

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/9\\_2018](https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2018)

УДК 551.242:551.72/.73:553.98(571.5)

**Бурова И.А.**Акционерное общество «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, [ins@vnigri.ru](mailto:ins@vnigri.ru)

## **ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ БЛОКОВ ФУНДАМЕНТА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕНД-КЕМБРИЙСКОГО ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА**

*Построена секвенс-стратиграфическая модель слоевой последовательности венд-кембрийского осадочного чехла. Выделены три осадочных бассейна с характерной для каждого системой напластования: бюско-турский ( $V_2^1$ ), успунско-кудулахско-юряхский ( $V_2^2$ ), ниже-среднекембрийский ( $E_1$ - $E_2$  ат). Проведена реконструкция седиментационных (первичных) бассейнов, составляющих структуру осадочных бассейнов. Установлена связь образования пород-коллекторов с регрессивной фазой осадконакопления. Проанализирована связь распределения продуктивных горизонтов нефтегазоносных комплексов с колебательными движениями блоков фундамента трех тектонических провинций: южной части Анабарской провинции, южной части Ачитканского подвижного пояса и северо-западной части Алданской провинции.*

**Ключевые слова:** *секвенс-стратиграфическая модель, тектоническая провинция, венд-кембрийский седиментационный комплекс, осадочный бассейн, седиментационный бассейн, регрессивная фаза осадконакопления, нефтегазоносный комплекс, Сибирская платформа.*

Проблема поиска и прогноза залежей углеводородов (УВ) в древних карбонатных отложениях венд-кембрийского осадочного чехла Сибирской платформы связана с распространением структурно-фациальных районов, формирование которых контролировалось тектоническими блоковыми движениями фундамента Сибирского кратона. Эти движения в процессе геологического времени имеют разный по времени и знаку направленности прерывисто-непрерывный характер, контролируя все процессы литогенеза, в бассейнах осадконакопления (седиментационных палеобассейнах), изменяя их формы и размеры, формируя в итоге, реально существующие структуры осадочного чехла - осадочные бассейны [Осадочные бассейны..., 2004]. Реконструкция исходных седиментационных палеобассейнов, их границы и особенности осадконакопления, их смены по вертикали (во времени), важна для выделения в разрезе осадочного чехла нефтегазоносных комплексов (НГК).

В современной структуре Сибирского кратона (фундамента) различают три сектора: западный, северо-западный и юго-восточный. По-видимому, прежде чем объединиться в структуру кратона, террейны (тектонические блоки) группировались в крупные геологические тела, а позднее столкновение и слипание последних привели к возникновению

единого кратона. В структуре кратона разнообразные террейны объединены в более крупные единицы – супертеррейны или тектонические провинции: Тунгусская – западный сектор; Анабарская и Оленекская – северо-западный сектор; Алданская и Становая – юго-восточный сектор, которые также состоят из тектонических блоков и включают раннепротерозойские складчатые (орогенные) пояса. Особое место занимает Аkitканский вулканогенный пояс, разделяющий Анабарскую и Алданскую тектонические провинции [Розен, 2003; Хаин, 2001]. Выделение тектонических провинций основано на геологических и пространственных соотношениях, а также геофизических полей. Фундамент кратона выступает на поверхность в двух крупных массивах: на юго-востоке это Алдано-Становой щит, на севере – Анабарский. Остальная площадь кратона покрыта осадочным чехлом. Суждение об основных элементах фундамента под осадочным чехлом основывается на геофизических данных (структурные единицы первого порядка достаточно отчетливо выражены, в частности, в полях аномального магнитного поля) и данным скважин, пробуренных через осадочный чехол до фундамента.

Для решения поставленной задачи, а именно, влияния колебательных движений блоков фундамента на формирования НГК в отложениях венд-кембрийского осадочного чехла, можно ограничиться юго-восточной частью Сибирского платформы. Этот район является наиболее разбуренной и изученной геофизическими методами частью платформы. Здесь в структуре фундамента выделяются блоки трех тектонических провинций: южная часть Анабарской, северо-западная часть Алданской и между ними наиболее молодой структурный элемент фундамента – Аkitканский вулканоплутонический подвижный пояс северо-восточного простирания. Подвижный пояс пересекает платформу от её южного угла близ Иркутска до слияния рек Лены и Вилюя, где перекрыт вулканогенно-осадочным комплексом Вилюйского палеозойского рифта и почти под прямым углом срезает юго-восточные простирания структур Анабарской и Оленекской провинций, а вдоль Ленской зоны – северо-северо-западное простирание Алданской провинции.

Сформированный осадочный чехол Сибирской платформы, несмотря на значительные тектонические перестройки в протерозое и фанерозое, зафиксированные крупными перерывами и несогласиями, подчеркнул гипсометрическое положение тектонических блоков. На основании сетки региональных разломов – межблоковых систем, а также структурных единиц первого порядка (крупных блоков фундамента), сотрудниками отдела Восточной Сибири ВНИГРИ, под руководством В.Б. Арчегова, проведено нефтегазогеологическое районирование Сибирской платформы на уровне нефтегазоносных областей (НГО). Выделенные НГО довольно четко распределились по территориям тектонических провинций. Наиболее изученными на данный момент являются Ангаро-

Ленская и Непско-Ботуобинская НГО – южная часть Анабарской тектонической провинции; Предбайкальская и Западно-Вилуйская НГО – южная часть Аkitканского подвижного пояса; Северо-Алданская перспективная НГО (ПНГО) – северо-западная часть Алданской тектонической провинции (рис. 1) [Арчegov и др., 2000; Нефть и газ..., 2006].

Исследования разрезов венд-кембрийской осадочной толщи, проводимые на территориях соответствующих НГО с целью поиска залежей УВ, показывают, что начало плитного периода формирования Сибирской платформы происходит на рубеже позднего рифея и венда. После почти полного осушения в позднем рифее в результате тектонических событий в Палеоазиатском океане на территории южной части Аkitканского подвижного пояса (Предбайкальская НГО) началась крупная бюкско-тирская трансгрессия морского бассейна, положившая начало формированию мощной (от 1300 до 2900 м) сульфатно-галогенно-карбонатной формации венд-кембрийской осадочной толщи. По составу слагающих толщу пород это сложно построенный многоярусный солеродный осадочный бассейн, где мощности доломитов биохемогенного генезиса превышают мощности пластов каменной соли, известняков и сульфатных пород.

Важнейшим методом восстановления истории тектонических движений блоков фундамента является анализ сравнения мощностей сформированных отложений осадочного чехла, показывающий расположение областей с большей или меньшей амплитудой прогибания. Анализ мощностей лежит также в основе выделения в осадочном разрезе систем напластования или седиментационных комплексов слоевой последовательности (секвенции).

