29-40

9. **Maydl T. V.,** Zhemchugova V. A., Naumchev Yu. V. *Geokhimicheskiye predposylki vydeleniya predfranskogo nesoglasiya v devonskom razreze Timano-Pechorskogo osadochno-porodnogo basseyna* (Geochemical prerequisites for identifying the pre-Frank unconformity in the Devonian section of the Timan-Pechora sedimentary-rock basin). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2018, No. 9, pp. 30–38 DOI: 19110/2221-1381-2018-9-30-38

10. Timonina N. N., **Maydl T. V.,** Ryabinkina N. N., Kotik I. S., Kotik O. S., Danshchikova I. I. *Perspektivy razvitiya syryevoy bazy neftegazovoy otrasli Timano-Pechorskoy provintsii* (Prospects for the development of the raw material base of the oil and gas industry of the Timan-Pechora province). Proceedings of Komi SC UB RAS, 2018, No. 4, pp. 12–24.

11. Soroka E., Leonova L., Pritchkin M., **Maydl T.** Fossil Algae as Indicators of the Depositional Environment. Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017: Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources. Filodiritto International Proceedings, Bologna, Italy, pp. 320–324 http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=OneClickSearch&qid=14&SID=D6TGsnt197Vyp6dY2y2&page=5&doc=43.

Поступила в редакцию / Received 11.01.2021