

Закономерности строения месторождений нефти и газа в фундаменте Кыулонгского бассейна (Вьетнам)

Е.Ю. Горюнов

к.г.-м.н., доцент

eyugoryunov@yandex.ru

М.Х. Нгуен

аспирант

nguyenminhhoa1988@gmail.com

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

Месторождения углеводородов, обнаруженные в трещиноватых и выветриваемых породах фундамента, рассматриваются как нетрадиционные ресурсы нефти и газа. В данной статье на основе анализа и обобщения геолого-геофизических данных по месторождениям углеводородов в Кыулонгском бассейне (Белый Тигр, Дракон) выявлены общие черты их строения, которые могут использоваться в качестве признаков прогнозирования нефтегазоносности подобных структур фундамента на еще не разбуренных территориях. Показано решающее влияние неотектонических нарушений на начальный дебит и накопленную добычу эксплуатационных скважин на месторождении Белый Тигр.

Материалы и методы

Данные 3D сейсмоки по структурам Белого Тигра и Дракона, данные по начальным дебитам эксплуатационных скважин и накопленной добычи месторождения Белый Тигр. Структурный и палеотектонический анализ геологического строения шельфа южного Вьетнама и, в частности, Кыулонгского бассейна и разведанных здесь месторождений углеводородов по имеющимся материалам и литературным данным.

Ключевые слова

нефтегазоносность фундамента, Белый Тигр, Дракон, Кыулонгский бассейн, тектоническая активность

На сегодняшний день одной из активно обсуждаемых проблем геологии нефти и газа является промышленная нефтегазоносность фундамента. На всех континентах и в большинстве акваторий уже открыты месторождения нефти и газа в образованиях фундамента. По всему миру известно уже более 450 месторождений с промышленными скоплениями нефти, газа, конденсата в фундаменте 54 нефтегазоносных бассейнов мира [2, 3].

Скопления углеводородов в массивных трещинных магматических и метаморфических породах приурочены к погребенным выступам фундамента, разбитым разломами на блоки.

Многие открытия скоплений углеводородов в магматических и метаморфических породах свидетельствуют в пользу того, что кристаллический фундамент должен стать самостоятельным объектом для поисков нефти и газа, но для повышения эффективности поисковых работ необходима выработка методических приемов целенаправленного обнаружения залежей нефти и газа. Одним из таких методов является сравнительный анализ геологического строения открытых месторождений и перспективных территорий.

Наиболее изученные в геологическом отношении месторождения в кристаллическом фундаменте расположены в Кыулонгском бассейне на южном побережье Вьетнама.

К настоящему времени на шельфе южного Вьетнама открыт целый ряд месторождений нефти и газа в фундаменте: Белый Тигр, Дракон, Южный Дракон — Доймой, Золотой Лев, Желтый Туец и др. Месторождения расположены в Кыулонгском бассейне (рис. 1). На этих месторождениях проведен

значительный объем сейсморазведочных работ МОГТ-ЗД и поисково-разведочного бурения.

Перед авторами стояла задача обобщить имеющиеся данные по этим месторождениям и на этой основе выработать поисковые критерии или признаки для целенаправленного поиска подобных скоплений углеводородов в фундаменте этого и других регионов. Решение этой задачи важно не только для изучения перспектив слабоизученных районов и площадей, но и для оценки целесообразности вскрытия фундамента на большие глубины под известными, даже небольшими залежами в осадочном чехле, с целью обнаружения под ними скоплений углеводородов. Наибольшее число открытых месторождений расположено в Кыулонгском бассейне.

Здесь самым крупным, с запасами более 500 млн т, является нефтяное *месторождение Белый Тигр*. На месторождении залежи нефти выявлены как в терригенных отложениях нижнего миоцена, верхнего и нижнего олигоцена, так и в трещиновато-кавернозных магматических породах фундамента. При этом фундамент является основным нефтеносным объектом, имеющим высокопродуктивные, массивные залежи.

