

существенно упростилось. Доступным поисковым методом на урановое оруденение типа «несогласия» является *микробиологическое опробование (МЕТ)* с кислородной индикацией активности бактерий, извлеченных из почвенных проб промывкой водой; его глубинность достигает 400 и более метров [8, 13].

Выводы

Биогеохимические и микробиологические методы, преимущества которых во многом обусловлены спецификой механизмов формирования соответствующих ореолов в объектах окружающей среды, являются доступным и одним из наиболее эффективных инструментов поисков скрытых и слабопроявленных руд. Привлечение изотопных данных дает дополнительную информацию для последующей интерпретации аномалий, способствуя повышению ее достоверности. Многочисленные данные по биогеохимии рудных месторождений позволяют оценить индикаторную роль различных химических элементов и других показателей, выделить комплекс приоритетных биоиндикаторов оруденения, а также определить универсальные объекты опробования и оптимальные процедуры пробоподготовки. Необходимость предварительных опытно-методических работ объясняется существенной зависимостью результатов исследований от соотношений локального фона биоиндикаторов и пределов определения используемых аналитических методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеевко, В.А.* Проведение биогеохимических поисков месторождений полезных ископаемых / В.А. Алексеевко // Геохимия живого вещества: Международная молодежная Школа-семинар. — Томск, 2–5 июня 2013.
2. *Баба-Заде, В.М.* Молибден в древесной растительности Кехнамедан-Кацмалинского медно-пирротинового месторождения / В.М. Баба-Заде, Ф.М. Бабаев, С.А. Исаев и др. // ВАКИ UNİVERSİTETİNİN XƏBƏRLƏRİ, Təbiət elmləri seriyası. — 2013. — № 3. — С. 72–80.
3. *Ковалевский, А.Л.* Биогеохимия урановых месторождений и методические основы их поисков / А.Л. Ковалевский, О.М. Ковалевская. — Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2010.
4. *Титов, В.К.* Биогеохимические ореолы рассеяния урановорудных полей / В.К. Титов, И.А. Лучин, Б.П. Лашков и др. // Методы рудной геофизики. Геофизические и геохимические методы при оценке радиоактивных аномалий. — Л., 1988.
5. *Anand, R.* Use of biota in mineral exploration in areas of transported cover / R. Anand, M. Cornelius, C. Phang // 22nd IGES 2005. — Perth, Western Australia.
6. *Bissig, T.* Geochemical Techniques for Detection of Blind Porphyry Copper-Gold Mineralization under Basalt Cover, Woodjam Property, South-Central British Columbia / T. Bissig, D.R. Heberlein, C. Dunn (NTS 093A/03, /06): Geoscience BC Report, 2013–17 (2013).
7. *Cameron, E.M.* A pilot study for the use of lead isotopes to determine the genesis of anomalies in soil above buried VMS mineralization, Cross Lake / E.M. Cameron, B.L. Cousens, G.E.M. Hall.
8. *Centennial Deposit Surface Geochemical Study / Final Report / Griffiths D.* / Uravan Minerals Inc., 2014.
9. *Dunn, C.E.* Biogeochemistry in mineral exploration / C.E. Dunn // Handbook of exploration and environmental geochemistry 9 / Series editor M. Hale / ELSEVIER, 2007.
10. *Dunn, C.E.* Halogens in surface exploration geochemistry: Evaluation and development of methods for detecting buried mineral deposits / C.E. Dunn, S.J. Cook, G.E.M. Hall / Geoscience BC, Report 2005-008. — 69 pp.
11. *Dunn, C.* New Perspectives on Biogeochemical Exploration / C. Dunn // Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, 2007. — P. 249–261.
12. *Dunn, C.* Element Distribution Patterns and Mineral Discoveries using Biogeochemical Methods / C. Dunn, R. Thompson, R. Anderson, A. Plouffe // Proceedings of the 24th IAGS, Fredericton, 2009. — P. 31–34.

13. *Geosphere-Biosphere Orientation Study over the Cigar West Unconformity Uranium Deposit in the Athabasca Basin of Northern Saskatchewan.* Final Report / G. Drever et al. / «Uravan Minerals Inc.», 2010.
14. *Hemmati, H.R.* Regional biogeochemical exploration in Southern Australia / H.R. Hemmati, A.R. Chivas // 22nd IGES 2005 / www.applied-geochemists.org.
15. *Holk, G.J.* Mobile Pb-isotopes in Proterozoic sedimentary basins as guides for exploration of uranium deposits / G.J. Holk, T.K. Kyser, D. Chipley et al. // Journal of Geochemical Exploration, 80 (2003). — P. 297–320.
16. *Hulme, K.A.* Biogeochemistry for mineral exploration in Canada & Australia: a comparison based on international collaboration / K.A. Hulme, C.E. Dunn, S.M. Hill // Regolith 2006 — Consolidation and Dispersion of Ideas / http://crclme.org.au/Pubs/Monographs/regolith2006/Hulme_K.pdf.
17. *Leybourne, M.I.* Groundwaters in Geochemical Exploration: Methods, Applications, and Future Directions / M.I. Leybourne, E.M. Cameron // Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration, 2007. — P. 201–221.
18. *Lintern, M.J.* Vegetation controls on the formation of gold anomalies in calcrete and other materials at the Barns Gold Prospect, Eyre Peninsula, South Australia / M.J. Lintern // Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. — Vol. 7. — 2007. — P. 249–266.
19. *Paulen, R.C.* Isotopic fingerprinting of base metal indicator minerals to decipher their provenances: an example from northwest Alberta / R.C. Paulen, A. Plouffe, R. Smith, S. Paradis / https://www.researchgate.net/publication/270396260.

© Овсянникова Т.М., 2019

Овсянникова Татьяна Михайловна // lab@u238.ru

УДК 553.98

Берзин А.Г., Марсанова М.Р., Третьяков М.Ф. (ФГАОУ ВПО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова), Берзин С.А. (Geco-Prakla, Schlumberger Ltd)

АКТИВИЗИРОВАННАЯ РАЗЛОМНАЯ ТЕКТНИКА И ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ УВ В ОСАДОЧНО-ПОРОДНОМ БАССЕЙНЕ НА ЮГЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Аргументируется, что формирование месторождений УВ в синхронных отложениях одного рифей-нижнепалеозойского осадочно-породного бассейна (ОПБ) на территории Непско-Ботубинской антеклизы происходило за счет субвертикальных флюидных потоков из подфундаментных источников и процессов переформирования залежей УВ между продуктивными пластами под влиянием периодической активизации разломных систем различной пространственной ориентации. Предполагается стадийность флюидонасыщения и формирования залежей вверх по разрезу. Залежи в продуктивных пластах терригенного комплекса венда формируются под влиянием активизаций разломов ранней северо-восточной, север-северо-восточной и субмеридиональной генераций, а в продуктивных карбонатных горизонтах венд-кембрия и нижнего кембрия — за счет переформирования залежей в отложениях венда под влиянием разломов поздней северо-западной генерации в зонах наложения на разломы более ранней генерации. Поиски залежей УВ в карбонатах рекомендуются на площадях, примыкающих к выделенным разломным системам.

