

# Нефтегазоносность кристаллического фундамента с учетом развития в нем неструктурных ловушек комбинированного типа

С.А. Пунанова

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия  
E-mail: [punanova@mail.ru](mailto:punanova@mail.ru)

Приведен краткий обзор регионов – крупных нефтегазоносных бассейнов, в которых разрабатываются в настоящее время месторождения углеводородов в отложениях кристаллического фундамента. Рассмотрены проблемы ловушек-коллекторов неантиклинального типа, как правило неструктурных, комбинированных, широко развитых в месторождениях фундамента. Озвучены существующие характерные особенности нефтей в месторождениях из кристаллического фундамента. В результате исследования отмечены все увеличивающиеся объемы мировой добычи нефти из фундаментных отложений, показана сложность выявления и классификаций ловушек в нем, и практически отсутствие оригинальности состава нефтей в фундаменте по сравнению с нефтями в вышележающих или соседствующих частях осадочного разреза.

**Ключевые слова:** кристаллический фундамент, месторождения нефти, углеводороды, комбинированные ловушки, состав нефти, нефтегазоносность

**Для цитирования:** Пунанова С.А. (2019). Нефтегазоносность кристаллического фундамента с учетом развития в нем неструктурных ловушек комбинированного типа. *Георесурсы*, 21(4), с. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.19-26>

## Введение

Проблема нефтегазоносности кристаллического фундамента занимает умы ученых и производителей уже второе столетие, так как имеет большое научное и народно-хозяйственное значение в связи с направленностью на увеличение ресурсной базы стран – производителей нефти. Состоявшаяся в сентябре 2019 года в г. Казань Международная научно-практическая конференция «Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента» вызвала огромный интерес научной общественности, свидетельствующий об актуальности и значимости заявленных проблем. Как отмечено в работе (Муслимов, Плотнокова, 2019), именно в Татарстане во второй половине 70-х гг. после получения притока глубинной газированной высокоминерализованной жидкости с глубины 5099 м в скважине 20000-Миннибаевская начато изучение кристаллического фундамента на предмет его нефтеносности. Благодаря постановке широких и комплексных исследований имеется огромный научный и производственный потенциал по этому региону.

## Регионы-страны с месторождениями углеводородных флюидов в кристаллическом фундаменте

В публикациях последних лет (Gutmanis et al., 2013; Trice, 2014; Koning, 2003, 2019) приводится общедоступная информация о резервуарах углеводородов (УВ) в трещиноватых кристаллических формациях и их ресурсах из примерно 30 стран. Отложения кристаллического фундамента являются крупными нефтяными и газовыми месторождениями в различных районах мира.

В Южной Америке месторождения в фундаменте разрабатываются в Венесуэле и Бразилии. В Северной Африке добыча нефти и газа из фундамента проводится в Марокко, Ливии, Алжире и Египте. Значительные по запасам месторождения в выступах фундамента известны в России (нефтегазоносный бассейн Западной Сибири), а также в Китае. В США наиболее значимая добыча УВ из фундамента включает ряд областей – Калифорнию (Уилмингтон и Эдисон), Канзас (Эльдорадо и Орт) и Техас (Апко). В Юго-Восточной Азии основным источником добычи нефти является Вьетнам. Недавнее большое открытие газа в трещинных гранитах третичного возраста на юге Суматры привело к активной разведке в Индонезии отложений фундамента.

Хотя отложения фундамента эксплуатировались в течение многих десятилетий, с середины 90-х гг. особенно возрос интерес к их разработке из-за ряда совокупных факторов. К ним относятся: импульс, полученный от крупных открытий во Вьетнаме и Йемене; появление современных скважинных инструментов (особенно скважинных каротажных изображений и акустического каротажа), новых сейсмических методов (например, сейсмических атрибутов поперечной волны) и сложных методов бурения. Повышение цен на нефть также способствовало проведению переоценки тех проектов бурения на фундамент, которые ранее считались высокоёмкими или неэкономичными.

Скопления нефти и газа в фундаменте открыты в залежах со значительным по мощности этажом нефтеносности и не всегда в кровле фундамента. Так, на месторождении Хьюгтон-Пенхендл (США) нефть поступает из выветрелых гранитов из интервала 458-1068 м, на месторождении Ла-Пас (Венесуэла) – из трещиноватых пород фундамента

в интервале глубин 1615-3350 м. На месторождении Ауджила-Нафура толщина нефтенасыщенной части фундамента – 450 м, на Зейт-Бейте – 330 м, на Оймаше – интервал нефтенасыщенного фундамента 3612-3850 м, на месторождении Белый Тигр этаж нефтеносности гранитоидов фундамента около 2000 м (3050-5000 м) (Шустер, 2003). В работе (Koning, 2019) приведены несколько ортодоксальных случаев мировой практики, когда месторождения в фундаменте открываются через много лет после открытия и многолетней эксплуатации осадочной толщи бассейна. Например, гигантское месторождение La Paz в Венесуэле, в котором нефть в фундаменте была обнаружена намного позже (через 30 лет) эксплуатации и добычи из вышележащих осадочных залежей. Сейчас с учетом фундамента максимальная добыча составляет 11500 bbl/d, а начальная добыча составляла в среднем 3600 bbl/d. Аналогично развивались события и на нефтяном месторождении Octongo в бассейне реки Neuquen в Аргентине, которое было открыто в 1918 году в осадочных отложениях, залегающих над фундаментом. Вторая жизнь месторождения началась лишь в конце прошлого столетия. Именно к этому времени была получена нефть из фундамента, добыча из которого составила в среднем 3000 bbl/d.

Наиболее известными примерами успешных разработок резервуаров в фундаменте являются прибрежные районы Вьетнама, где бассейн Cuu Long составляет 95 % добычи УВ в стране, а 85 % этой величины приходится на трещиноватый гранитный фундамент. Большие запасы имеет нефтегазоносный бассейн (НГБ) Западного Йемена Marib Al Jawf. Разработка меловых песчаных пластов на месторождении Khaig началась компанией SOCO в 2004 году, а уже в 2005 году компанией Hunt Oil удачно продолжилась добыча УВ флюидов из пород фундамента. Пробуренные четыре скважины на фундамент (глубины до 3383 м) показали высокие результаты (до 6500 bbl/d). Другие важные открытия были сделаны в Аргентине на месторождениях Cuuo и Neuquen. УВ флюиды здесь получены из разрушенных вулканических пород перм-триасового возраста (до 11000 bbl/d) (Gutmanis et al., 2013; Koning, 2003).