Месторождение приурочено к Центральной зоне поднятия Кыулонгского бассейна Зондского шельфа, разделяющей впадину на две отрицательные структуры II порядка: Восточную и Западную. Структура месторождения Белый Тигр представляет собой крупный и сложно-построенный массив надвигового типа, вертикальной амплитудой около 1400 м с размерами 28 х 6 км, протянувшийся в северо-восточном направлении в соответствии с общим структурно-тектоническим

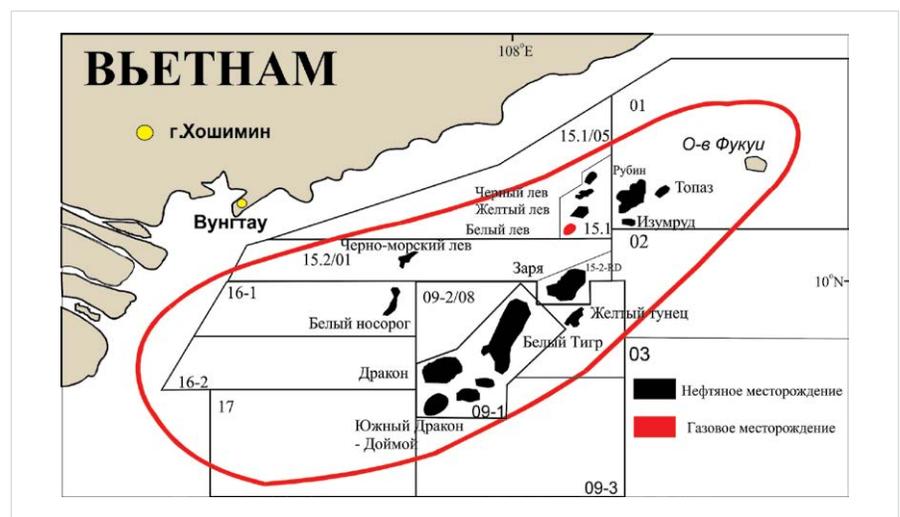


Рис. 1 — Основные нефтегазовые месторождения Кыулонгского бассейна (составил Нгуен М.Х., 2017 г).

Fig. 1 — The major oil and gas fields in Cuu Long basin (composed by Nguen M.H., 2017)

планом этого участка шельфа южного Вьетнама и состоящий из трех сводов (блоков): Северного, Центрального и Южного. Из них наиболее приподнятый — Центральный, с размером блока 12 x 5 км (рис. 2), в пределах которого расположены самые высокодебитные скважины. Блоки отделены друг от друга высокоамплитудными разломами северо-восточного простирания. Тектоническая нарушенность фундамента отмечается и внутри блоков. Часть разломов прослеживается в осадочном чехле, где их амплитуда и протяженность уменьшается. Наиболее важными структурообразующими считаются палеогеновые нарушения, трассируемые не только в промежуточном комплексе, но и в фундаменте. Им принадлежит роль в формировании структуры и трещиноватости в породах фундамента.

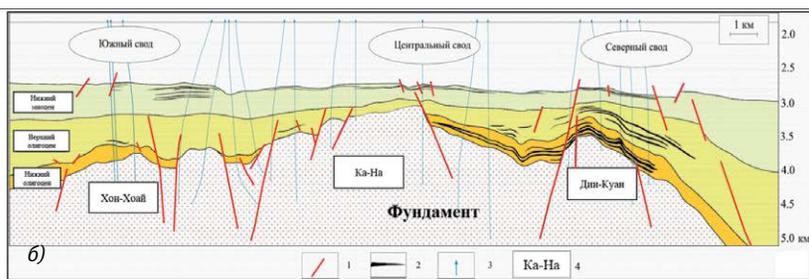
На месторождении Белый Тигр фундамент представлен магматическими полнокристаллическими породами с дайками диабазовых

и андезитобазальтовых порфиров и характеризуется петрофизической неоднородностью. По данным радиологических определений абсолютный возраст кристаллических пород фундамента изменяется от 86–118 до 130–250 млн лет (от нижнего мела до юры-триаса) [2]. На фундаменте с угловым и стратиграфическим несогласием залегают осадочные терригенные отложения олигоцена, частично компенсирующие неровности подстилающего рельефа фундамента.

Нефтедержащими являются трещиновато-кавернозные коллекторы, в которых пустотное пространство представлено трещинами, изометрическими пустотами и структурной (блоковой) пустотностью. Фильтрационно-емкостные свойства (далее — ФЕС) трещиноватых пород фундамента достаточно полно охарактеризованы данными анализов керн и по результатам ГИС. Среднее значение общей пористости пород фундамента варьирует от 4 до 6% [4].

Изучение ФЕС пород фундамента на месторождении Белый Тигр показало, что наряду с тектонической раздробленностью, важное значение в формировании пустотного пространства играли гидротермальные процессы, которые активно проявлялись в породах фундамента и привели также к образованию многих вторичных минералов: кварца, хлорита, лимонита, кальцита, пирита, каолинита, цеолита, которые частично выполняют вторичные пустоты. Результатом гидротермальных процессов, циркуляции растворов, явилось не только заполнение их вторичными минералами: кальцитом и цеолитом, но и расширение существующих трещин, выщелачивание. Такое многообразие процессов образования пустотности предопределило высокую неоднородность ФЕС резервуара фундамента.