Ключевые слова: Непско-Ботуобинская антеклиза, осадочно-породные бассейны, активизация, разломные системы, ловушки УВ, терригенные породы венда, карбонатные породы венд-кембрия и нижнего кембрия.

Berzin A.G., Marsanova M.R., Tretyakov M.F. (North-Eastern Federal University M.K. Ammosov), Berzin S.A. (Geco-Prakla, Schlumberger)

ACTIVATED FAULT TECTONICS AND FORMATION OF HYDROCARBON DEPOSITS IN THE SEDIMENTARY-NATURAL BASIN IN THE SOUTH OF THE SIBERIAN PLATFORM

*It is argued that deposits in the productive formation of the Precambrian terrigenous complex were formed due to sub-vertical fluid flows from sub-fundamental sources under the influence of fault activations of early northeastern generations, and in the productive carbonate horizons of the Vendian-Cambrian and Lower Cambrian — due to the re-formation of deposits in terrigenous formations under the influence of faults of late north-western generation. At the same time, the deposits were formed in the zones overlapping to faults of earlier generation. This means that in the carbonate reservoirs it is impossible to achieve the advanced development of deposits, and in determining the order of prospecting the terrigenous horizons should be considered as basic or priority. The results of the studies are consistent with the deposits distribution on 35 fields in the south of the Siberian Platform. **Keywords:** Nepa-Botuobin antecline, sedimentary and rock basins, activation, fault systems, HC traps, terrigenous rocks of Precambrian, carbonate rocks of Vendian-Cambrian and Lower Cambrian.*

Введение

«Обзор продуктивных горизонтов в разрезе кембрия и докембрия Сибирской платформы показывает, что основные залежи нефти и газа приурочены к терригенной части осадочного чехла докембрия. В то же время в гораздо более мощном нижне-среднекембрийском галогенно-карбонатном комплексе обнаружено мало промышленных скоплений углеводородов» [5]. Этот вывод, сделанный авторским коллективом авторитетных геологов-нефтяников более трех десятилетий назад, продолжает оставаться неизменным в настоящее время и делает актуальным выявление причин такой диспропорции в открытии залежей.

Разрез осадочного чехла Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) на юге Сибирской платформы, содержащий преобладающую часть установленных здесь запасов нефти и газа, сложен в основном отложениями венда и кембрия. В их составе установлен и прогно-

зируется целый ряд продуктивных горизонтов терригенного и карбонатного составов [4].

К настоящему времени при достигнутой степени геолого-геофизической изученности указанной территории глубоким бурением преобладают терригенные преимущественно газонасыщенные горизонты, залегающие в низах осадочного чехла и выделяемые в составе терригенного комплекса раннего венда. Карбонатные горизонты, с одной стороны, и нефтенасыщенные коллекторы венд-кембрия и нижнего кембрия с другой, играют на этом фоне подчиненную роль.

Согласно существующим представлениям с карбонатными горизонтами на Сибирской платформе связаны перспективы крупнейшего резерва по наращиванию запасов нефти и газа. Продуктивными в осадочном чехле НБА являются пласты Б₃₋₄₋₅ верхнеданиловского подгоризонта подсолевого карбонатного комплекса (венд-кембрий) и пласты Б₁, Б₂ низов усольского галогенно-карбонатного комплекса (нижний кембрий). На территории Якутии — это юряхский (венд-кембрий) и осинский (нижний кембрий) карбонатные пласты [4]. Существует необходимость оценки реалистичности этих перспектив на основе обсуждения природы и механизма образования залежей в этих отложениях.

Отметим в этой связи сложившееся распределение открытых месторождений УВ, в том числе с залежами в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия не только в НБА, но и в других смежных районах Сибирской платформы: Байкитской антеклизе, Катангской и Вилючанской седловине, осадочный чехол которых представлен одним рифейско-нижнепалеозойским осадочно-породным бассейном (таблица, рис. 1).

На территориях, приведенных надпорядковых структур, разведана и эксплуатируется большая часть месторождений нефти и газа Сибирской платформы. С ними также связаны основные перспективы наращивания запасов УВ на Востоке страны [6]. Отметим, что северо-восточная часть НБА в границах Республики Саха (Якутия) вместе с примыкающей к ней Вилючанской седловиной образуют Непско-Ботуобинскую нефтегазоносную область (НГО).

Распределение месторождений с залежами в терригенном комплексе рифея и раннего венда и карбонатных пластах венд-кембрия и нижнего кембрия

Надпорядковые структуры	Байкитская антеклиза	Катангская седловина	Непско-Ботуобинская антеклиза в границах		Вилючанская седловина	Всего
			Республика Саха (Якутия)	Иркутская область		
Месторождений всего	5	2	17	8	3	35
С залежами в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия	0	0	2 (1)*	5	3	10 (9)*
С залежами в венде	3	2	17	7	3	32
С залежами в рифее	2	0	0	0	0	2

*На территории Якутии к месторождениям с залежами в карбонатах осинского горизонта автор относит только Талаканское месторождение. По центральному блоку Средне-Ботуобинского месторождения, где в 3-х скважинах отмечены нефтегазопоявления в осинском горизонте запасы УВ не подсчитывались в виду их незначительности

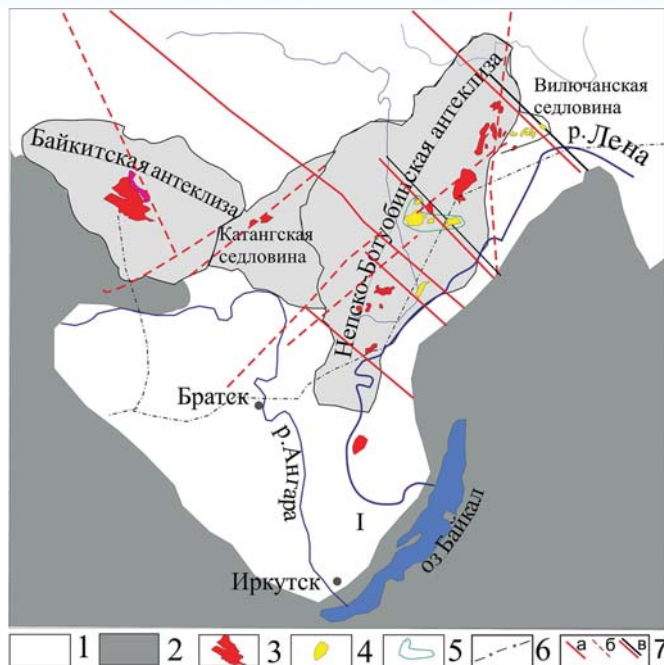


Рис. 1. Обзорная карта надпорядковых структур Сибирской платформы с месторождениями УВ: 1 — Сибирская платформа; 2 — складчатое окружение; 3 — месторождения УВ, в которых нет залежей в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия; 4 — месторождения УВ, в которых есть залежи в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия; 5 — структурно-тектоническая зона; 6 — трасса строящегося газопровода ВСТО; 7 — наиболее крупные нарушения, секущие фундамента и осадочный чехол по [6]: а) северо-западного простирания; б) отличного от северо-западного простирания; в) нарушения, совпадающие с выделенными А–А и Б–Б (рис. 5–II)