### **Тип ловушек, преобладающий в месторождениях кристаллического фундамента**

Оценка перспектив нефтегазоносности невозможна без изучения формирования и структуры ловушек. Как показывает мировая практика нефтегазопроисследовательских работ, на комбинированные ловушки приходится почти в 5 раз больше залежей, чем на коллекторы – вместилища УВ, контролируемые одним ведущим фактором (литологическим, стратиграфическим, тектоническим, геодинамическим, гидрогеологическим и др.). О значении оценки характера (типа) ловушек и их перспективности с точки зрения ресурсов свидетельствуют многолетние исследования, проведенные группой специалистов (Dolson et al., 2018). Авторы показывают значимость в мировых запасах УВ сырья открытия месторождений с ловушками различного происхождения: комбинированных, стратиграфических, структурных. Причем ловушки, названные как «неизвестные» («unknown»), выделены в особый тип, который пока не нашел классификационного термина. Скорее

всего имеются в виду «ловушки» сланцевых формаций, клиноформных структур, а также ловушки в выступах кристаллического фундамента, если в результате выветривания последние служат резервуаром углеводородов.

Основу методики поисков залежей нефти и газа в сложнопостроенных ловушках представляет интерпретация данных сейсморазведки МОГТ, выполненной в соответствии с современными требованиями геологоразведочных работ в комплексе с материалами бурения, и ГИС, базирующаяся на сейсмогеологическом анализе. При поисках и разведке залежей нефти и газа в ловушках сложно экранированного типа, в т. ч. неантиклинального строения, комплексирование геологических и геофизических методов и рациональная последовательность их применения имеет не меньшее, а, по-видимому, еще большее значение, чем при поисках структурных объектов. Прогнозирование и последующее обнаружение залежей УВ в ловушках рассматриваемого типа является более трудоемким научным поиском, в процессе которого используются и обобщаются под определенным углом зрения все имеющиеся геолого-геофизические материалы. Трехмерная сейсмика с высоким разрешением помогает определять наилучшее местоположение для оптимального пересечения трещиноватых или выветрелых пород фундамента (Крупин, Рыкус, 2011; Окнова, 2012; Petroleum Geology..., 2018).

Долгое время при постановке геологоразведочных работ коллектора в породах фундамента были недооценены. Однако в различных регионах мира скопления нефти и газа в породах фундамента открыты и промышленно разрабатываются. УВ аккумулируются в интрузивных, эффузивных, метаморфических и катакластических породах фундамента с вторичной пористостью. Катаклазиты (связанные с разломами породы, которые образуются при хрупких деформациях при высоких значениях давления) обладают высокой вторичной пористостью. Процесс образования катаклазитов играет важную роль в тотальной вторичной пористости деформированных пород фундамента. Наличие коллекторов нефти и газа в метаморфических и магматических породах является общепризнанным фактом; очевидно, наступило время считать катакластические породы в качестве коллекторов при постановке геологоразведочных работ (Morariu, 2012).

Как считает ряд исследователей (Дмитриевский и др., 2012), на основе детального изучения месторождений УВ вьетнамского шельфа в результате термоосадочных процессов создается перепад давлений, что обеспечивает втягивание в пределы остывающего интрузива микро-нефти из перекрывающих осадочных пород. Активные флюидодинамические процессы приводят к формированию дополнительной емкости по всему объему гранитного интрузива и накоплению в его пределах УВ флюидов. Воздействие глубинных флюидов провоцирует не только образование пустот, каверн и трещин, но и кардинальное изменение структуры гранитоидов с образованием рассыпающегося субстрата. Дебит нефти в таких зонах достигает 2 тыс. т/сут. (Шустер, 2003).

На рис. 1 показана тенденция изменения коллекторских свойств гранитоидов на месторождении Белый Тигр, свидетельствующая, что при трещиноватости такого типа

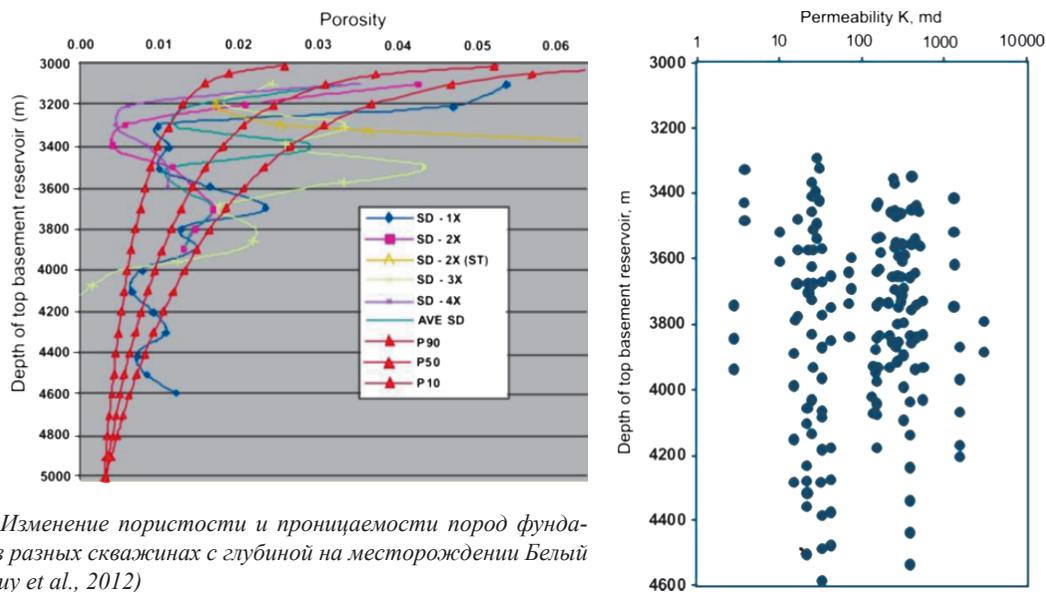


Рис. 1. Изменение пористости и проницаемости пород фундамента в разных скважинах с глубиной на месторождении Белый Тигр (Нуй *et al.*, 2012)

и при уменьшении пористости, проницаемость коллектора остается с глубиной практически постоянной, достаточно высокой (Нуй *et al.*, 2012).