Флюидоупорами для скоплений углеводородов в фундаменте Белого Тигра служат либо аргиллитовые (иногда вулканогенные) толщи нижнего (Северный участок) и



б) Схематический геологический разрез месторождения Белый Тигр [6]:

- 1) тектонические нарушения;
- 2) залежи углеводородов в осадочном чехле;
- 3) скважины;
- 4) магматические комплексы

а) Структурная карта кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр [7]

Рис. 2 — Структурная карта кристаллического фундамента и геологический разрез месторождения Белый Тигр
Fig. 2 — Structure map of crystalline basement and geological section of the White Tiger field

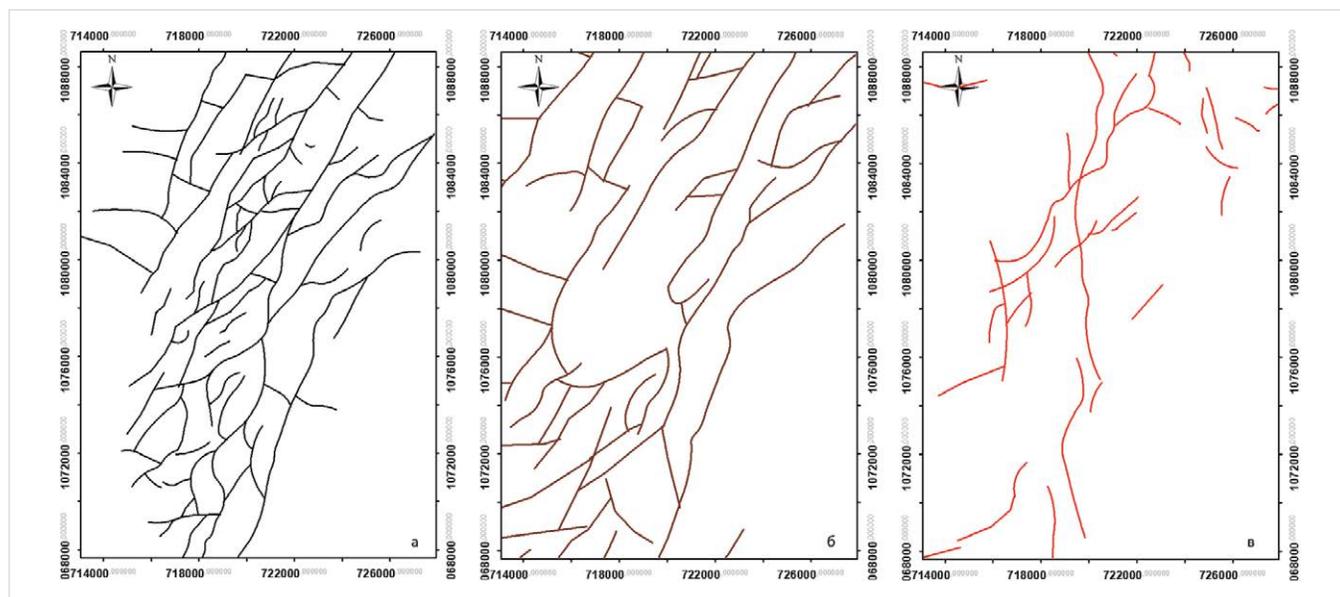


Рис. 3 — Карты систем тектонических нарушений на месторождении Белый Тигр: а) по кровле фундамента; б) по кровле нижнего олигоцена; в) по кровле песчано-алевролитовой пачки в нижнем миоцене
Fig. 3 — Maps of faults system at the White Tiger field: а) on the top of basement; б) on the top of lower Oligocene; в) on the top of sandy-siltstone bundle in the lower Miocene

верхнего олигоцена (Центральный участок), либо плотные разности пород в кровле фундамента. Покрышка в пределах Центрального участка имеет мощность не менее 20–30 м, а на северном участке достигает 40–60 м [1].

Важнейшим условием формирования залежей в породах фундамента является наличие коллекторов и их качество, которые определяют как общий объем нефти и газа в залежах, так и ФЕС в процессе последующей эксплуатации.

В связи с этим в процессе изучения месторождений авторами был использован комплекс геофизических методов выявления и картирования особенностей геологического строения, контролирующих нефтегазонасыщенность пород фундамента, включающий методы интерпретации сейсмических данных, такие как выделение систем дизъюнктивных нарушений и зон трещиноватости на основе анализа сейсмических атрибутов, а также

анализ геологических факторов, контролирующих дебитность скважин.