Из 35 месторождений, приведенных в таблице, только 9 имеют залежи в карбонатах рассматриваемого стратиграфического диапазона и характеризуются крайне неравномерным пространственным распределением и зональным сосредоточением: 3 месторождения расположены в Вилочанской седловине и 4 из 6 в НБА (Талаканское, Вакунайское, Верхне-Чонское, Даниловское) приурочены к одной структурно-тектонической зоне (рис. 1). Такую статистику и распределение залежей в карбонатах на столь обширных и хорошо изученных территориях нельзя объяснить возможным пропуском коллекторов при проведении буровых работ по разным причинам геологического и технологического характера и необходима научная дискуссия по вопросам генезиса месторождений УВ.

Важную роль для обоснования природы и механизма формирования залежей в карбонатных пластах имеет выбор флюидодинамической парадигмы образования месторождений. Природа открытых залежей на территории НБА, залегающих вблизи кристаллического фундамента в осадочном чехле малой мощности, характеризующемся низким содержанием органического углерода и отсутствием условий для дальнейшей миграции УВ, не может быть объяснена с позиций осадочно-миграционной теории нефтегазообразования. Сошлемся в этом вопросе на авторитетное мнение член-корреспондента РАН Б.А. Соколова [9].

В связи с выявившейся глубинной дегазацией Земли, в том числе и углеводородной (CH_4 , CO_2 , N_2 , H_2 и др.), разрабатываются флюидодинамические схемы процессов нефтегазоаккумуляции, альтернативные классической биогенной. Одни из них предполагают образование залежей углеводородов в осадочном чехле непосредственно из мантийных флюидных потоков, другие — после переработки этими потоками накопленной бактериальной массы.

Теория конвергенции образования залежей углеводородов среди последних, на наш взгляд, является наиболее приемлемой для объяснения природы месторождений НБА [5]. Корректность применения этой теории предполагает существование подфундаментного источника, субвертикальную фильтрацию флюидов углеводородов и мощную осадочную толщину. Так, проведенные в последние годы геолого-геофизические исследования и моделирование, позволили подтвердить такие условия на территории Непско-Пеледуйского свода в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы [7].

Активизированные глубинные разломы с ключевой характеристикой «активизированные» во флюидодинамических теориях являются важной и неотъемлемой частью нефтегазоносных бассейнов. Влияние разломной тектоники на процессы нефтегазообразования общепризнанно и отражено во множестве публикаций, однако механизм влияния, увязываемый с параметрами активизации — цикличностью проявления, направлением генерации, временем и периодом активизации разломных систем остается недостаточно изученным.

Устанавливаемое современными методами геодинамики в зонах активных разломов интенсивное протекание деформационных и флюидодинамических процессов, приводящих к изменению физических свойств среды и массопереносу [8], позволяет предположительно увязывать процессы формирования и расформирования многопластовых залежей УВ на территории НБА с периодическими процессами активизации разломных систем различной пространственной генерации.

Методы проведения и результаты исследований

Теоретической основой исследований явились представления об образовании и развитии осадочно-породных и нефтегазоносных бассейнов (НГБ); методической — комплексная обработка и анализ многомерной геолого-геофизической информации на основе современных геоинформационных технологий. В основу статьи положены результаты настоящих и прошлых исследований авторов, отобранные и объединенные ее тематической направленностью для аргументации доминирующей роли разломной тектоники в природе нефтегазовых залежей на юге Сибирской платформы.

Ранее в краевых депрессиях востока Сибирской платформы (Вилюйская синеклиза), выполненных несколькими осадочно-породными бассейнами, нижний из которых рифей-нижнепалеозойский, установ-

лены периодические процессы разновозрастной активизации ранее заложенных систем глубинных разломов различных направлений и генераций. Назовем такие разломные системы бассейн-образующими. Показано, что эти конседиментационно-активные системы оказывают существенное влияние на седиментацию, формирование и стадийность развития ОПБ [2]. Высказано предположение, что ими отражается взаимосвязь эволюции седиментационных бассейнов с разломообразованием в тектоносфере и, в частности, с явлением основной делимости земной коры, ее глыбовым строением, определенным первичными разломами [1]. Поворот, по всей видимости, вызван последовательной активизацией уже существующих, ранее заложенных систем разломов различных направлений и генераций и обусловлен как механизмом планетарного характера, так и процессами, происходившими в протерозое-фанерозое в зонах сочленения Сибирского континента с другими континентальными блоками.

Установлено, что процессы активизации разломных систем характеризуются цикличностью (стадийностью) проявления, временем и периодом активизации, а также направлением генерации. Цикличность выра-

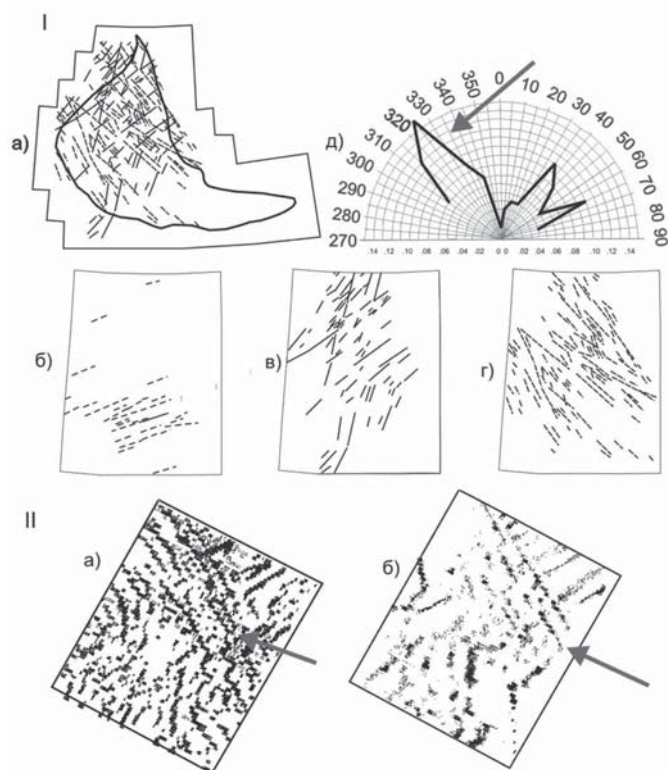


Рис. 2. Проявление активизации глубинных разломов север-северо-западного направления: I — обобщение разномасштабных линейментов по данным космических съемок (КС) на территории Вилуйской синеклизы: а) сборка линейментов различных направлений; линейменты направлений: б) восток-северо-восточного; в) северо-восточного; г) север-северо-западного; д) роза-диаграмма линейментов; II — линейменты магнитного (а) и гравитационного (б) полей на Атыяхской площади в Кемпендяйской впадине. Стрелка указывает на линейменты, отражающие разломную систему северо-западного простирания последней активизации, которые «секут» линейменты других направлений