Приведем несколько примеров строения залежей УВ в кристаллическом фундаменте, свидетельствующие о сложности и комбинированности типов ловушек (рис. 2, 3).

Месторождение Оймаша находится на территории Каракиянского района Мангистауской области и расположено в 50 км от г. Актау (Республика Казахстан). Месторождение открыто в 1980 г., а в январе 1981 г. установлена промышленная нефтегазоносность гранитной интрузии. Первый приток нефти из гранитов дебитом 248 м<sup>3</sup>/сут через 9 мм штуцер был получен в скважине 12 из интервала 3720-3773 м. Глубоким бурением вскрыты метаморфические и магматические породы фундамента палеозойского возраста и мезо-кайнозойские отложения платформенного чехла максимальной толщиной 4450 м. Скопления УВ в массивных трещинно-кавернозных магматических и метаморфических породах, как правило, приурочены к погребенным выступам фундамента, разбитым разломами на блоки и облекаемым метаморфическими или осадочными породами. По результатам опробования установлены 4 залежи, из них – три нефтяные и одна газонефтяная. Промышленная нефтегазоносность выявлена в нижнеюрских, среднетриасовых, палеозойских вмещающих породах и гранитной интрузии (Крупин, Рыкус, 2011). Основные запасы нефти связаны с гранитоидами палеозойского возраста (рис. 2).

По мнению (Крупин, Рыкус, 2011), в реализации емкостных свойств на месторождении Оймаша большое значение приобретают процессы разной тектонической интенсивности, которые проявились в несколько этапов в течение мезозойской геологической истории региона. Они затрагивают все типы пород раннего мезозоя и палеозойские гранитные интрузии, создавая в них разноориентированные разрывные нарушения, приразломные зоны трещиноватости, катаклаза и милонитизации.

Месторождение Lancaster, открытое в 2009 году на шельфе Западной Шотландии (уровень воды 160 м) на глубине фундамента 1220 м, имело запасы до 25 млн баррелей нефти. Добывается до 8000 bbl/d. В 2017 г.

появилось сообщение об открытии компанией Hurricane Energy еще одного крупнейшего месторождения на шельфе Северного моря у берегов Великобритании (структура Halifax), запасы которого оцениваются до 1 млрд баррелей нефти. Hurricane Energy считает, что Halifax и Lancaster представляют собой две части одного гигантского нефтяного бассейна. Строение резервуаров нефти – сложных комбинированных ловушек, показано на рис. 3.

На рис. 4 представлена модель распределения сетки зон разломов (Fault zone) и интервалов выветрелых пород (Weathered interval) по тоналитам/гранодиоритам семейства кислых магматических пород (Tonalite/Granodiorite) с пояснениями, необходимыми при планировании размещения разведочных скважин с учетом модели зон разломов (Trice, 2014).

### Геохимические особенности УВ флюидов месторождений фундамента

Основным источником нефти в залежах кристаллического фундамента является органическое вещество (ОВ) нефтематеринских осадочных толщ, облекающих выступы фундамента, что признается большинством исследователей, занимающихся проблемой УВ скоплений в фундаменте. Именно поэтому, геохимические особенности флюидов месторождений фундамента подчиняются тем же закономерностям, что и нефти, залегающие в осадочных толщах НГБ. В осадочном разрезе земной коры, согласно вертикальной эволюционной зональности образования и преобразования УВ, связанной с увеличением глубины, температурного градиента, давления и типа исходной органики, происходит трансформация состава генерированных в недрах УВ систем – от тяжелых нефтей к легким и конденсатам. Их характерные особенности связаны с процессами онтогенеза. Нефти несут в своем составе четкие следы исходного ОВ, генерировавшего эту нефть.

Как считают (Керимов и др., 2019), в Кылуонгском бассейне Вьетнама через контакт протрузивных гранитов докайнозойского фундамента с кайнозойским осадочным чехлом проходила латеральная миграция флюидов из нефтематеринских толщ олигоценного возраста в фундамент – в пустоты и зоны повышенной трещиноватости