По сейсмическим материалам были прослежены тектонические разломы и дана их классификация по времени их заложения и развития. Выделено три системы разломов: относительно древние разломы (прослеживаются только внутри фундамента, разломы, прослеживаемые как в фундаменте) так и в осадочных отложениях олигоцена, но не выходящие за его пределы и самые молодые разрывные нарушения, наблюдаемые от фундамента до миоцена и четвертичных отложений (рис. 3).

Как показал анализ, к молодым активным разломам приурочены зоны разуплотнения. Эти зоны являются основными местами запасов углеводородов и скважины, вскрывшие их, характеризуются значительными устойчивыми в течение длительного времени дебитами (рис. 4, 5).

Из полученных карт видно, что скважины с высокими начальными дебитами и значительной накопленной добычей расположены вблизи системы неотектонических разломов. Исходя из этого можно предположить, что последние с одной стороны контролируют зоны разуплотнения в теле гранитного массива, являющиеся коллекторами, а с другой — могут служить каналами поступления углеводородов в зоны коллекторов.

Вторым крупным месторождением является *месторождение Дракон*, которое расположено в пределах срединного поднятия Кыулонского бассейна. Площадь Дракон, находящаяся в ряду линейно прослеживаемых с юго-запада на северо-восток структур третьего порядка, таких как Белый Тигр и Заря, входит в состав горста Центрального поднятия (структура II порядка). Площадь Дракон включает в себя семь крупных выступов фундамента и соответствующих им

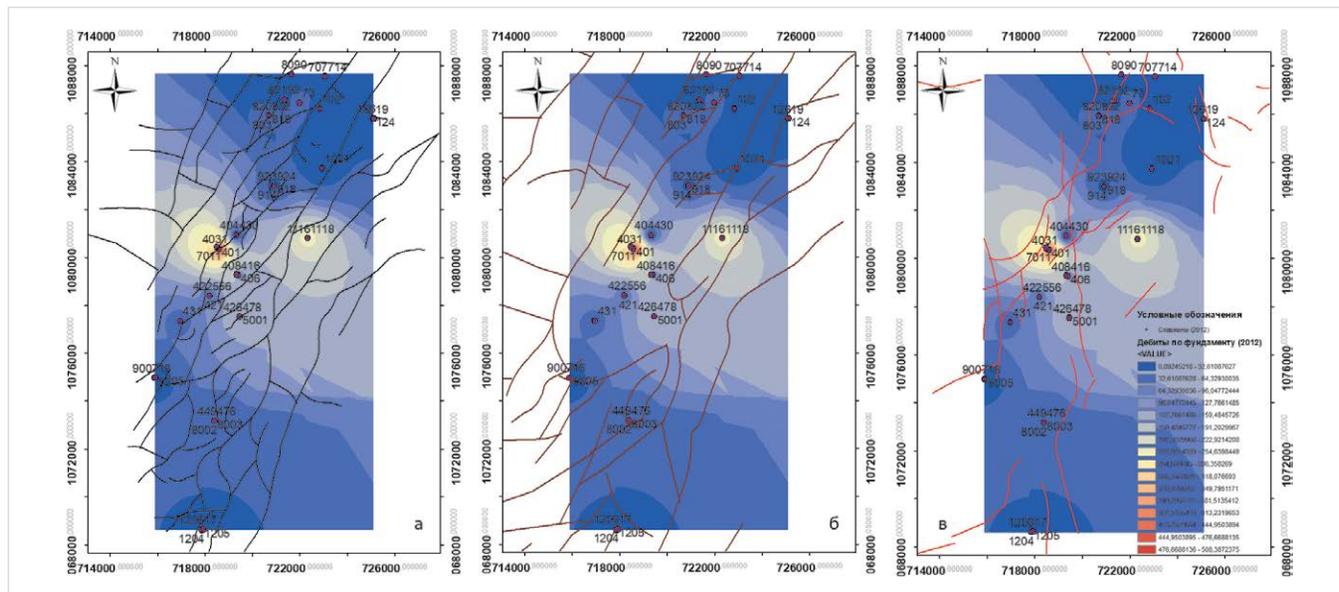


Рис. 4 — Карты начальных дебитов эксплуатационных скважин по фундаменту месторождения Белый Тигр с разновозрастными системами разломов: а) разломы в фундаменте; б) разломы в нижнем олигоцене; в) разломы в нижнем миоцене
 Fig. 4 — Maps of initial flow rates of production wells on the basement of the White Tiger field with different age fault systems: a) faults in the basement; b) faults in the lower Oligocene; c) faults in the lower Miocene