Автором статьи в течение продолжительного времени разрабатывалась секвенс-стратиграфическая модель слоевой последовательности системы напластования венд-кембрийского осадочного бассейна с помощью корреляции каротажных диаграмм и изучения кернового материала, характеризующих вертикальные разрезы скважин (И.А. Бурова, 1997, 1998, 2001). Благодаря большой разрешающей способности радиоактивных методов каротажа при их использовании удалось дифференцировать галогенно-карбонатную толщу на седиментационные комплексы. Седиментационный комплекс представляет собой стратиграфическую единицу, сложенную согласной последовательностью генетически взаимосвязанных слоев и ограниченную в кровле и подошве несогласиями либо соответствующими им согласными поверхностями. [Сейсмическая стратиграфия, 1982, стр. 109]. Принципы построения секвенс-стратиграфической модели тесно связаны с тектоническими движениями, влекущими за собой изменения разностей отметок между высотами континентов и глубинами океанов, что приводит к соответствующим колебаниям уровня мирового океана, то есть к трансгрессиям и регрессиям, однозначно проявляющимся по всей поверхности земного шара.

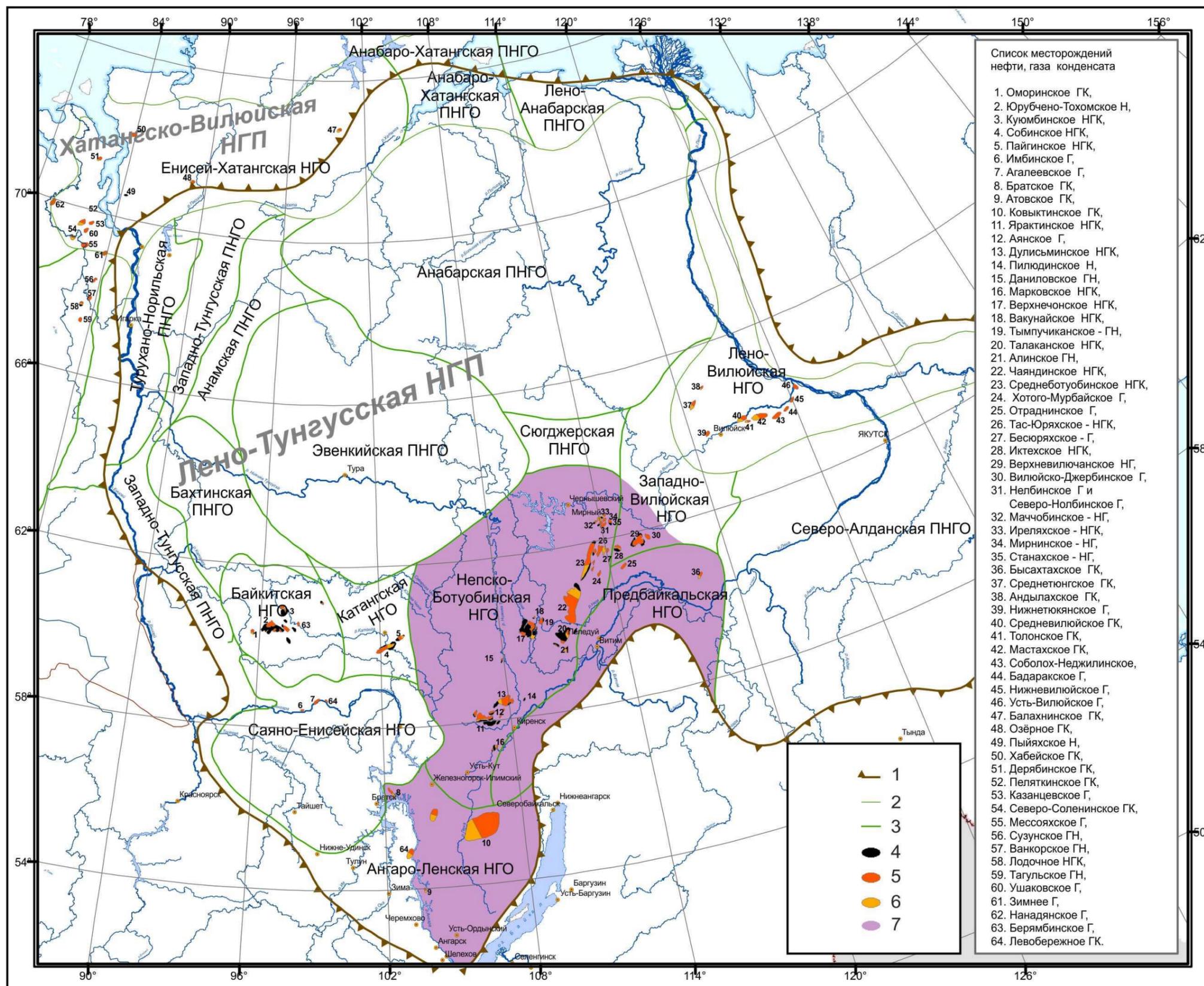


Рис. 1. Нефтегазогеологическое районирование Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) [Нефть и газ..., 2006]

1 - граница Сибирской платформы, 2 – нефтегазоносные провинции Сибирской платформы, 3 - границы НГО; тип месторождения: 4 – нефть, 5 – газ, 6 – конденсат, 7 - область распространения каменной соли.

Любой цикл относительного изменения уровня моря состоит из постепенного подъема, стабилизации и быстрого понижения. Эти колебательные движения не вызывают деформацию пород, но изменяют состав и последовательность отложений, образуя системы напластования (секвенции) или седиментационные комплексы.

При выделении седиментационного комплекса руководствуются единственным объективным критерием – физическими соотношениями между слоями (показания радиоактивного каротажа). Совокупность объективного определения границ седиментационного комплекса и систематического анализа условий осадконакопления генетически взаимосвязанных слоев внутри комплексов делает данную концепцию фундаментальным и исключительно удобным базисом для интерпретации последовательности осадконакопления.

В соответствии с изложенной моделью венд-кембрийская галогенно-карбонатная осадочная толща представляет собой секвенцию высокого порядка или мегасеквенцию, которая состоит из трех крупных систем напластования более мелкого порядка – седиментационных комплексов (трактов).

**Тракт низкого стояния уровня моря LST** (постепенный подъем уровня моря) соответствует системе напластования бюкско-тирского осадочного комплекса ( $V_2^1$ ), сформированного в виде проградационной клиноформы. Максимальные мощности осадочной системы до 682-737 м наблюдаются в грабенах Аkitканского подвижного пояса (Березовская впадина) (табл. 1). Вертикальный разрез сложен последовательно доломитами телгеспитской пачки (в подошве); самыми древними солями торсальской пачки, биохемогенными сульфатно-карбонатными породами аянской пачки (рис. 2, 3). На западе, на территории южной части Анабарской тектонической провинции (Непский палеосвод Непско-Ботуобинской антеклизы – структура Непско-Ботуобинской НГО), наблюдаются латеральное сокращение мощности тракта до 5-70 м и несогласное налегание слоев на рифейских породах, а нередко и на породах фундамента (см. табл. 1). Вертикальный разрез представлен отложениями тирской свиты тирского регионального горизонта (РГ) – доломитовыми породами различного генетического типа с прослоями магнезитовых пород [Бурова, Шибина, Корвет, 2017]. На востоке, на территории Алданской тектонической провинции (Алданская моноклиза – структура Северо-Алданской ПНГО), мощности значительно уменьшаются, в среднем до 210 м, предположительно за счет выклинивания слоев телгеспитской и торсальской пачек, а также сокращения аянской пачки, и представляют собой ангидритодоломитовые отложения нижней части юдомской свиты (иктехской толщи) (см. рис. 2, 3).