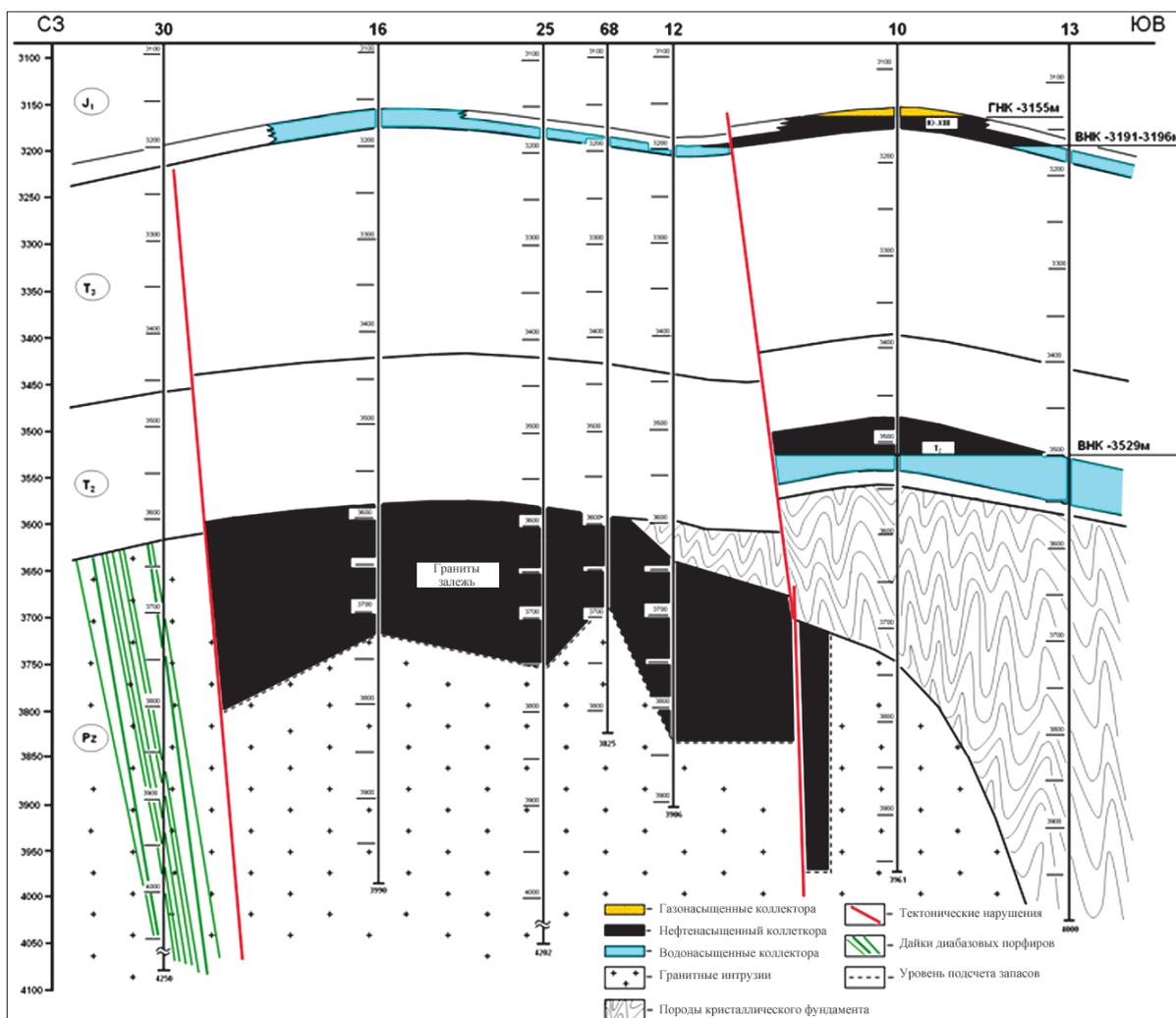


Рис. 2. Месторождение Оймаша, геологический профиль по линии скважин 30-25-12-10-13 (Крупин, Рыкус, 2011)

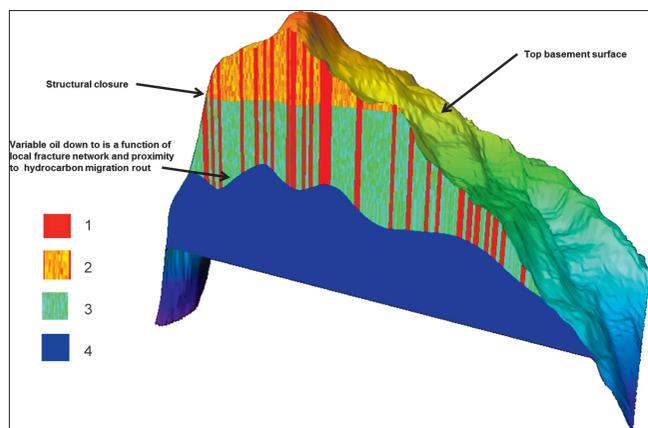


Рис. 3. Объемная концептуальная 3D модель резервуара месторождения Lancaster, построенная через гребень кристаллического массива, с изображением распределения флюидов в коллекторе-ловушке (Trice, 2014). 1 – зона разломов в нефтенасыщенном пласте; 2 – преимущественно нефтенасыщенный пласт (псевдоматрица в структуре замыкания); 3 – пласт с сильно изменчивой водонасыщенностью; 4 – водонасыщенный пласт (псевдоматрица вне структуры замыкания).

(рис. 5), в образовавшийся трещинно-кавернозный коллектор нетрадиционной ловушки комбинированного типа.

Нефти из залежей в фундаменте и в нижнем олигоцене на месторождении Белый Тигр характеризуются близкими

значениями практически всех исследованных УВ параметров, которые отвечают нефтям зоны мезокаатагенеза. О такой близости указывается во многих работах (Шустер, 2003; Дмитриевский и др., 2012; Серебrenникова и др., 2012; Пуанова и др., 2018 и др.). Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов свидетельствует о генерации нефтей органическим веществом, содержащем прибрежные водоросли или наземные растения, а условия его седиментации были субокислительные. Биомаркерные параметры подтверждают зрелость этих флюидов. Близки нефти осадочного олигоцене и фундамента также по микроэлементным характеристикам (определение проведено Далатским институтом ядерных исследований, Вьетнам): они имеют низкие концентрации V и Ni (соответственно в фундаменте 0,14 и 3,5 г/т, а в нижнем олигоцене 0,10 и 2,2 г/т), и по преобладанию Ni (V/Ni<1) образуют никелевый тип металлогении (рис. 6).

Близкие результаты были получены при детальном геохимическом исследовании (Mosca et al., 2019), проведенных в бассейнах Cuu Long и Nam Con Son (Вьетнам). Данные об изотопах углерода в нефтях и экстрактах из ОВ свидетельствуют о неморской среде осадконакопления. Стадия созревания нефтей соответствует мезокаатагенетической (показатель преломления R<sup>o</sup>= 0,78-0,84 %). Анализ биомаркеров на основе стеранов C<sub>27</sub>-C<sub>28</sub>-C<sub>29</sub>, высокое соотношение трициклических терпанов C<sub>26</sub>/C<sub>25</sub>>1 и низкое