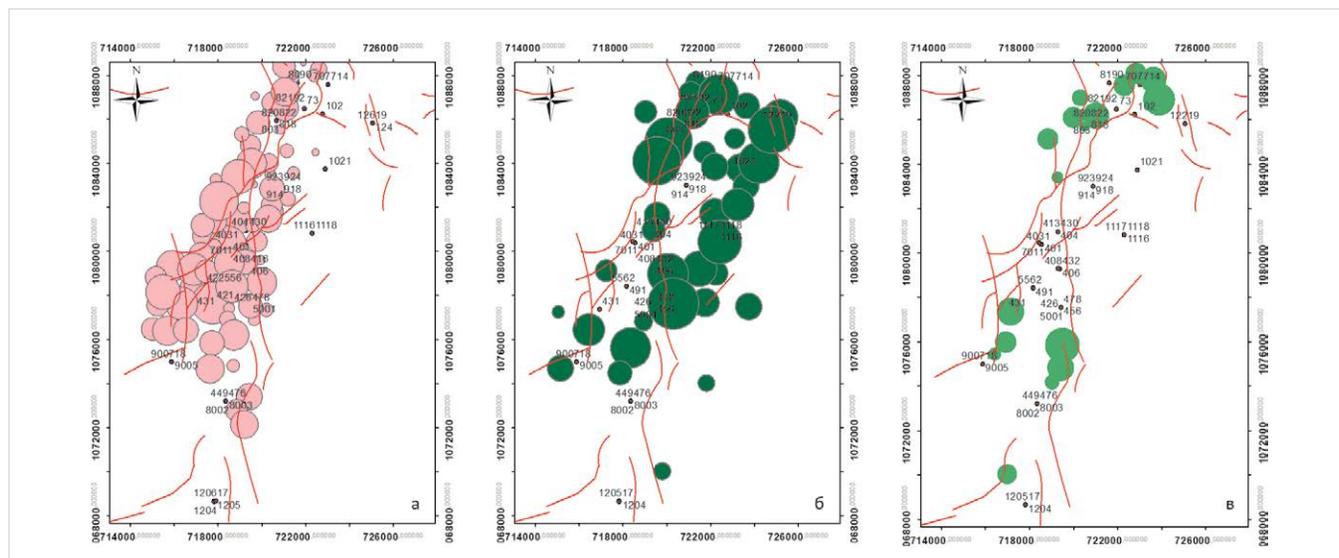


Рис. 5 — Карты накопленной добычи по эксплуатационным скважинам (2011г.), вскрывшим залежи: а) в фундаменте; б) в нижнем олигоцене; в) в нижнем миоцене. (показаны разломы в нижнем миоцене)
 Fig. 5 — Maps of accumulated production at production wells (2011), which revealed the deposits: a) in the basement; b) in the lower Oligocene; c) in the lower Miocene (faults in the lower Miocene are shown)

антиклинальных поднятий в осадочном чехле: Северо-восточный, Восточный, Центральный, Седловина, Юго-восточный, Северо-Западный и Южный Дракон — Доймой (рис. 6).

Как и на месторождении Белый Тигр, важными элементами тектонического строения Дракон являются многочисленные дизъюнктивные нарушения разных порядков. Они делят район на множество блоков, создающих мозаичную структуру площади. Количество разрывных нарушений, их протяженность и амплитуды уменьшаются снизу-вверх по разрезу (рис. 7).

В фундаменте выделяется несколько систем разрывных нарушений: северо-восточного, северо-западного, субмеридионального простирания и субширотного, запад-северо-западного простирания, которые создают сложную картину разбитости структуры. Такая разбитость отчетливо проявляется и на сейсмических разрезах, и на структурной карте по кровле фундамента. Отметим, что часть разломов так же, как и на Белом Тигре, прослеживаются в верхней части осадочного чехла, что свидетельствует об их неотектонической активности.

Так же, как на Белом Тигре, на этом месторождении нефтеносность связана преимущественно с трещиновато-кавернозными породами кристаллического фундамента, сложенного магматическими (гранитоиды) и метаморфическими (гнейсы) комплексами. В нижнемиоценовых, верхнеолигоценовых и нижнеолигоценовых отложениях также выявлены залежи нефти, запасы которых незначительны.

В гранитоидном массиве фундамента коллекторами служат разуплотненные зоны трещинного и каверно-трещинного типов,

открытая пористость которых изменяется в интервале 0,18–11,03 % (среднее — 2,05%). Покрышкой являются глинистые отложения олигоцена, залегающие с угловым и стратиграфическим несогласием на эродированной поверхности фундамента.