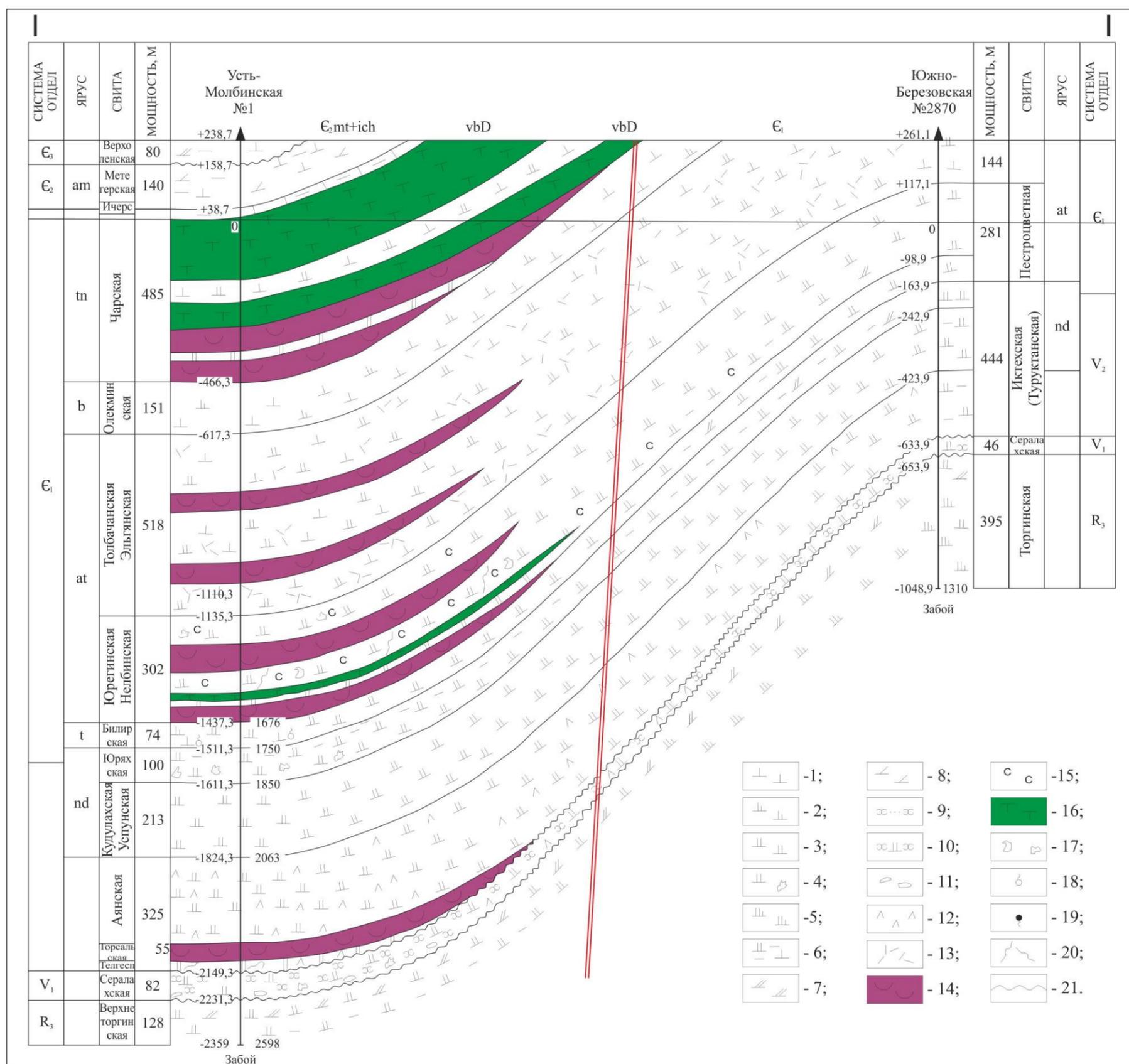


Рис. 2. Литолого-геологический разрез по профилю I-I': скважины Усть-Молбинская 1 - Южно-Березовская 2870

1 - известняки; 2 - известняки доломитовые; 3 - доломиты; 4 - доломиты кавернозные; 5 - доломиты известковые или известковистые; 6 - доломиты, известняки глинистые; 7 - мергель доломитовый; 8 - мергель известковый; 9 - песчаники; 10 - песчаники доломитовые; 11 - гравелиты; 12 - пласты ангидрита; 13 - содержание кристаллов ангидрита в карбонатной породе; 14 - пласты каменной соли; 15 - соль в породе (засоление карбонатной породы); 16 - дайки трахидолеритов: габбро-долеритов, габбро, долеритов; 17 - каверны более 1 мм; 18 - запах газа при ударе по керну; 19 - вытопы нефти; 20 - макротрещины; 21 - перерыв.