жается в направленном повороте структурных планов вышележащих ОПБ по отношению к подстилающим от восток-северо-восточного до северо-западного направления; время активизации — временем заложения ОПБ, а период активизации — временем существования ОПБ [2].

В этой связи на основании универсальности принципа цикличности можно утверждать, что все процессы активизации бассейн-образующих разломных систем в постратепалеозойское время также имели место в синхронных отложениях одного рифей-нижнепалеозойского бассейна на юге Сибирской платформы, в т.ч. на территории НБА. Эти процессы не изменяли структурного плана сформировавшегося бассейна, но оставляли в нем линейные деструктивные зоны, nasledующие простирание активизированных в прошлом систем, которые оказали влияние на формирование и расформирование залежей УВ.

Если придерживаться точки зрения динамического характера формирования (расформирования) залежей в течение геологического времени, то на образование залежей в карбонатных пластах, относящихся к верхней продуктивной части разреза ОПБ, решающее влияние имели разломные системы последней активизации (в постмеловой период и по настоящее время), имеющие северо-западное простирание. Активизация таких разломных систем и ее характер установлены на территории Вилуйской синеклизы по результатам обработки разномасштабных линейментов рельефа земной поверхности по данным космических снимков и подтверждается данными специальной обработки гравитационного и магнитного полей [2] (рис. 2).

Предполагается, что под действием разломов северо-западной генерации происходят процессы одновременного формирования фильтрационно-емкостных свойств пласта-коллектора в карбонатной породе и переориентации локальных структурных планов ловушек, попадающих в зону их воздействия. Процессы происходят, очевидно, в результате направленного изменения физических свойств карбонатного скелета матрицы (в первую очередь пористости — трещинной, каверновой) под влиянием агрессивных флюидных растворов или магматических масс и постмагматических растворов, поступающих по разломам в период их активизации. Это приводит к изменению компрессионных характеристик пласта (модуля Юнга и коэффициента Пуассона) и переходу его в новое напряженно-деформированное состояние, наследующее простирание активизированной разломной системы.

Подчеркнем, что переориентация касается только локальных структурных планов залежи, относительно регионального структурного плана ОПБ, в результате чего образуется дискордантное соотношение структурного плана залежи в карбонатном пласте по отношению к региональному плану или плану залежи в терригенных отложениях венда на многопластовых месторождениях и коэффициент корреляции между структурными планами снижается ниже 0,7.

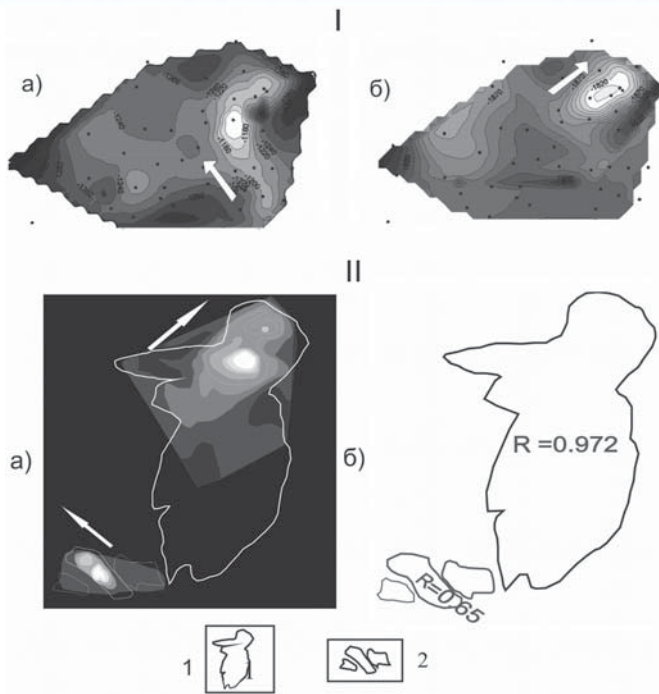


Рис. 3. К обоснованию существования разновозрастной активизации разломных систем: I — структурные планы на Верхне-Вилучанском месторождении по продуктивным горизонтам: а) юрхскому Ю-1 (юрхская свита венд-нижнего кембрия; б) харыстанскому (харыстанская свита венда) (матричное представление: светлые тона — поднятие, темные — погружение); точки — скважины; II — а) сопоставление карт коэффициентов гидропроводности газовой залежи ботубинского горизонта венда Чаяндинского месторождения и залежи нефти осинского горизонта нижнего кембрия Центрально-Талаканского месторождения (матричное представление: светлые тона — высокие, темные — низкие значения коэффициентов); б) коэффициенты корреляции между структурными планами горизонтов нижнего кембрия и венда на месторождениях. Контур месторождений: 1 — Чаяндинского; 2 — Талаканского

Проиллюстрируем существование разновозрастной активизации разломных систем и связанное с этим дискордантное залегание залежей в отложениях нижнего кембрия и отложениях венда в 2-х характерных структурно-тектонических зонах, отмеченных на рис. 1: на Верхне-Вилучанском месторождении (Вилучанская седловина) по данным обработки структурных планов (рис. 3-I), а также Талаканском газонефтеконденсатном (карбонатный коллектор нижнего кембрия) и Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении (терригенный коллектор венда) (центральная часть НБА) по данным испытаний притоков газа и нефти в скважинах с целью установления характера проницаемых зон (рис. 3-II).

Приведем примеры конформного поведения локальных структурных планов венда и нижнего кембрия на месторождениях, где открыты залежи УВ в терригенных отложениях венда, но отсутствуют залежи в карбонатных пластах нижнего кембрия (рис. 4).

С изложенной концепцией, если она верна, тесно увязывается предполагаемая стадийность

флюидонасыщения и формирования залежей вверх по разрезу.