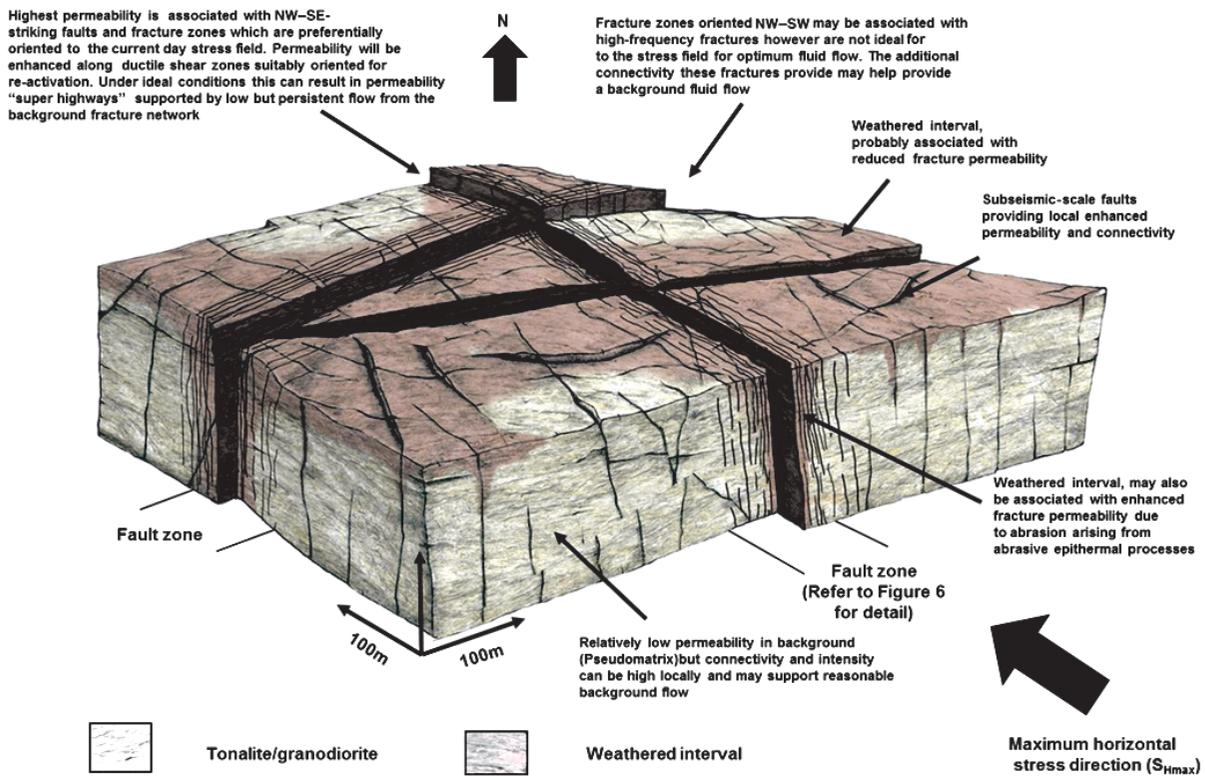


Рис. 4. Концептуальная модель сети трещин на месторождении Lankaster (Trice, 2014)

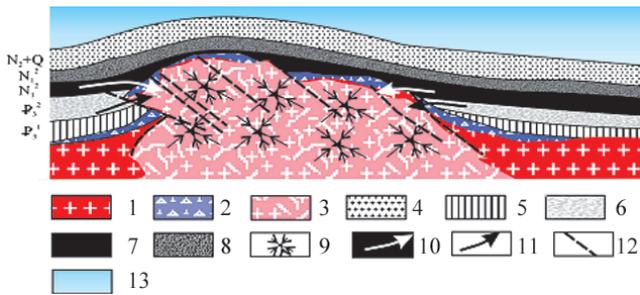


Рис. 5. Фрагмент модели формирования залежей нефти в гранитных массивах Кылулунгского бассейна (настоящее время) (Керимов и др., 2019). 1 – фундамент; 2 – область дезинтегрированных гранитов (протрузия); 3 – зона выветривания; 4 – плиоцен-квартер; 5 – зона перезрелого ОВ; 6 – главная зона газообразования; 7 – главная зона нефтеобразования; 8 – зона незрелого ОВ; 9 – условные области скопления УВ; 10-11 – направление движения УВ: 10 – газовой фазы, 11 – жидкой фазы; 12 – разрывы; 13 – водный слой.

соотношение  $C_{29}/C_{30} < 1$  по гопанам в ОВ, типичное для озерных осадков, аналогичное распределению этих УВ в нефтях бассейна Cuu Long, подтверждает их озерное происхождение и связь с генерацией УВ осадочными толщами олигоцена и миоцена. Преобладание легких УВ вместе с очень высоким соотношением пристан/фитан (7-14) согласуется с генерацией нефтей из ОВ, отложившегося в кислой среде. Кроме того, содержание в небольших количествах трициклических терпанов, в значительных гомоганов (до  $C_{33}$ ), доминирование стеранов  $C_{29}$  над  $C_{27}$  указывают на вклад наземного ОВ.

На больших глубинах, при активных тектонических процессах может наблюдаться дополнительное поступление УВ флюидов, содержащих повышенные концентрации легких соединений (от  $C_5$  до  $C_{13}$ ), как правило, более



Рис. 6. Содержание МЭ в нефтях месторождения Белый Тигр

катагенно преобразованных (Mosca et al., 2019). Это достаточно явно подтверждают данные о микроэлементном составе нефтяных, характеризующихся набором более миграционно способных элементов (As, Hg, Eu, La, Nb) по отношению к V, Ni, Mo, Co и никелевой специализацией (Пуанова, Родкин, 2019).

Интересным районом для выяснения происхождения УВ в структурах доюрского основания Западно-Сибирского НГБ является Рогожниковская группа месторождений Красноленинского свода с пермо-триасовым комплексом пород в основании. Здесь пробурено около 100 скважин, вскрывших более 10 км доюрских пород, и почти 30 % из них являются коллекторами. Источником нефти в этом комплексе может быть, как нижнеюрская нефтематеринская тогурская пачка, так и позднепалеозойские осадочные отложения. В работе (Коржов и др., 2013) приведены результаты экспериментальных исследований по выяснению возможности межслойной миграции нефтяных УВ в приконтактных зонах фундамента и чехла на основе определения наиболее миграционно