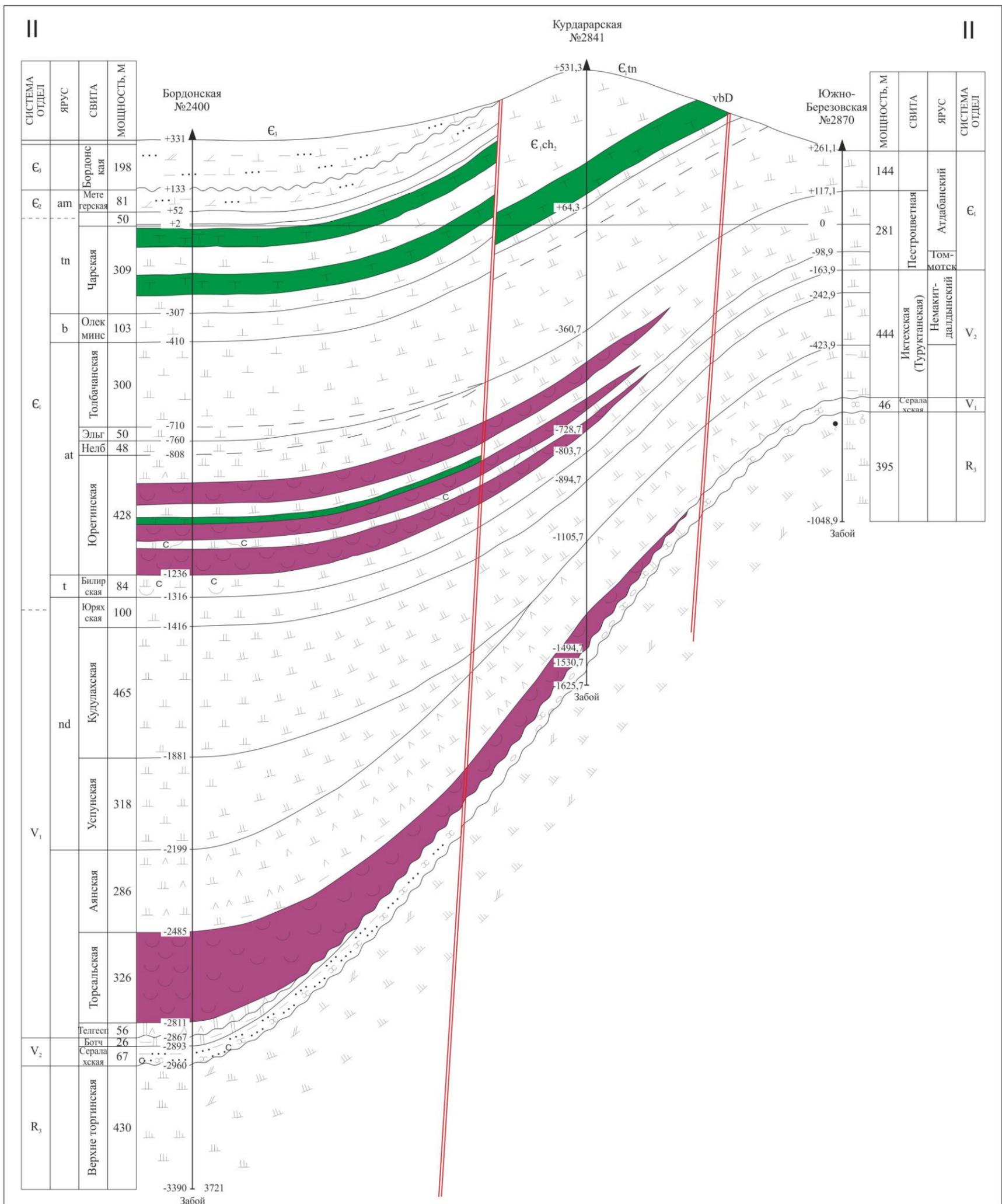


Рис. 3. Литолого-геологический разрез по профилю II-II: скважины Бордонская 2400-Курдарарская 2841-Южно-Березовская 2870  
Усл. обозначения на рис. 2.

Таблица 1

**Схема стратиграфической корреляции седиментационных комплексов (трактов) карбонатной венд-кембрийской мегасеквенции Анабарской, Алданской тектонических провинций и Ачитканского подвижного пояса, нефтегазоносные комплексы**

стратиграфия					Анабарская тектоническая провинция										Ачитканский подвижный пояс					Алданская тектоническая провинция																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					Ангаро-Ленская НГО, Непско-Ботуобинская НГО, Сюджеская ПНГО, Анабарская ПНГО										Предбайкальская НГО, Западно-Вилуйская НГО					Северо-Алданская ПНГО																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					Ангарский ФР					Сюджеро-Непский ФР					Предпатомско-Вилуйский ФР					Алданский безсолевой ФР																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
					Ангарская ступень					Непско-Ботуобинская антеклиза					Березовская впадина					сев.-зап. склон Алданского поднятия																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
эонотема	эротема	система	отдел	ярус	региональный горизонт, свита	продуктивный горизонт	индекс пласта, покрывка	мегаеквенция	тракты	отражающий горизонт - ОГ	свита, подсвита	продуктивный горизонт	индекс пласта	НГК	мощность тракта	свита, подсвита, толща	продуктивный горизонт	индекс пласта	нефтегазоносные комплексы НГК	мощность тракта	свита, подсвита, толща	продуктивный горизонт	мощность тракта	суммарная мощность тракта																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
фанерозой	FR	нижний палеозой	PZi	кембрийская	E <sub>1</sub>	ам	литвинцевская	HST <sub>4</sub>	HST <sub>4</sub>	метегерская	ичерская	соль	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																											E <sub>2</sub>	am	литвинцевская	HST <sub>4</sub>	HST <sub>4</sub>	метегерская	ичерская	соль	HST <sub>3</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																																																						E <sub>1</sub> tn	ангарская	HST <sub>3</sub>	HST <sub>3</sub>	чарская	чарская	соль	HST <sub>2</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																		
																																																																																	E <sub>1</sub> b	булайская	HST <sub>2</sub>	HST <sub>2</sub>	олекинская	олекинская	олекинский	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																																																							
																																																																																																												E <sub>1</sub> at	бельская	HST <sub>2</sub>	HST <sub>2</sub>	в.толбачанская	н.толбачанская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																												
																																																																																																																																								E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																				E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																				
																																																																																																																																																																																																E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																								
																																																																																																																																																																																																																												E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																												
																																																																																																																																																																																																																																																								E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																
																																																																																																																																																																																																																																																																																				E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																				
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																								
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>
E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																											E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																																																						E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																																																																																		
																																																																																	E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																																																							
																																																																																																												E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																																												
																																																																																																																																								E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																				E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																																																				
																																																																																																																																																																																																E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																																																								
																																																																																																																																																																																																																												E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																																												
																																																																																																																																																																																																																																																								E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>																																																																																
																																																																																																																																																																																																																																																																																				E <sub>1</sub> t	усольский РГ	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	нелбинская	юрегинская	соль	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST <sub>1</sub>	HST																																																	

**Трансгрессивный системный тракт TST** (относительная стабильность уровня моря) соответствует системе напластования успунско-кудулахско-юряхского осадочного комплекса даниловского РГ ( $V_2^2$ ). Согласно поверхность подошвы успунской свиты (преображенский горизонт) отделяет отложения трансгрессивного системного тракта (TST) от нижележащих отложений бюкско-тирского осадочного комплекса (тракта низкого стояния уровня моря LST). Отложения представлены биохомогенными доломитами и доломито-ангидритами успунской и кудулахской свит, водорослевыми известняками и доломитами юряхского и его аналогом устькутского горизонтов верхнего венда ( $V_2^2$ ). Характерной особенностью отложений является отсутствие в их составе пластов солей (см. табл. 1). Территория южной части Аkitканского подвижного пояса (Предбайкальская НГО) продолжает прогибаться интенсивнее западных и восточных областей. Так на территории Березовской впадины отмечаются максимальные мощности, достигающие 883 м (скв. Бордонская 2400), постепенно уменьшаясь на запад до 200-350 м (Нюйско-Джербинская впадина – западная структура Предбайкальской НГО). На западе, на южной территории Анабарской тектонической провинции (Непско-Ботуобинская НГО), вертикальный разрез представлен отложениями даниловского РГ мощностью от 150 до 180 м. Латеральное сокращение мощности произошло, возможно, в результате выклинивания слоев верхней части успунской и нижней части кудулахской свит. На востоке, на территории Алданской тектонической провинции (Северо-Алданская ПНГО), мощности также значительно уменьшаются, в среднем до 234-306 м, предположительно за счет выклинивания слоев успунской и кудулахской свит. Вертикальный разрез представлен отложениями верхнеюдомской (нижнеиктекской) свиты (см. рис. 2, 3).