При генерации в сформированном бассейне в постраннепалеозойское время разломов ранней северо-восточной генерации залежи в ловушках УВ образовались, вероятно, вначале в глубокозалегающих пластах-коллекторах базального терригенного комплекса венда под влиянием восходящих флюидных потоков из подфундаментных (криптогенных) и мантийных источников. Последующие генерации разломов других направлений, до проявления активизации системы северо-западной генерации, очевидно, влияли на флюидонасыщение вышележащих пластов венда и перестроивали залежи УВ между ними, но не приводили к процессу образования залежей за его пределами. На территории НБА в границах Республики Саха (Якутия) это — продуктивные горизонты в талахской, паршинской, курсовской, харыстахской и бюксской свит, перекрытые мощной толщей малопроницаемых карбонатов успунской и кудулахской свит.

Влияние разломной тектоники поздней северо-западной генерации на карбонатные пласты приводило непосредственно к образованию в них залежей за счет перестроивания (или расформирования) таковых в подстилающих отложениях венда. Влияние являлось более сложным и происходило с учетом отмеченного выше интенсивного протекания деформационных и флюидодинамических процессов, сопровождалось изменением физических свойств среды, унаследованием локального плана залежи направления активизированной разломной системы и приводило к дискордантному соотношению его с региональным структурным планом или локальными планами залежей в отложениях венда.

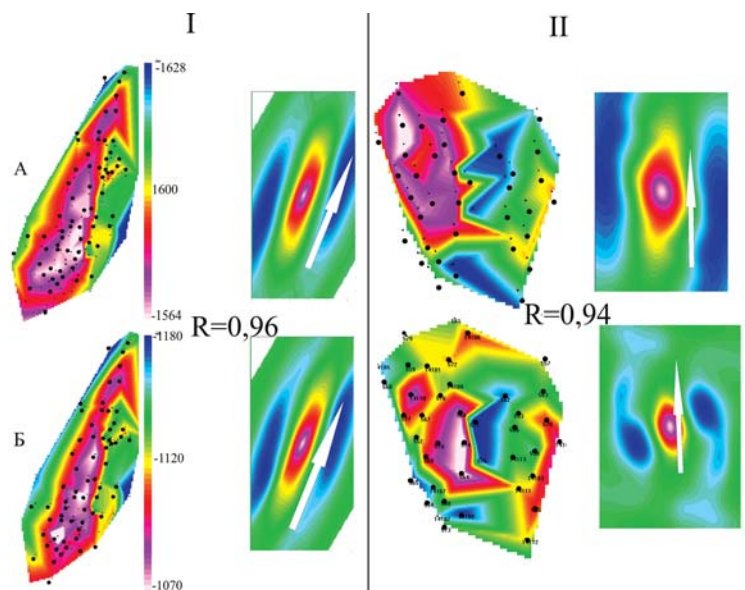


Рис. 4. Структурные планы и их двумерные функции автокорреляции для Средне-Ботубинского месторождения (I) и Таас-Юрхского месторождения (II) (матричное представление): А — по ботубинскому горизонту венда; Б — по осинскому горизонту билирской свиты нижнего кембрия. Точки — скважины. Стрелки — направление простирания структурных планов. R — коэффициент корреляции между планами

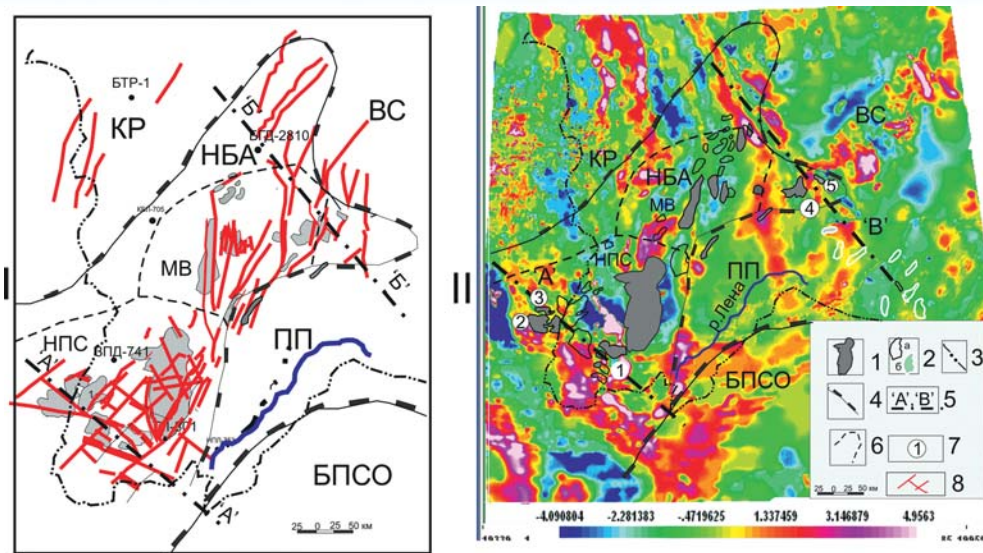


Рис. 5. К обоснованию пространственного размещения и локализации месторождений УВ с залежами в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия. Карты с накладкой локальных и надпорядковых структур в границах Республики Саха (Якутия): I — разломной тектоники ВНИГНИ [12]; II — карта магнитного поля ДТ: 1 — контуры месторождений; 2 — контуры структур, унаследующие простирание разломной системы: а) в фонде подготовки, б) в фонде выявленных; 3 — административная граница Якутии; 4 — границы надпорядковых структур: НБА — Непско-Ботубинская антеклиза, КР — Курейская синеклиза, ВС — Вилюйская синеклиза, БПСО — Байкало-Патомская складчатая область, ПП — Предпатомский прогиб; 5 —

положение условно осевых линий разломных систем северо-западного простирания; 6 — контуры Непско-Пеледуйского свода (НПС) и Мирнинского выступа (МВ) НБА; 7 — месторождения, на которые есть ссылки в тексте: 1 — Талаканское, 2 — Верхне-Чонское, 3 — Вакунайское, 4 — Верхне-Вилючанское, 5 — Вилюйско-Джербинское; 8 — разломы

Для практического применения установленного влияния разновозрастной активизации разломных систем на формирование залежей УВ при решении задач поиска месторождений нефти и газа особое значение приобретает выявление на месторождениях разломной тектоники, активизированной в антропогенное время и следов ее проявления в прошлые эпохи.

На территории НБА и Вилючанской седловины в границах Республики Саха (Якутия) нет проблем в идентификации систем разломов северо-восточного и субмеридионального направлений. На картах разломной тектоники различных авторских коллективов эти направления являются преобладающими. Пространственное размещение открытых здесь месторождений с залежами в венде (20 из 32, таблица) наследует доминирующее северо-восточное простирание и подтверждает несомненную связь природы образования этих залежей с системами разломов таких направлений (рис. 5-I).