ФЕС пород фундамента в значительной степени зависят от заполнения трещин вторичными минералами. Как правило, макротрещины залечены кальцитом, цеолитом, хлоритом, реже кварцем.

На месторождении Дракон залежи нефти и газоконденсата установлены в терригенных отложениях нижнего миоцена, верхнего и нижнего олигоцена и в трещиновато-кавернозных породах фундамента. Высокопродуктивные залежи нефти приурочены, в основном, к трещиновато-кавернозному фундаменту. В трещиноватых породах фундамента месторождения Дракон залежь нефти установлена на всех трех участках: Северо-Восточном, Восточном и Центральном.

Результат

На основе изучения геологического строения основных месторождений нефти в фундаменте Кыулонгского бассейна, таких как Белый Тигр, Дракон с целью выработки критериев или методических приемов их целенаправленного прогнозирования, отмечены общие черты строения рассмотренных нефтегазовых месторождений [8, 9]:

1. Все месторождения приурочены к выступам фундамента — структурным ловушкам;
2. Все месторождения расположены в пределах Кыулонгского бассейна, образование которого обусловлено кайнозойским рифтогенезом;

3. Основные запасы нефти и газа сосредоточены в фундаменте. Запасы залежи в осадочном чехле имеют чаще подчиненную значимость;
4. Все месторождения характеризуются блоковым строением пород фундамента;
5. На всех месторождениях отмечается интенсивное развитие тектонических нарушений и зон разуплотнения. Большинство залежей углеводородов, открытых в породах кристаллического фундамента приурочено к зонам развития разуплотненных трещинных, трещинно-кавернозных и трещинно-каверново-поровых пород-коллекторов;
6. Характерной общей чертой месторождений является неотектоническая активность, проявляющаяся в деформированности осадочных пород неоген-четвертичного возраста в виде малоамплитудных антиклиналей и малоамплитудных разрывных нарушений. На Белом Тигре главную роль в контроле за дебитами скважин и объемом накопленной добычи играют системы неотектонических разломов. Вероятно, они играли существенную роль при формировании зон разуплотнения и миграции углеводородов. Таким образом, неотектоническая активность систем разломов, фиксируемая по сейсмическим данным, может рассматриваться как одни из основных поисковых признаков;
7. Наличие флюидоупоров в верхней части пород фундамента или базальных горизонтах перекрывающего осадочного чехла;
8. На всех месторождениях широко развиты гидротермальные процессы в породах фундамента.

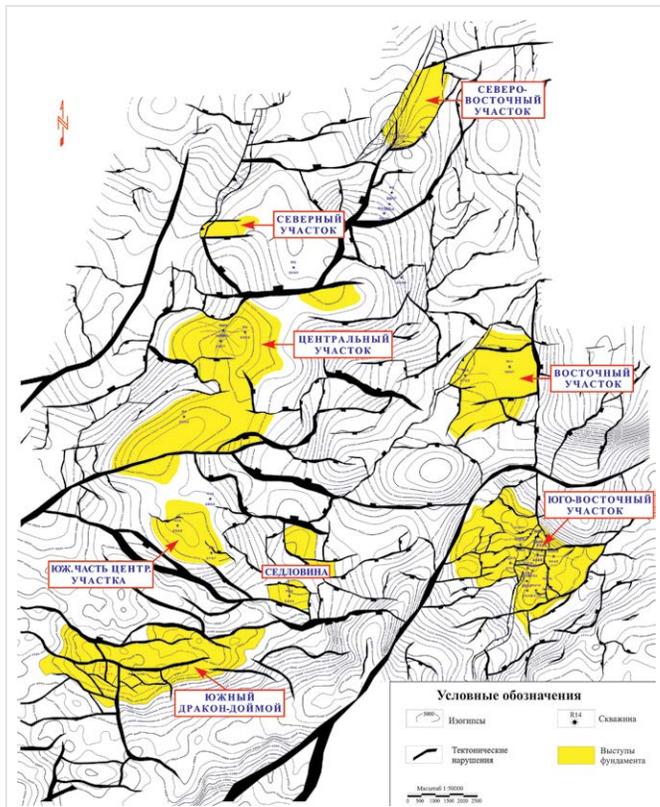


Рис. 6 — Структурное районирование месторождения Дракон [10]
Fig. 6 — Structural zoning of the Dragon field