**Тракт высокого стояния уровня моря HST** (относительное поднятие уровня моря) представляет собой многоярусную систему напластования ниже-среднекембрийского осадочного комплекса ( $E_1 - E_2$  am). Отделяется выделенный осадочный комплекс от нижележащего трансгрессивного тракта (TST) согласно залегающими подосинскими (нижнебилырскими) отложениями, представленными пластом подосинских солей на территории южной части Анабарской тектонической провинции (Ангаро-Ленская НГО). Заканчивается тракт высокого стояния уровня моря (HST) пластом метегерских солей среднего кембрия амгинского яруса на территории Аkitканского подвижного пояса - Западно-Вилуйская НГО (см. табл. 1). Осадочный комплекс нижнего-среднего кембрия представляет собой мощную систему напластования галогенно-карбонатных отложений - чередование пластов солей различной мощности с хомогенными (тонко-мелкозернистыми, сульфатными), биохомогенными (комковато-сгустковыми), биогенными (водорослевыми) карбонатными породами.

На территории Аkitканского подвижного пояса (Предбайкальская НГО) система напластований ниже-среднекембрийского осадочного комплекса имеет мощность до 1916 м. При подсчете суммарных мощностей пластов соли учтено постседиментационное перераспределение усольских солей, отраженное в сдвоенных, а иногда и строенных вертикальных разрезах скважин. [Бурова, Кубетова, Шостак, 2011]. На территории Анабарской тектонической провинции (Непско-Ботуобинская НГО) мощность отложений немного уменьшается от 1135 м. На востоке, на территории Северо-Алданской ПНГО (северо-западная часть Алданской тектонической провинции), формируется бессолевой разрез ниже-среднекембрийского осадочного комплекса. В связи с тем, что отложения комплекса формируются по склону Алданского поднятия, мощности колеблются от 723 до 1300 м.

В структуре ниже-среднекембрийского осадочного комплекса выделяются повторяющиеся трансгрессивно-регрессивные системы напластования: билирско-усольская (юрегинская) - HST<sub>1</sub> (Є<sub>1</sub> t-at); эльгянско-толбачанская - HST<sub>2</sub> (Є<sub>1</sub> at); булайско-ангарская или олекминско-чарская - HST<sub>3</sub> (Є<sub>1</sub> b-tn); ичерско-метегерская или литвинцевская - HST<sub>4</sub> (Є<sub>1</sub> tn - Є<sub>2</sub> am) (см. табл. 1). Границы распространения этих систем напластований контролируются территориями Анабарской тектонической провинции (Ангаро-Ленская и Непско-Ботуобинская НГО) и Аkitканского подвижного пояса (Предбайкальская и Западно-Виллюйская НГО).

Изложенная модель позволила чисто теоретически выстроить полный, непрерывный вертикальный разрез венд-кембрийской осадочной толщи. Границы выделенных систем напластования подтверждаются наличием соответствующих им отражающих горизонтов на сейсмических профилях КВ, П. Выделенные системы напластования трех осадочных комплексов: 1) бюкско-тирского (V<sub>2</sub><sup>1</sup>) осадочного комплекса; 2) успунско-кудулахско-юряхского (V<sub>2</sub><sup>2</sup>) осадочного комплекса; 3) ниже-среднекембрийского (Є<sub>1-2</sub>) осадочного комплекса, являются реально существующими структурами осадочного чехла - осадочными бассейнами, сформировавшимися в течение определенного тектонического этапа. При таком понимании, вертикальный разрез каждого выделенного осадочного бассейна включает последовательность пород, которая образовалась в результате сменявших друг друга седиментационных палеобассейнов или бассейнов осадконакопления [Осадочные бассейны..., 2004].

Реконструкция первичных (седиментационных) палеобассейнов является обязательным компонентом бассейнового анализа. При этом решаются две группы задач. Первая из них условно может быть отнесена к изучению процессов образования и раннего диагенеза вещества (осадка, породы) в среде с определенными свойствами и названа геохимией

(биохимией) седиментогенеза. Вторая группа задач - к анализу распределения и взаимоотношения пород различных фациальных типов, анализу общего строения осадочного заполнения структуры бассейна и анализу связи осадконакопления и тектоники. Геодинамический тип сформированных седиментационных бассейнов и связанные с ним флюидные и гидродинамические режимы важны для понимания условий осадконакопления древних карбонатных пород и формирования в них залежей УВ.

В связи с первой группой задач при реконструкции седиментационных палеобассейнов необходимо отметить принципиальные различия в способе формирования терригенных и галогенно-карбонатных осадков. Как известно, сущность терригенного осадконакопления - в механической дифференциации обломочного материала, снесенного с суши в области шельфа и материкового склона морей и океанов. Специфика карбонатного осадконакопления заключается в его осаждении из водной среды за счет трех основных способов осаждения карбонатного вещества – биогенного, биохемогенного и хемогенного [Кузнецов, 2003]. При этом, поступление в бассейн с карбонатным осадконакоплением обломочного материала должно быть минимальным, особенно в случае накопления биогенных (водорослевых) известняков. Заполнение осадкоемкого пространства происходит в процессе стратификации вод морского бассейна. Возникновение стратификации обычно связывают с плотностным расслоением морской водной толщи: это либо температурное (в результате нагревания и облегчения поверхностного слоя), либо солевое, обусловленное активизацией испарения или неравномерным распределением привносимого взвешенного и растворенного материала. Причины расслоения, в свою очередь, контролируются наличием предпосылок для их развития и показателей их интенсивности (сейсмических, структурно-морфологических, гидрогеохимических, геотермальных и др.).

Новые фактические данные подтвердили активное и масштабное участие в современном и древнем седиментогенезе «холодных» (амагматических) флюидных разгрузок и их включений, после тех или иных трансформаций в осадочно-аккумулятивные процессы. Целенаправленные исследования по палеоседиментационным следствиям былых восходящих разгрузок проводились в течение многих лет коллективом ВСЕГЕИ [Дегазация Земли..., 2012]. По литологическим, минералогическим и геохимическим особенностям галогенно-карбонатные породы венд-кембрийской толщи Сибирской платформы можно отнести к биохемогенной флюидно-осадочной ассоциации, состоящей из инъекционно-осадочных парагенезов. По геохимическим особенностям это флюиды галофильной разновидности: рассолы, преимущественно Cl–Na–Ca и Cl–Ca типов высококонцентрированные, с комплексом галофильных микрокомпонентов, содержащие H<sub>2</sub>S (рассольно хлоридно-кальциевый тип), высокосерные жидкие УВ и конденсаты и газы – УВ,

H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> и др. Характерными видами галофильных парагенезов являются соляно-доломито-строматолитовые литофации, образованные в процессе геологического времени за счет распространения ореола влияния произошедшей флюидной разгрузки в пространство бассейновой морской среды [Беленицкая, 2012].