Менее однозначным представляется выделение на картах разломной тектоники системы разломов северо-западного направления поздней генерации. На качественном уровне можно наметить одну линейную тектоническую зону, близкую к северо-западному простиранию на юге территории и проходящую через Талаканское газонефтяное месторождение, в которой наряду с разломами северо-восточного и субмеридионального направлений присутствуют разломы преимущественно северо-западного простирания (положение условной осевой линии А—А, рис. 5-I). Ее можно рассматривать как зону наложения разломных систем различных направлений генераций, где имеются условия для формирования залежей УВ в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия. В эту зону попадает Талаканское месторождение и далее, на ее продолжении — Вакунайское, Верхне-Чонское, Даниловское месторождения на территории Иркутского округа (рис. 5-I, рис. 1).

На картах разломной тектоники совсем не просматривается структурно-тектоническая зона северо-западного простирания через территорию Сюгджерской седловины (положение условно осевой линии Б—Б, рис. 5-II), существование которой в рамках излагаемой концепции могло объяснить локальное пространственное расположение открытых здесь месторождений с залежами в карбонатах венд-кембрия (Иктехское, Верхне-Вилючанское и Вилюйско-Джербинское месторождения) (рис. 1).

По нашему мнению, имеющиеся карты разломной тектоники по разным причинам, в т.ч. авторской субъективности, не являются вполне надежной основой для выделения активизированных разломных систем, в т.ч. системы северо-западной генерации.

Нашими исследованиями на территории НБА и Сюгджерской седловины в границах Республики Саха (Якутия) вслед за Н.Ф. Скопенко подтверждается связь пространственного размещения месторождений с линейными аномалиями магнитного поля. Связь состоит в том, что некоторые протяженные аномалии унаследуют положение разломных систем последней активизации, связанные с формированием залежей в карбонатных пластах, определение положения которых на картах разломной тектоники неоднозначно или затруднительно. На представленной карте магнитного поля ΔT , после его обработки, отчетливо выделяются 2 линейные аномалии вдоль условных осевых линий, увязываемые нами с разломными системами северо-западного простирания (рис. 5-II).

Первая из них, вдоль условно осевой линии А—А на юге территории подтверждает выделенное на карте разломной тектоники положение структурно-тектонической зоны северо-западного простирания. Вторая — вдоль условно осевой линии Б—Б — выявляет структурно-тектоническую зону аналогичного простирания в северной части НБА, которая проходит

также через территорию Сюгджерской седловины и не проявляется на карте разломной тектоники (рис. 5-II). Другие структурно-тектонические зоны северо-западного простирания на рассматриваемой территории Республики Саха (Якутия) не выделяются.

В поисках обоснования выделенных структурно-тектонических зон северо-западного простирания и установления характера регионального поведения за пределами северо-восточной части НБА их положение вынесено на фрагмент схемы разломной тектоники, заимствованный из классической *карты нефтегазоносности Сибирской платформы под редакцией А.Э. Конторовича и А.А. Трофимука, охватывающий* территорию НБА, Катангской седловины и Байкитской антеклизы. На фрагменте этой схемы легендой карты представлены только значимые (региональные) разломы в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле протяженностью более 150 км (рис. 1).

На такой «прореженной» по протяженности разломов схеме доминирует диагональная система, представленная региональными разломами северо-восточного и северо-западного направлений, два разлома из последнего направления подтверждены в северо-восточной части НБА как разломы последней генерации (рис. 5-II). На этом основании можно предположить, что на схеме отражаются активизированные в прошлом и настоящем разломы различной пространственной генерации.

Отметим две важные особенности пространственного распределения разломов на схеме, согласующиеся с изложенными положениями о природе месторождений и характере размещения залежей на территории обсуждаемых надпорядковых структур. Первое — разломы поздней северо-западной генерации проходят через территорию НБА и Вилючанской седловины или находятся на ней и не затрагивают территорию Катангской седловины и Байкитской антеклизы. Два из этих разломов — один на севере, второй в центре НБА, имеют трансрегиональное распространение и пересекают всю Сибирскую платформу. И второе — большинство разломов ранней северо-восточной и субмеридиональной генерации проходят также через НБА и Вилючанскую седловину (рис. 1). Эти особенности размещения разломной тектоники, на наш взгляд, объясняют причину размещения подавляющего числа открытых месторождений с залежами в терригенных пластах и карбонатных коллекторах (28 из 35, таблица) на территории НБА и Вилючанской седловины.

В этой связи перспективы открытия залежей в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия на территории НБА в границах Республики Саха (Якутия) связываются с площадями, примыкающими к выделенным разломным системам в центральной части и севере НБА (условные осевые линии А—А и Б—Б), а также на продолжении последней в Предпатомский прогиб, ширина зон влияния которых остается пока неизвестной. Для остальной территории НБА рекомендация относительно перспективности площадей, примыкающих к разломным системам северо-западного про-

стирания, остается актуальной, однако положение разломных систем при этом следует уточнять.

Обсуждение результатов

Отдавая отчет в том, что образование месторождений в ловушках УВ зависит и от многих других факторов, не связанных с активизацией разломных систем, считаем, что предполагаемая стадийность их образования под влиянием разломов является недостаточным, но необходимым условием формирования месторождений. Это позволяет объяснить статистику открытых месторождений вообще, в том числе с залежами УВ в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия (таблица).

Ловушки месторождений, в которых открыты залежи УВ в отложениях рифея и раннего венда прошли этап влияния разломов северо-восточной и (или) последующей север-северо-восточной и субмеридиональной генераций. Об этом свидетельствует тот факт, что подавляющее число таких месторождений (27 из 34) открыто в НБА и Вилючанской седловине (таблица), на структурных картах территории которых доминируют разломы отмеченной ориентации, а также аналогичное простирание самого контура НБА и месторождений на нем (рис. 5-I).

Ловушки на месторождениях, в которых открыты залежи УВ в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия, должны были находиться в зонах влияния активизированной системы поздней северо-западной генерации и одной или нескольких зонах влияния активизированных систем более ранних генераций. Другими словами, залежи УВ в карбонатных пластах этих отложений могут быть открыты на месторождениях, в которых ранее сформировались залежи УВ в продуктивных пластах терригенного комплекса венда и которые находятся в зонах интерференции разломных систем ранней и поздней генерации, что объясняет невысокую статистику открытия таких залежей (таблица).

Проведенные ранее гидродинамические и структурные построения по газонефтяной залежи осинского карбонатного горизонта (нижний кембрий) на Талаканском месторождении позволили выявить особенности такой зоны наложения разломных систем. Отмечается невысокое подобие карт дебитов и отметок залегания залежи $R = 0,67$ в центральном блоке при практически идентичном направлении простирания планов рассматриваемых карт. Установлено, что местоположение участков с улучшенными коллекторскими свойствами и повышенной продуктивностью скважин контролируется не гипсометрией залежи, а их приуроченностью к узлам пересечения разломов северо-западного простирания с разломами других направлений (рис. 6).