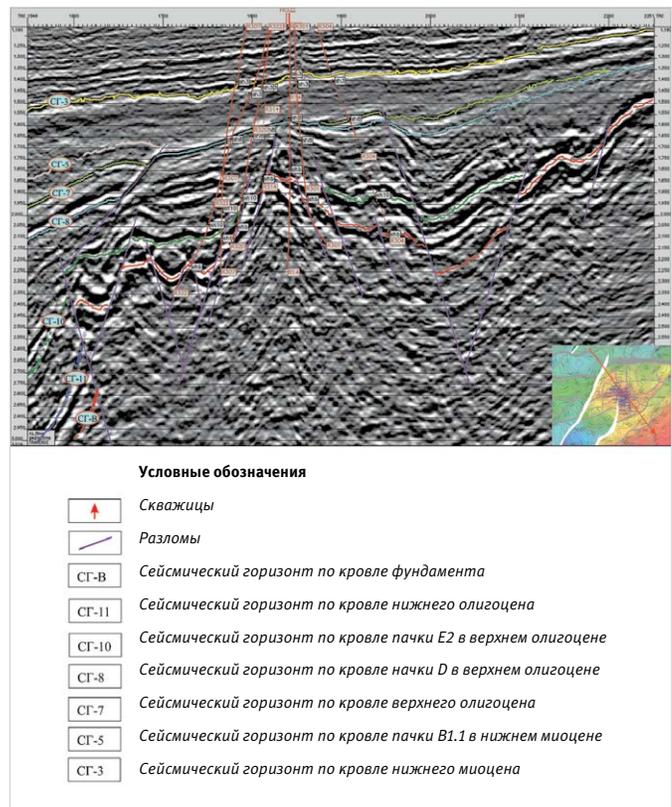


Рис. 7 — Поперечный сейсмический профиль через скважины R312, 310, 325B... структуры Юго-Восточный Дракон (составил Нгуен М.Х., 2017 г. по данным «Вьетсовпетро»)
Fig. 7 — Cross seismic section through wells R312, 310, 325B and etc. of the Southeast Dragon structure (composed by Nguen M.H. according to "Vietsovetro")

Итоги

На основе изучения геологического строения основных месторождений нефти в фундаменте Кыулонгского бассейна, таких как Белый Тигр, Дракон, с целью выработки критериев или методических приемов их целенаправленного прогнозирования, отмечены общие черты строения рассмотренных нефтегазовых месторождений.

Выводы

Исходя из этого, можно сделать вывод об универсальности выделенных признаков, которые могут рассматриваться в качестве критериев нефтегазоносности фундамента и могут быть использованы в практике нефтепоисковых работ использованы в практике нефтепоисковых работ.

Список литературы

1. Аршев Е.Г., Донг Ч.Л., Киреев Ф.А. Нефтегазоносность гранитоидов

- фундамента на примере месторождения Белый Тигр // Нефтяное хозяйство. 1996. № 8. С. 50–58.
2. Гаврилов В.П., Гулев В.Л., Киреев Ф.А. и др. Гранитоидные коллекторы и нефтегазоносность южного шельфа Вьетнама. М.: Недра, 2010. 294 с.
3. Кошляк В.А. Гранитоидные коллекторы нефти и газа, Уфа: Тау, 2002. 256 с.
4. Нго С.В. Основные процессы изменения пород фундамента Кыулонгского бассейна и их ФЕС. Научная и технологическая конференция «Нефтегазовая промышленность Вьетнама на рубеже XXI века». Ханой, 2000.
5. Нгуен М.Х. Условия образования трещиноватых коллекторов в эффузивных породах, вмещающих залежи нефти на месторождении «Дракон» (Вьетнам). XVII Международный симпозиум «Проблемы геологии и освоения недр». Томск, 2013.
6. Нгуен Х.Б. Геофизические исследования

- скважин при изучении магматических коллекторов месторождения Белый Тигр // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323. № 1. С. 27–33
7. Hoang V.Q., Pham X.S., Tran X.N., Tran D.L. Reservoir parameter evaluation for the reservoir study and modeling of fractured basement, White Tiger oil field. The 2nd International conference "Fractured basement reservoir", Vungtau, 2008.
8. Горюнов Е.Ю., Нгуен М.Х. Основные черты и закономерности строения месторождений нефти и газа в фундаменте Кыулонгской впадины (Вьетнам) // Геология нефти и газа. 2018. № 2. С. 97–103. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-97-103.
9. Шустер В.Л., Левянт В.Б., Элланский М.М. Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов). М.: Техника, 2003. 175 с.