Не последнюю роль в образовании карбонатных осадков играет существующий в вендское время биоценоз, который характеризуется наличием циано-бактериальных сообществ. Основой разных видов таких сообществ являются хемосинтетические и метанотрофные микроорганизмы, способные употреблять компоненты морской воды любого состава, переводя их в формы, доступные для использования другими организмами и, в конечном счете, в разной мере обогащая ими возникающие осадки. Образованные биохемогенные тела формируются в виде протяженных непрерывных горизонтов либо в виде дискретных рассредоточенных групп, контролируемых рельефом дна морского бассейна. Данные, основанные на использовании сканирующей микроскопии, показывают, что воздействие цианей на образование пелитоморфных доломитовых пород может быть косвенным, опосредованным путем создания благоприятной геохимической обстановки микроорганизмами (бактериями) и без создания биогенных структур [Кузнецов, 2003]. За счет процесса заполнения осадкоемкого пространства карбонатным материалом различного генезиса происходит формирование седиментационных слоев, как геологических тел – объектов первого надпородного уровня организации, который следует за петрографическим уровнем.

Для решения второй группы задач в реконструкции седиментационных бассейнов, а именно анализа распределения и взаимоотношения пород различных фациальных типов, анализа общего строения осадочного заполнения структуры бассейна и анализа связи осадконакопления и тектоники. Термин «слой» обозначает систему нескольких родственных литолого-генетических типов пород, которая ограничена более или менее отчетливо выраженными межслоевыми поверхностями [Шишлов, 2010]. Следствием этого определения является возможность и необходимость разработки типизации слоев, как особой группы природных объектов, по набору и пространственным взаимоотношениям литолого-генетических типов пород. При этом удастся установить «структурно-генетические типы слоев», объединяющие множество слоев, сложенных одинаковым набором родственных по условиям накопления литолого-генетических типов пород, которые закономерно структурированы и ограничены близкими по морфологии межслоевыми поверхностями. В результате трансгрессивно-регрессивного цикла осадконакопления образуется последовательность слоев, состоящая из двух групп: нижней – трансгрессивной и верхней – регрессивной. Каждая слоевая последовательность возникает в процессе заполнения

осадкоемкого пространства. Образование трансгрессивной последовательности слоев связано с подъемом относительного уровня моря, то есть с режимом недокомпенсации, при котором скорость осадконакопления оказывается меньше, чем скорость увеличения осадкоёмкого пространства. С течением времени скорость накопления осадков, формирующих седиментационные слои, превышает скорость увеличения осадкоемкого пространства. Это приводит к падению относительного уровня моря и накоплению регрессивной последовательности седиментационных слоев. В момент полного заполнения осадкоемкого пространства цикл формирования трансгрессивно-регрессивной последовательности слоев заканчивается крайним обмелением, приводящим к выветриванию или эрозии (умиранию системы).

Связь с тектоникой, в этом случае, очевидна, так как карбонатные платформы погребены в тех районах, где скорости тектонического погружения и/или поднятия уровня моря превышают скорость накопления карбоната. Относительные поднятия со скоростью 6-10 мм/10<sup>3</sup> лет уничтожают карбонатные платформы. Образование карбоната может прекратиться в любом регионе под воздействием среды, включая такие воздействия, которые вызваны тектоническим перемещением плит по направлению к высоким широтам или быстрыми изменениями уровня моря [Обстановки осадконакопления..., 1990].

Изложенная выше концепция формирования слоев, заполняющих структуру осадочного палеобассейна, то есть чередование трансгрессивно-регрессивных фаз в процессе карбонатного осадконакопления, положена в основу комплексного метода поиска карбонатных коллекторов Восточной Сибири [Бурова, 2013]. Трансгрессивная последовательность седиментационных слоев связана с режимом недокомпенсации. Такие слои сложены карбонатом тонкой размерности, хемогенного и биохемогенного генезиса, поэтому это породы плотные и однородные, представленные преимущественно пелитоморфными, микрозернистыми доломитами. Формирование регрессивной последовательности седиментационных слоев связано с относительно быстрым заполнением осадкоемкого пространства, приводящего к обмелению. В аридном климате создаются условия теплого, освещенного морского бассейна, где накапливаются биохемогенные и биогенные карбонатные осадки - комковатые, строматолитовые, микрофитолитовые доломиты, водорослевые известняки с неоднородной структурой и хорошими первичными фильтрационно-емкостными свойствами. С породами, образованными в регрессивную стадию осадконакопления, связаны отложения продуктивных горизонтов (ПГ), из которых формируется проницаемая часть НГК.

Часть осадочного чехла, образовавшаяся в течение крупного тектонического этапа в определенных обстановках осадконакопления и содержащая скопления УВ в относительно

проницаемой части разреза, изоляция которой обеспечивается породами с низкими фильтрационными свойствами – региональной покрывкой, выделяется как НГК. В результате сопоставления физических показателей радиоактивного каротажа с литологическими и емкостными характеристиками типов пород, составляющих слои, трансгрессивной и регрессивной фаз, в разрезе венд-кембрийского осадочного чехла выделены НГК, которые соответствуют бюкско-тирскому ( $V_2^1$ ) – НГК<sub>1</sub>, успунско-кудулахско-юряхскому ( $V_2^2$ ) – НГК<sub>2</sub> и ниже-среднекембрийскому ( $\epsilon_{1-2}$ ) – НГК<sub>3</sub>, НГК<sub>4</sub>, НГК<sub>5</sub>, НГК<sub>6</sub> осадочным бассейнам (см. табл. 1) [Бурова, 2014а]. В пределах проницаемой части НГК на разных уровнях выделяются литолого-стратиграфические подразделения, называемые нефтегазоносными горизонтами или ПГ, которые рассматриваются как седиментационные палеобассейны, составляющие три выше названных осадочных бассейна.

### **Бюкско-тирский ( $V_2^1$ ) осадочный бассейн – НГК<sub>1</sub>**

Бюкско-тирский ( $V_2^1$ ) осадочный бассейн сформирован следующими друг за другом (снизу вверх) седиментационными палеобассейнами (бассейнами осадконакопления): телгеспитским, торсальским и аянским. Как отмечено выше, в результате тектонических событий в Палеоазиатском океане, на территории южной части Аkitканского подвижного пояса (Предбайкальская НГО), началась крупная бюкско-тирская трансгрессия морского бассейна. В пределах этой территории наблюдается карбонатный седиментогенез с участием «холодных» флюидных разгрузок галофильной разновидности. Характерными для такого литогенеза являются соляно-доломито-строматолитовые литофации, образованные в процессе геологического времени за счет распространения ореола влияния произошедшей флюидной разгрузки в пространство бассейновой среды [Беленицкая, 2012].