способных насыщенных УВ в породах продуктивных юрских и доюрских отложений Северо-Рогожниковской скважины СР765. Для выяснения литологических условий межпластовой миграции УВ и возможности глубинной «подпитки» залежей выполнено детализированное литолого-петрографическое описание кернового материала. Авторы пришли к выводу, что залежи нефти в триасовых породах коры выветривания сформированы в результате притока УВ из низов тюменской свиты. Содержание и молекулярно-массовое распределение насыщенных УВ являются свидетельством межпластовых перемещений юрских нефтей в коллекторы коры выветривания и фундамента. Основываясь на анализе геолого-геохимических показателей, ряд исследователей также считает, что нефти юрского и доюрского комплексов (зона контакта фундамента и чехла) в Широтном Приобье, Шаимском, Красноленинском, Ханты-Мансийском регионах Западно-Сибирского НГБ образуют близкую по физико-химическим характеристикам и углеводородному составу группу с единой флюидодинамической системой и общим очагом нефтегазообразования. Нефтематеринскими признаются лишь юрские отложения. Так на Толумском месторождении Шаимского района предполагается, что формирование залежей в верхней части палеозойского комплекса и вогулкинских слоях юры (1800-2000 м) происходит за счет миграции УВ из верхнеюрских отложений, в частности мулымьинской свиты, являющейся нефтематеринской. Результаты геохимических исследований нефти из залежи Рогожниковского месторождения в верхней части эффузивов триасового возраста (туринская серия, интервал глубин 2568-2607 м) на Красноленинском своде, свидетельствуют о том, что главным источником доюрских нефтей могли служить глины шеркалинской свиты нижней юры, обладающие значительным генерационным потенциалом (Коржов и др., 2013; Пуанова, Шустер, 2012, 2018; Шустер, Пуанова, 2016; Шустер и др., 2011).

Геохимические особенности нефтей при их залегании в эрозионных выступах кристаллического фундамента иные, однако и здесь также проявляется генетическая близость нефтей из фундамента и из осадочных отложений. При этих условиях формируются нефти зоны гипергенеза. И ярким примером могут служить нефтяные скопления месторождений Мара и Западная Мара (Венесуэла) (Пуанова, 2014; López, Lo Mónaco, 2017). Плотность нефтей достигает 0,991 г/см<sup>3</sup>, содержание серы – 5,54 %, асфальтенов – 18 %. Нефти месторождений области Западная Мара (эрозионный кристаллический выступ) классифицируются как очень тяжелые и тяжелые, с очень высокими содержаниями серы (5,6-6,2 %), обогащенные за счет химического выветривания и потери легких фракций микроэлементами с промышленными концентрациями (в г/т) V (954-999) и Ni (91-96). Нефти области Мара – среднетяжелые, с более низким содержанием серы (2,5-3,0 %), V (206-260) и Ni (14-24) (рис. 7).

Геохимические данные по содержанию биомаркеров (López, Lo Mónaco, 2017) свидетельствуют о том, что нефти обеих областей генетически едины, связаны с морским типом исходного ОВ и генерированы нефтематеринской толщей формации Ла Луна (аналог доманика), а наблюдаемые различия в физико-химических свойствах

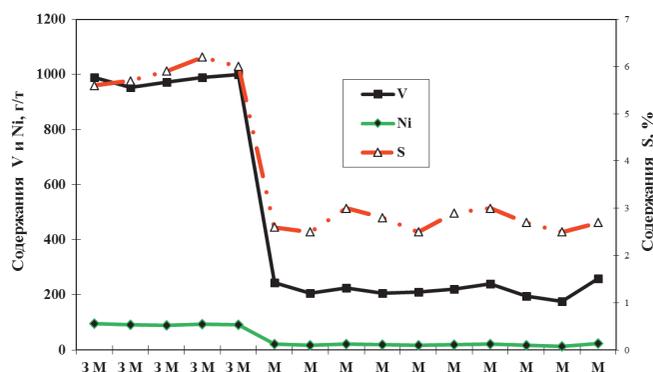


Рис. 7. Изменение содержания ванадия, никеля и серы в нефтях месторождений Венесуэлы Западная Мара (ЗМ) и Мара (М) (по аналитическим данным (López, Lo Mónaco, 2017))

и содержанию элементов объясняются процессами биодеградации, которые с большим размахом проявились на площади Западной Мары.

## Послесловие

Стоит признать, что естественно разрушенные кристаллические породы фундамента представляются глобальным геологическим явлением. Несмотря на доказанный коммерческий успех, задержка с реализацией многих проектов вытекала из того факта, что открытия месторождений УВ в фундаменте исторически происходили скорее случайно, а не в результате целенаправленных геологоразведочных программ. Тем не менее, в последние годы наблюдается успешное изменение этой тенденции, которое приводит к многочисленным открытиям и увеличению числа разработок в фундаменте.

## Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений УВ в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов», № АААА-А19-119022890063-9.

## Литература

- Дмитриевский А.Н., Шустер В.Л., Пуанова С.А. (2012). Доюрский комплекс Западной Сибири – новый этаж нефтегазоносности. Проблемы поиска, разведки и освоения месторождений углеводородов. Lambert Academic Publishing. Saarbrucken, Deutschland, 135 с.
- Муслимов Р.Х., Плотнокова И.Н. (2019). Кристаллический фундамент осадочных бассейнов – ключ к пониманию процессов нафтидогенеза. *Мат. Межд. научно-практической конф.: Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента*, Казань: Ихлас, с. 237-240.
- Керимов В.Ю., Леонов М.Г., Осипов А.В. и др. (2019). Углеводороды в фундаменте шельфа Южно-Китайского моря (Вьетнам) и структурно-тектоническая модель их формирования. *Геотектоника*, 1, с. 44-61.
- Коржов Ю.В., Исаев В.И., Кузина М.Я., Лобова Г.А. (2013). Генезис доюрских залежей нефти Рогожниковской группы месторождений (по результатам изучения вертикальной зональности алканов). *Изв. Томского политехн. университета*, 323(1), с. 51-56.
- Крупин А.А., Рыкус М.В. (2011). Нефтегазоносность гранитов складчатого фундамента Южного Мангышлака (на примере месторождения Оймаша). *Нефтегазовое дело*, 9(3), с. 13-16.
- Окнова Н.С. (2012) Неантиклинальные ловушки и их примеры в нефтегазоносных провинциях. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 7(1), [http://www.ngtp.ru/rub/10/10\\_2011/pdf](http://www.ngtp.ru/rub/10/10_2011/pdf)
- Пуанова С.А. (2014). Гипергенно преобразованные нафтиды: особенности микроэлементного состава. *Геохимия*, 1, с. 64-75.

Пуланова С.А., Родкин М.В. (2019). Сравнение вклада разнотипных геологических процессов в формирование микроэлементного облика каустоболитов. *Георесурсы*, 21(3), с. 14-24.