На рис. 6 максимум дебитов (в районе скважин 17964, 17952, 17953) смещен относительно максимальных отметок поверхности в районе скважины 17954, а их расположение вписывается в треугольник, образованный разломами север-северо-западного, субмеридионального и северо-восточного простирания.

На этом основании сделано два предположения. Первое — о том, что местоположение таких узлов яв-

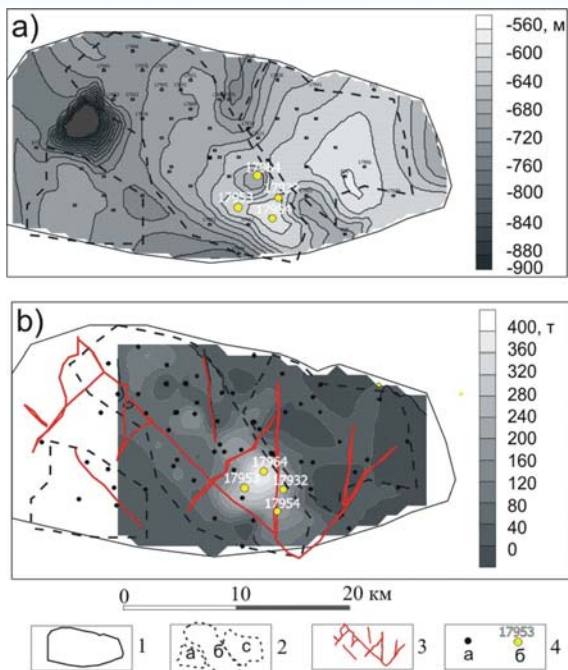


Рис. 6. Сопоставление карт на Талаканской площади (матричное представление: высокие отметки и дебиты — светлые тона): а) структурная карта по осинскому горизонту; б) карта продуктивности осинского горизонта с авторским вариантом разломной тектоники: 1 — контур Талаканского месторождения; 2 — блоки месторождения: а — Таранский; б — Центрально-Талаканский; с — Восточно-Талаканский; 3 — схема разломной тектоники; 4 — скважины: а — не рассматриваемые, б — рассматриваемые

ляется вертикальной проекцией каналов миграции флюидопотоков; второе — что в период формирования залежей в карбонатах нижнего кембрия, разломы поздней северо-западной генерации были первично активными, а сопряженные с ними участки разломов более ранней генерации — индуктивно активными и участвовали в процессах флюидонасыщения пласта-коллектора.

О высказанной связи флюидодинамических процессов в зонах активных разломов с процессами одновременного формирования залежей УВ и фильтрационно-емкостных свойств пласта-коллектора в карбонатной породе свидетельствуют построенные на ряде скважин Талаканского месторождения спектрально-глубинные развертки (СГР) данных акустического ка-

ротажа скважин по параметру D, отражающему ритмику осадконакопления [3]. Активность флюидодинамических процессов, обусловленная активизацией разломов, увязывается нами с трещиноватостью и сопутствующей ей вторичной пористостью карбонатного пласта и проявляется в различном характере СГР в приточных и бесприточных скважинах по продуктивному осинскому горизонту. При этом различия в рисунках СГР охватывают интервал залегания всего карбонатного (венд-кембрий) и карбонатно-галогенного комплекса (нижний кембрий), как наиболее подверженного процессам трещино- и кавернообразования (рис. 7).

В контуре эллипса — интервал залегания карбонатного и карбонатно-галогенного комплексов венд-кембрия и нижнего кембрия.

Системы разломов, определяющие блоковую делимость земной коры и играющие существенную роль в онтогенезе УВ, по мнению большинства исследователей, укладываются в планетарную сетку разломов, главными из которых считаются ортогональные (широтного и меридионального направлений) и диагональные субперпендикулярные (северо-восточного, ориентированные с юго-запада на северо-восток, и северо-западного, ориентированные с юго-востока на северо-запад). Приоритетность проявления систем в том или ином регионе определяется спецификой его геологического строения [1].

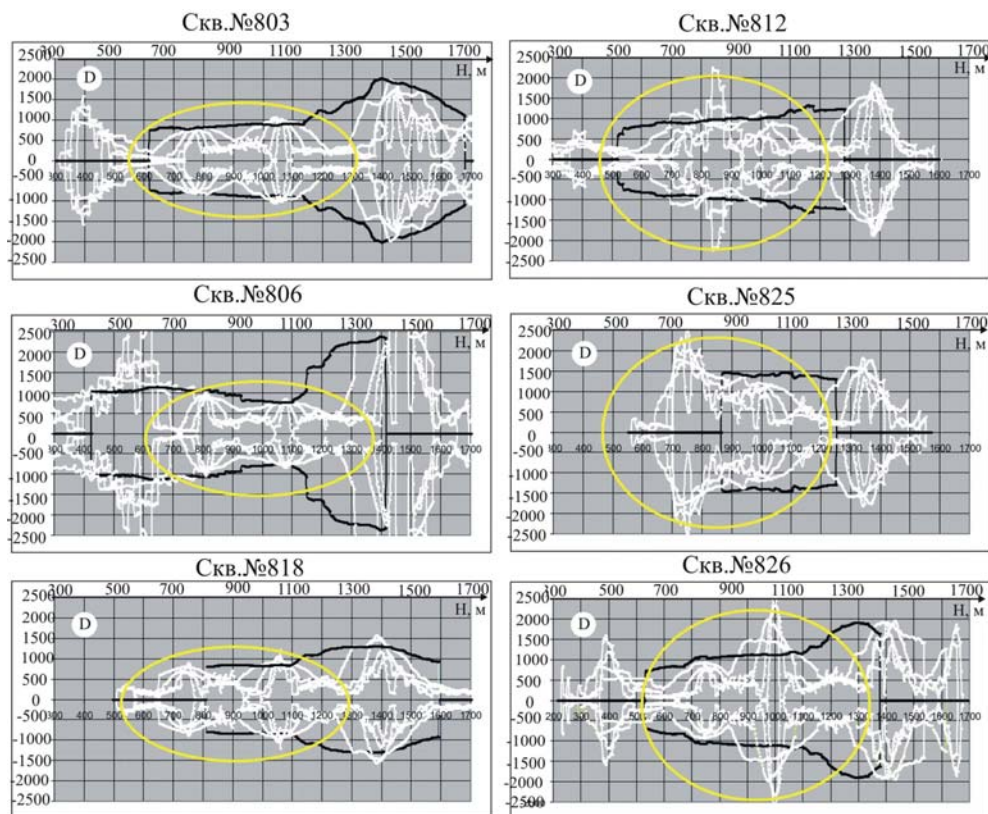


Рис. 7. Сопоставление СГР по всему стволу для непродуктивных (803, 806, 818) и продуктивных (812, 825, 826) скважин по осинскому горизонту Талаканского месторождения [3]. В контуре эллипса — интервал залегания карбонатного и карбонатно-галогенного комплексов венд-кембрия и нижнего кембрия

В изложенном влиянии разломных систем на стадию образования залежей УВ и разломно-блоковое строение НБА, в частности, проступает более значимая роль диагональной системы разломов планетарных направлений при подчиненной роли ортогональной [7], природу которой предстоит еще выяснить.