ENGLISH

GEOLOGY

UDC 551

The regularities of the structure of the oil and gas fields in the basement of Cuu Long basin (Vietnam)

Authors:

Evgeny Yu. Goryunov — Ph.D., associate professor; eyugoryunov@yandex.ru

Minh Hoa Nguyen — postgraduate; nguyenminhhoa1988@gmail.com

Russian state geological prospecting university n.a. Sergo Ordzhonikidze, Moscow, Russian Federation

Abstract

The oil and gas reservoirs found in the weathered and fractured basement reservoir are considered as an unconventional hydrocarbon resources. The analysis and integration of geological and geophysical data on hydrocarbon fields found in the basement of the Cuu Long basin (The White Tiger, Dragon fields) has revealed the general features of their structure, which could be used to predict the potential of similar hydrocarbon accumulations. The decisive influence of neotectonic faults on the initial flow rate and accumulated production of production wells in the White Tiger field.

Materials and methods

3D seismic data on White Tiger, Dragon oil fields and the Dragon, data on initial flow rate of production well and accumulated production of White Tiger oil field. Structural and paleotectonic analysis of the geological structure of the southern Vietnam shelf including Cuu Long basin and the oil fields, based on available materials and literature data.

Results

Based on the study of the geological structure of the main oil fields in the basement of the Cuu Long basin, such as the White Tiger, the Dragon, in order to develop criteria or

methodological techniques for their targeted prediction, the general features of their oil and gas fields have been revealed.

Conclusions

Based on this, it can be concluded that the selected features are universal, which can be considered as criteria for the oil and gas potential of the basement and can be used in the practice of oil and gas prospecting and exploration.

Keywords

oil and gas potential of the basement, White Tiger, Dragon, Cuu Long basin, tectonic activity.

References

1. Areshv E.G., Dong Ch.L., Kireev F.A. *Neftegazonosnost' granitoidov fundamenta na primere mestorozhdeniya Belyy Tigr* [Oil and gas potential of the granitoids of the basement at the example of the White Tiger oil field] // *Neftyanoe khozyaystvo*, 1996, issue 8, pp. 50–58.
2. Gavrilov V.P., Gulev V.L., Kireev F.A. and others. *Granitoidnye kolektory i neftegazonosnost' yuzhnogo shel'fa V'etnama*. [Granitoidal reservoirs and hydrocarbon potential of the offshore South Vietnam]. Moscow: *Nedra*, 2010, 294 p.
3. Koshlyak V.A. *Granitoidnye kolektory nef'ti i gaza* [Granitoid collectors of oil and gas]. Ufa: *Tau*, 256 p.
4. Ngo S.V. *Osnovnyye protsessy izmeneniya porod fundamenta Kyulong'skogo basseyna i ikh FES*. [Main alteration processes of granitoid basement rocks of the Cuu Long basin and the relationship to their reservoir properties] // PetroVietnam Conference on the oil and gas industry on the Eve of 21st Century. Hanoi, 2000.
5. Nguen M.Kh. *Usloviya obrazovaniya treshchinovatykh kolektorov v effuzivnykh porodakh, vmeshchayushchikh zalezhi nef'ti na mestorozhdenii «Drakon» (V'etnam)* [Conditions for fractured reservoir formation in effusive rocks comprising oil reservoirs in the Dragon field (Vietnam)]. International Scientific Symposium "Problems of Geology and Subsurface Development". Tomsk, 2013.
6. Nguen Kh.B. *Geofizicheskie issledovaniya skvazhin pri izuchenii magmaticheskikh kolektorov mestorozhdeniya Belyy Tigr* [Well logging in magmatic reservoirs studies in the White Tiger field]. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, 2013, vol. 323, issue 1, pp. 27–33.
7. Hoang V.Q., Pham X.S., Tran X.N., Tran D.L. Reservoir parameter evaluation for the reservoir study and modeling of fractured basement, White Tiger oil field. The 2nd International conference "Fractured basement reservoir", Vungtau, 2008.
8. Goryunov E.Yu., Nguen M.Kh. *Osnovnyye cherty i zakonornosti stroeniya mestorozhdeniy nef'ti i gaza v fundamente Kyulong'skoy vpadiny (V'etnam)* [The main features and regularities of the oil and gas fields structure in the basement of Cuu Long basin (Vietnam)] // *Oil and gas geology*, 2018, issue 2, p. 97–103. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-97-103.
9. Shuster V.L., Leviant V.B., Ellanskiy M.M. *Neftegazonosnost' fundamenta (problemy poiska i razvedki mestorozhdeniy uglevodorodov)* [Oil and gas potential of the basement (problems of prospecting and exploration for hydrocarbon fields)]. Moscow: *Technika*, 175 p.