Пуланова С.А., Шустер В.Л. (2012). Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности доюрских отложений Западно-Сибирской платформы. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, 6, с. 20-26.

Пуланова С.А., Шустер В.Л. (2018). Новый взгляд на перспективы нефтегазоносности глубокозалегающих доюрских отложений Западной Сибири. *Георесурсы*, 20(2), с. 67-80.

Пуланова С.А., Шустер В.Л., Нго Лы. (2018). Особенности геологического строения и нефтегазоносности доюрских отложений Западной Сибири и фундамента Вьетнама *Нефтяное хозяйство*, 10, с. 16-19.

Серебрянникова О.В., Ву Ван Хай, Савиных Ю.В. и др. (2012). Генезис нефтей месторождения Белый Тигр (Вьетнам) по данным о составе насыщенных ациклических углеводородов. *Изв. Томского политехн. ун-та*, 320(1), с. 134-139.

Шустер В.Л. (2003). Проблемы нефтегазоносности кристаллических пород фундамента. М.: ООО «Геоинформцентр», 48 с.

Шустер В.Л., Пуланова С.А., Курьшева Н.К. (2011). Новый подход к оценке нефтегазоносности образований фундамента. *Мат. Межд. конф.: Современное состояние наук о Земле*, М.: Изд-во МГУ, с. 2116-2118.

Шустер В.Л., Пуланова С.А. (2016). Обоснование перспектив нефтегазоносности юрско-палеозойских отложений и образований фундамента Западной Сибири. *Георесурсы*, 18(4), ч. 2, с. 337-345.

Dolson John, He Zhiyong, Horn Brian W. (2018). Advances and Perspectives on Stratigraphic Trap Exploration-Making the Subtle Trap Obvious. *Search and Discovery*. Article #60054, 67 p. [http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2018/60054dolson/ndx\\_dolson.pdf.html](http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2018/60054dolson/ndx_dolson.pdf.html)

Gutmanis J., Batchelor T., Cotton L., Doe S. (2013). Hydrocarbon production from fractured basement formations. *GeoScience Limited*, 11, 43 p.

Huy X.N., Bae Wisup, San T.N., Xuan V.T., Sung Min J., Kim D.Y. (2012). Fractured Basement Reservoirs and Oil Displacement Mechanism in White Tiger Field, Offshore Vietnam. *Online Journal for E&P Geoscientists*. <http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/html/2012/90155ice/abstracts/nguyen.pdf.html>

Koning T. (2003). Oil and gas production from basement reservoirs: examples from Indonesia, USA and Venezuela. Geological Society, London, Special Publications, 214, pp. 83-92, <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.214.01.05>

Koning T. (2019). Exploring in Asia and Africa for oil & gas in naturally fractured basement Reservoirs: best practices & lessons learned. *Мат. Межд. научно-практической конф.: Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента*, Казань: ИХЛАС, с. 237-240.

López L., Lo Mónaco S. (2017). Vanadium, nickel and sulfur in crude oils and source rocks and their relationship with biomarkers: Implications for the origin of crude oils in Venezuelan basins. *Organic Geochem.*, 104(2), pp. 53-68.

Morariu D. (2012). Contribution to hydrocarbon occurrence in basement rocks. *Nefegasovaya geologia. Teoria i practika*, 7(3), [http://www.ngtp.ru/rub/9/51\\_2012.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/51_2012.pdf)

Mosca F., Dharmasamadhi W., Bird R. (2019). Lacustrine derived oil, new and unique evidences from the Nam Con Son basin Vietnam. *29-th International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG)*, Gothenburg, Sweden, pp. 217-218.

Petroleum Geology AES/TA 3820. (2019). Delft University of Technology. [https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/PGeo\\_L6\\_Petroleum\\_Geology\\_-\\_Lecture\\_6\\_08.pdf](https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/PGeo_L6_Petroleum_Geology_-_Lecture_6_08.pdf)

Trice R. (2014). Basement exploration, West of Shetlands: progress in opening a new play on the UKCS. Geological Society, London, Special Publications, 397, pp. 81-105. <https://doi.org/10.1144/SP397.3>

## Сведения об авторах

Светлана Александровна Пуланова – доктор геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем нефти и газа РАН

Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3

E-mail: [punanova@mail.ru](mailto:punanova@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 03.09.2019;  
Принята к публикации 10.10.2019; Опубликована 30.10.2019

IN ENGLISH

Original research article

# Oil and gas possibility of crystalline basement taking into account development in it of non-structural traps of combined type

S.A. Punanova

Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

E-mail: [punanova@mail.ru](mailto:punanova@mail.ru)

**Abstract.** In this communication, from the perspective of modern views, the following issues are highlighted. A brief overview of the regions – large oil and gas bearing basins, in which hydrocarbon deposits are currently being developed in the deposits of the crystalline basement, is given. The problems of non-anticline-type collector traps, usually non-structural, combined, widely developed in basement deposits, are considered. The existing characteristic features of oils in deposits from a crystalline basement are voiced. As a result of the study, ever-increasing volumes of world oil production from base sediments were noted, the difficulty of identifying and classifying traps in it, and the almost lack of originality of the composition of oils in the foundation compared with oils in the overlying or adjacent parts of the sedimentary section, are shown.

**Keywords:** crystalline basement, oil fields, hydrocarbons, combined traps, oil composition, oil and gas potential

**Recommended citation:** Punanova S.A. (2019). Oil and gas possibility of crystalline basement taking into account

development in it of non-structural traps of combined type. *Georesursy = Georesources*, 21(4), pp. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.19-26>

## References

Dmitrievskii A.N., Shuster V.L., Punanova S.A. (2012). The Pre-Jurassic complex of Western Siberia as the new stage of oil and gas content. Problems of prospecting, exploration and development of hydrocarbon deposits. Lambert Academic Publishing, Saarbruchen, Germany, 135 p. (In Russ.)

Dolson John, He Zhiyong, Horn Brian W. (2018) Advances and Perspectives on Stratigraphic Trap Exploration-Making the Subtle Trap Obvious. *Search and Discovery*. Article #60054, 67 p. [http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2018/60054dolson/ndx\\_dolson.pdf.html](http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2018/60054dolson/ndx_dolson.pdf.html)

Gutmanis J., Batchelor T., Cotton L., Doe S. (2013). Hydrocarbon production from fractured basement formations. *GeoScience Limited*, 11, 43 p.