В телгеспитском седиментационном палеобассейне отложились породы хемогенного генезиса - мелкозернистые, крупнозернистые доломиты, ангидрито-доломиты, ангидрит в виде включений и прослоев. Верхняя часть заполнялась доломитами слоистыми с тонкими прослоями аргиллита черного, тонко листоватого и прослоями гравелита кварцевого мелко-грубообломочного. Телгеспитский осадочный бассейн распространялся на территориях Березовской, Вилюйско-Джербинской, Вилючанской впадин.

Над отложениями телгеспитской пачки образовалась линза торсальских солей мощностью до 250-300 м - самых древних солей торсальской пачки бюкской свиты венда (см. рис. 2, 3). Есть три модели эвапоритового осадконакопления, которые применимы для большинства древних эвапоритовых отложений и взаимно не исключают друг друга, возможно многие древние эвапориты отлагались при разнообразном сочетании тесно связанных субаэральных (воздушная) и субаквальных (подводная) обстановок [Обстановки

осадконакопления..., 1990]. Оптимальным местом осаждения галита и калиевых солей являются районы, где морской бассейн почти целиком окружен сушей, на дне которого идет концентрация соляной рапы в результате галофильной разгрузки по разломным ограничениям блоков. Но главным условием осаждения соляной рапы является климатический фактор - аридный и сухой климат. Чтобы произошла садка галита, средняя относительная влажность должна быть не менее 76%, для калийных солей – менее 67%. Поэтому заключительной фазой формирования торсальского солеродного бассейна является интенсивное испарение, за счет чего наступает фаза крайнего обмеления с выпадением соли.

Система напластования образовала телгеспитско-торсальский НГК<sub>1</sub>, проницаемая часть которого сложена терригенными отложениями ботуобинской песчаной свиты и карбонатно-терригенными отложениями телгеспитской свиты. В ней выделяются пласты-коллекторы В<sub>5</sub> и Б<sub>12</sub> соответственно. Возникновение телгеспитского резервуара предположительно связывают с зоной древнего карста. Распространение коллекторов ограничивается зоной выклинивания торсальских солей. Это территории Березовской, Виллюйско-Джербинской (Предбайкальская НГО), Виллючанской (Западно-Виллюйская НГО) впадин – современные структуры, образованные в южной части Аkitканского подвижного пояса.

Аянский седиментационный бассейн формировался в обстановке относительно стабильного уровня осадкоемкого пространства с довольно слабой флюидной разгрузкой в водную среду и отсутствием интенсивного испарения. В этих условиях накапливаются биохемогенные карбонатные тела – прежде всего биоседиментационные структуры – строматолиты – продукты жизнедеятельности цианобактериальных сообществ. Единственный минерал, который выпадает при относительной влажности более 76% в аридном климате, - гипс. В этих условиях сформировались сульфатно-доломитовые породы, строматолитовые доломиты. Отложения аянского седиментационного бассейна заполнили впадины Аkitканского пояса и распространились на территориях южной части Анабарской тектонической провинции (Непско-Ботуобинская НГО) и северо-западной части Алданской тектонической провинции (Северо-Алданская ПНГО). На территории южной части Анабарской тектонической провинции (Непско-Ботуобинская НГО) в составе тирской свиты венда выделяется ербогаченский резервуар локального распространения. Его возникновение определяется условиями осадконакопления, установившимися на западной окраине аянского седиментационного бассейна (условия приливно-отливных равнин) на склоне Непского палеоподнятия. Сформировался линзовидный пласт (клиноформное прилегание), сложенный строматолитовыми доломитами, микрофитолитами [Бурова, Шибина, Корвет, 2017].

### Успунско-кудулахско-юряхский ( $V_2^2$ ) осадочный бассейн – НГК<sub>2</sub>

Успунско-кудулахско-юряхский ( $V_2^2$ ) осадочный бассейн образован следующими друг за другом обширными бассейнами осадконакопления - успунским, кудулахским и юряхским, занимавшими территории всех трех рассматриваемых тектонических провинций. Анализ послышной типизации вертикальных разрезов скважин в совокупности с литолого-фациальными исследованиями показал, что карбонатные осадки в перечисленных бассейнах накапливались в условиях стабильного уровня осадкочного пространства, с преимущественным преобладанием трансгрессивных фаз осадконакопления.

В успунском седиментационном бассейне, судя по геофизическим показаниям, формировались преимущественно плотные доломиты. Пласт «чистых» незаглинизированных доломитов выделяется в подошве успунской свиты – преображенский ПГ. Хорошими емкостными свойствами этот пласт обладает только в Ангаро-Ленском НГО.

В кудулахском седиментационном бассейне продолжают отлагаться доломиты тонкозернистые, глинистые, с прослоями мергелей, но постепенно вверх по разрезу наблюдается сокращение глинистости. На территории Предбайкальской НГО маломощные пласты-коллекторы появляются в составе всего разреза кудулахской свиты.

В юряхском (устькутском) седиментационном бассейне (в условиях теплого мелководного морского бассейна), наряду с доломитами комковатыми, строматолитовыми, появляются известняки сгустково-комковато-пятнистые (некоторые комки и сгустки определяются как сине-зеленые водоросли типа *Renalcis* и *Euphyton*). Заполнение первичного бассейна происходило в условиях часто сменяющихся палеообстановок, в которых формировались карбонатные породы различного литолого-генетического типа. Чередовались обстановки отмельной, отмельно-пляжной равнины; обстановки крайнего мелководья с повышенной минерализацией вод морского бассейна, с выровненным дном, где отлагались обломочные доломиты (*in situ*), доломиты зернистые с разнообразными микротекстурами; обстановки с повышенной гидродинамикой и интенсивным перемещением осадка и перенасыщением углекислым кальцием, с образованием оолитов; обстановки приливного марша (болота) – затапливаемая равнина с подтоком мод нормальной солености, в которой формировались известняки и строматолитовые постройки как доломитовые, так и известковые. За счет такого чередования обстановок осадконакопления различные литолого-генетические типы пород образовали слоистую структуру отложений юряхской свиты.

Юряхская свита считается ПГ на территории Вилюйской седловины (Западно-Вилюйская НГО), которая прилегает к северо-восточному склону Непско-Ботуобинской антеклизы. На этой территории обнаружена крупная нефтегазоконденсатная зона,

объединяющая Иктехское, Верхневилючанское и Вилуйско-Джербинское месторождения. Пласты-коллекторы, сложенные зернистыми доломитами, переслаиваются с пластами известняков комковатых, водорослевых с пониженными емкостными характеристиками. В западном направлении по склону Непско-Ботубинской антеклизы наблюдается выклинивание пластов-коллекторов, с характерным клиноформным прилеганием [Геология и нефтегазовый..., 2014].