Выводы

1. Формирование месторождений в ловушках УВ в синхронных отложениях одного рифей-нижнепалеозойского ОПБ на территории НБА, вероятно, происходило за счет субвертикальных флюидных потоков из подфундаментных источников и процессов переформирования залежей УВ между продуктивными пластами венда под влиянием периодической активизации разломных систем различной пространственной ориентации.

2. Залежи УВ в продуктивных пластах терригенного комплекса венда образовались под влиянием активных разломов ранней северо-восточной и (или) последующей север-северо-восточной и субмеридиональной генераций, а залежи УВ в карбонатных горизонтах венд-кембрия и нижнего кембрия — под влиянием активных разломов поздней северо-западной генерации с унаследованием локальными структурными планами горизонтов простирания этих разломов. Это приводит к дискордантному соотношению локального структурного плана залежи в карбонатном пласте по отношению к региональному плану или плану залежи в отложениях венда на многопластовых месторождениях.

3. Устанавливается стадийность в образовании залежей в ловушках УВ вверх по разрезу. На первом этапе под действием разломных систем ранней северо-восточной и последующих генераций север-северо-восточной и субмеридиональной образуются и затем переформируются залежи в продуктивных пластах венда. Залежи в продуктивных карбонатных горизонтах венд-кембрия и нижнего кембрия формируются на 2 этапе под влиянием разломов поздней северо-западной генерации в зонах их наложения на разломы более ранней генерации за счет переформирования (расформирования) залежей в отложениях венда.

4. С позиции излагаемой стадийности залежи УВ в карбонатных породах венд-кембрия и нижнего кембрия могут быть открыты на территории ловушек, в которых ранее сформировались залежи УВ в продуктивных пластах терригенного комплекса венда. При этом коэффициент успешности открытия месторождений с такими залежами по отношению к общему числу открытых месторождений порядка 0,25 (таблица). Это означает, что при определении очередности поисков терригенные горизонты должны рассматриваться как основные или первоочередные.

5. Перспективы открытия залежей в карбонатах венд-кембрия и нижнего кембрия на территории Республики Саха (Якутия) связываются с площадями, примыкающими к выделенным разломным системам северо-западного простирания, ширина зон влияния которых остается пока неизвестной, а также на продолжении разломной системы Б—Б в Предпатомском прогибе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арчевов, В.Б. Блоковая делимость земной коры и нефтегазоносность: теория и методика исследований / В.Б. Арчевов // Нефтегазовая геология. Тектоника и практика. — 2012. — Т. 7. — № 2.
2. Берзин, А.Г. Некоторые закономерности активизации разломных систем и эволюции осадочно-породных бассейнов (Восток Сибирской платформы) / А.Г. Берзин, А.Ф. Сафронов, В.С. Ситников // Геология и разведка. — 2003. — № 3. — С. 3–8.
3. Берзин, А.Г. Опыт использования спектрально-глубинных разверток данных каротажа скважин для решения нефтегазопоисковых задач на Сибирской платформе / А.Г. Берзин, С.А. Берзин // НТВ «Каротажник», Тверь: АИС, 2011. — Вып. 8. (206). — С. 10–24.
4. Воробьев, В.Н. Месторождения нефти и газа центральной части Непско-Ботубинской антеклизы / В.Н. Воробьев, С.А. Моисеев, В.С. Ситников // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2007. — № 7. — С. 5–17.
5. Геология нефти и газа, 1981.
6. Конторович, А.Э. Плацдарм для броски на Восток / А.Э. Конторович, Г.С. Фрадкин, Г.С. Коржубаев и др. // Нефть России. — 2002. — № 12. — С. 36–39.
7. Марсанова, М.Р. Региональные особенности глубинного строения Непско-Пеледуйского свода и уникальной прогнозной нефтегазоносности подфундаментных образований / М.Р. Марсанова // Новые идеи в науках о Земле: Мат. XIII междунар. науч.-практич. конф. — Т. 1. — М.: МГРИ-РГГРУ, 2017. — С. 90–92.
8. Сидоров, В.А. Современная геодинамика и нефтегазоносность / В.А. Сидоров, М.В. Багдасарова, С.В. Атанасян и др. — М.: Наука. — 1989. — 200 с.
9. Соколов, Б.А. Новые идеи в геологии нефти и газа (избранные труды) / Б.А. Соколов. — М.: МГУ, 2001. — С. 233–310.
10. Скопенко, Н.Ф. Прогнозирование месторождений УВ в Непско-Ботубинской НГО на основе потенциальных полей / Н.Ф. Скопенко, Ю.Л. Зуйкова, Н.А. Малышев, М.Б. Скворцов // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 8. — С. 31–34.
11. Фортунатова, Н.К. Карта строения природных резервуаров венд-нижнекембрийских карбонатных комплексов Лено-Тунгусской НГП / Н.К. Фортунатова, А.Г. Швец-Тэнзета-Гурий. — М.: ВНИГНИ, 2010.
12. Шемин, Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботубинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина), Монография. — Новосибирск: РАН, 2007. — С. 8–9.

© Коллектив авторов, 2019

Берзин Анатолий Георгиевич // a_berzin@mail.ru
Марсанова Мария Романовна // marigotov@mail.ru
Третьяков Максим Феликсович // gharta@mail.ru
Берзин Сергей Анатольевич

УДК 553.48+549.32+549.33

Кунгурова В.Е., Сидоров М.Д., Степанов В.А., Трухин Ю.П. (Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения РАН)

ГЛЫБА НИКЕЛЕВОЙ РУДЫ В МОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДУКУКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА КАМЧАТСКОЙ НИКЕЛЕНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

*В моренных отложениях встречена и исследована глыба интенсивно сульфидизированных пород ультрамафитового состава размером 0,7 × 1,0 м и весом около 2 т. Количество сульфидов составляет от 30 до 70 %. Основные минералы представлены пирротином (70–85 %), халькопиритом (5–15 %) и пентландитом (5–7 %). Средние содержания рудных элементов составляют (в %): никель — 1,99, медь — 1,83, кобальт — 0,077; благородных металлов (в г/т): платина — 0,28, палладий — 0,35, золото — 0,29. **Ключевые слова:** Камчатская никеленосная провинция, никель, медь, кобальт, элементы платиновой группы.*