Huy X.N., Bae Wisup, San T.N., Xuan V.T., Sung Min J., Kim D.Y. (2012). Fractured Basement Reservoirs and Oil Displacement Mechanism in White Tiger Field, Offshore Vietnam. *Online Journal for E&P Geoscientists*. <http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/abstracts/html/2012/90155ice/abstracts/nguyen.pdf.html>

Kerimov V. Yu., Leonov M.G., Osipov A.V. et al. (2019). Hydrocarbons in the Basement of the South China Sea (Vietnam) Shelf and Structural-Tectonic Model of their Formation. *Geotectonics*, 53(1), pp. 42-59. (In Russ.)

Koning T. (2016). Oil and gas production from basement reservoirs: examples from Indonesia, USA and Venezuela. Downloaded from at Pennsylvania State University: <http://sp.lyellcollection.org/>

Koning T. (2019). Exploring in Asia and Africa for oil & gas in naturally fractured basement Reservoirs: best practices & lessons learned. *Proc. Sci. and Pract. Conf.: «Hydrocarbon and Mineral Raw Potential of the Crystalline Basement»*, Kazan: Ikhlas, pp. 237-240.

Korzhov Yu.V., Isaev V.I., Kuzina M.Ya., Lobova G.A. (2013). The genesis of the Pre-Jurassic oil deposits of the Rogozhnikovskoye group of fields (based on the results of studying the vertical zoning of alkanes). *Izv. Tomskogo politekhn. Universiteta*, 323(1), pp. 51-56. (In Russ.)

Krupin A.A., Rykus M.V. (2011). Oil and gas potential of granites of the folded basement of South Mangyshlak (on the example of the Oimash field). *Neftegazovoe delo*, 9(3), pp. 13-16. (In Russ.)

López L., Lo Mónaco S. (2017). Vanadium, nickel and sulfur in crude oils and source rocks and their relationship with biomarkers: Implications for the origin of crude oils in Venezuelan basins. *Organic Geochem.*, 104(2), pp. 53-68.

Morariu D. (2012). Contribution to hydrocarbon occurrence in basement rocks. *Neftegazovaya geologia. Teoria i praktika*, 7(3), [http://www.ngtp.ru/rub/9/51\\_2012.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/51_2012.pdf)

Mosca F., Dharmasamadhi W., Bird R. (2019). Lacustrine derived oil, new and unique evidences from the Nam Con Son basin Vietnam. *29-th International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG)*, Gothenburg, Sweden, pp. 217-218.

Muslimov R.Kh., Plotnikova I.N. (2019). The crystalline basement of sedimentary basins is the key to understanding the processes of naftidogenesis. *Proc. Int. Sci. and Pract. Conf.: Hydrocarbon and mineral-raw potential of the crystalline basement*, Kazan: Ikhlas, pp. 237-240. (In Russ.)

Oknova N.S. (2012). Non-anticlinal traps and their examples in oil and gas provinces. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 7(1), (In Russ.). [http://www.ngtp.ru/rub/10/10\\_2011/pdf](http://www.ngtp.ru/rub/10/10_2011/pdf)

Petroleum Geology AES/TA 3820. (2019). Delft University of Technology. [https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/PGeo\\_L6\\_Petroleum\\_Geology\\_-\\_Lecture\\_6\\_08.pdf](https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/PGeo_L6_Petroleum_Geology_-_Lecture_6_08.pdf)

Punanova S.A. (2014). Hypergene Transformed Naphthides: Features of the Microelement Composition. *Geokhimiya*, 1, pp. 64-75. (In Russ.)

Punanova S.A., Rodkin M.V. (2019). Comparison of the contribution of differently depth geological processes in the formation of a trace elements characteristic of caustobiolites. *Georesursy = Georesources*, 21(3), pp. 14-24. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.3.14-24>

Punanova S.A., Shuster V.L. (2012). Geological-geochemical conditions for oil and gas content availability of Pre-Jurassic deposits located on West-Siberian platform. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii = Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, 6, pp. 20-26. (In Russ.)

Punanova S.A., Shuster V.L. (2018). A new approach to the prospects of the oil and gas bearing of deep-seated Jurassic deposits in the Western Siberia. *Georesursy = Georesources*, 20(2), pp. 67-80. <https://doi.org/10.18599/grs.2018.2.67-80>

Serebrennikova O.V., Vu Van Khay, Savinykh Yu.V., Krasnoyarova N.A. (2012). Oil genesis of White Tiger (Vietnam) oil field according to the composition data of saturated acyclic hydrocarbons. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo Universiteta*, 320(1), pp. 134. (In Russ.)

Shuster V.L. (2003). Problems of oil and gas content of crystalline basement rocks, Moscow: Geoinformatsentr, 48 p. (In Russ.)

Shuster V.L., Punanova S.A. (2016). Justification of Oil and Gas Potential of the Jurassic-Paleozoic Deposits and the Basement Formations of Western Siberia. *Georesursy = Georesources*, 18(4), Part 2, pp. 337-345. DOI: 10.18599/grs.18.4.13

Shuster V.L., Punanova S.A., Kuryshva N.K. (2011). A new approach to assessing the oil and gas potential of basement formations. *Proc. Int. Conf.: The Current State of Earth Sciences*, Moscow: Geol. faculty of Moscow State University, pp. 2116-2118.

Shuster V.L., Punanova S.A., Ngo L.T. (2018). Features of the geological structure and petroleum potential of pre-Jurassic deposits of Western Siberia and the basement of Vietnam. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*, 10, pp. 16-19. (In Russ.)

Trice R. (2014). Basement exploration, West of Shetlands: progress in opening a new play on the UKCS. Geological Society, London, Special Publications, 397, pp. 81-105. <https://doi.org/10.1144/SP397.3>

#### About the Author

*Svetlana A. Punanova* – DSc (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences

3 Gubkin st., Moscow, 119333, Russian Federation

E-mail: [punanova@mail.ru](mailto:punanova@mail.ru)

*Manuscript received 03 September 2019;*

*Accepted 10 October 2019; Published 30 October 2019*