### **Нижне-среднекембрийский (Є<sub>1</sub>- Є<sub>2</sub> am) осадочный бассейн – НГК<sub>3</sub>, НГК<sub>4</sub>, НГК<sub>5</sub>, НГК<sub>6</sub>**

Начало формирования галогенно-карбонатных отложений нижне-среднекембрийского седиментационного палеобассейна совпадает со сменой установившегося стабильного тектонического режима, в котором образовался усунско-кудулахско-юряхский осадочный бассейн. В раннем кембрии (томмотский ярус) происходит изоляция эпиконтинентального морского бассейна поднятиями, возникших по западной и южной перифериям Сибирской платформы [Хаин, 2001]. В это время блок фундамента Анабарской тектонической провинции подвергается волновым тектоническим движениям с юга на северо-восток, выражающимся ступенчатым погружением его южной части (Ангаро-Ленская НГО), которая начинает опускаться по ступенчатым поперечным микрограбенам. Подобные образования обнаружены в сводовой части Непско-Ботубинской антеклизы и располагаются поперек оси, выделенной по отложениям венда. Наиболее изучен Верхнечонско-Талаканский микрограбен, который не только самый протяженный, но является осью симметрии относительно остальных подобных нарушений и всей сводовой части антеклизы [Мигурский, 2014].

Микрограбены, как ослабленные зоны, предопределили пульсирующую дегазацию холодных флюидных разгрузок в область седиментационных палеобассейнов. Этот тектонический процесс совпадает с этапом образования первого пласта нижнекембрийской соли (подосинский пласт соли - Є<sub>1</sub> t). На территории Ангаро-Ленской НГО (см. рис. 1) создаются условия, аналогичные тектонической ситуации на территории Березовской впадины, когда отложились торсальские соли в замкнутом водоёме с обстановкой рассольно-солевой разгрузки. Резкая активизация придонных восходящих разгрузок, обогащающих слои придонных морских вод компонентами флюидов и их производными, началась в районе Ангаро-Ленской ступени в постъюряхское (постюряхское) время, создав подосинский солеродный бассейн. Образование линзы подосинских солей, мощностью от 15-20 до 35 м, происходило в условиях мелководного, изолированного, слабопроточного озера с придонными восходящими разгрузками галофильных флюидов.

Весь разрез нижне-среднекембрийского (Є<sub>1</sub> - Є<sub>2</sub> am) осадочного бассейна сложен

повторяющимися солеродными седиментационными бассейнами, последовательно сменяющими друг друга во времени: билирско-усольский (юрегинский) –  $\text{Є}_1$  t-at (НГК<sub>3</sub>); эльгянско-толбачанский –  $\text{Є}_1$  at (НГК<sub>4</sub>); олекминско-чарский –  $\text{Є}_1$  b-tn (НГК<sub>5</sub>); ичерско-метегерский –  $\text{Є}_1$  tn –  $\text{Є}_2$  (НГК<sub>6</sub>). Эти бассейны имеют четко выраженную двухуровневую структуру заполнения. По классическому определению НГК в нижней проницаемой части бассейна осадконакопления отлагались карбонатные породы с хорошими емкостными характеристиками ПГ. В верхней части (покрышки) отлагались плотные карбонаты (пелитоморфные, микрозернистые доломиты), доломито-ангидриты, переслаивающиеся с пластами солей, мощность которых колеблется от 5-7, 10-12, 25-30 м. Осаждение соли происходило в аридном сухом климате, в условиях мелководных, изолированных, слабопроточных озер с циклично повторяющимися придонными восходящими разгрузками галофильных флюидов. В результате сформированы соляные линзы довольно крупных размеров, чередующиеся с вмещающими их карбонатными породами. Суммарные мощности пластов солей покрышки подсчитаны для каждого НГК [Бурова, Кубетова, Шостак, 2011].

Самые мощные пласты соли образовались в отложениях усольской (юряхской) свиты тойонского и низов атдабанского ярусов нижнего кембрия ( $\text{Є}_1$  t-at) на территории Ангаро-Ленской ступени. Их суммарная мощность – более 350 м. Пласты соли распространяются почти на всю Непско-Ботуобинскую антеклизу и Предпатомский прогиб. Зона полного выклинивания усольских солей (от 0 до 50 м) проходит от Курейской синеклизы (с северо-запада) по северному склону Непско-Ботуобинской антеклизы, частично по южной части Нюйско-Джербинской впадины и, выклиниваясь в Березовской впадине, вдоль западного склона Алданской антеклизы.

Линзы толбачанских солей фиксируются в разрезе толбачанской свиты атдабанского яруса нижнего кембрия. Максимальные суммарные мощности – 113, 134, 165 м. Пласты соли распространяются в виде отдельных замкнутых участков, которые протягиваются цепочкой по Пеледуйскому своду, Мирнинскому выступу Непско-Ботуобинской антеклизы через Нюйско-Джербинскую впадину (мощность 172 м) на юг Березовской впадины (мощность 205 м). Зона распространения толбачанских солей имеет вид подковы, практически повторяя очертания Предпатомского прогиба.

Максимальные мощности солей чарской свиты распределяются по двум зонам. Одна зона (от 150 до 250 м) расположена на территории северного склона Непско-Ботуобинской антеклизы, частично захватывая северо-западную часть Мирнинского выступа. Вторая зона (от 150 до 400 м) – в северной части Березовской впадины Предпатомского прогиба и южной части Нюйско-Джербинской впадины.

Пласты солей метегерской свиты амгинского яруса среднего кембрия самые

маломощные - от 3 до 90 м. Зона их распространения повторяет контуры распространения чарских солей.

Анализ площади распространения и суммарной мощности пластов солей, проведенный для каждого НГК, показал, что вверх по разрезу, мощности и площадь распространения соляных пластов уменьшаются, смещаясь на северо-восток в сторону Анабарского поднятия. Ареал распространения всего ниже-среднекембрийского солеродного бассейна ограничивается территориями Непско-Ботуобинской НГО, южной части Западно-Вилуйской и Предпатомской НГО - южными территориями Анабарской тектонической провинции и Аkitканского подвижного пояса (см. рис. 1).

Все разведанные запасы УВ ниже-среднекембрийского осадочного бассейна связаны с проницаемой частью билирско-усольского (юрегинского) НГК<sub>3</sub>. В Ангаро-Ленской НГО это отложения осинского (О-1) ПГ, в Непско-Ботуобинской НГО его аналогом считается верхняя часть билирской свиты томмотского яруса нижнего кембрия (Є<sub>1</sub> t). На территории Ангаро-Ленской НГО осинский ПГ выделяется в нижней части усольского РГ, как пачка карбонатных пород водорослевой литофации, заключенной между двумя пластами соли, что позволяет легко отбивать его границы по данным радиоактивного каротажа (см. табл. 1). На территории Ангаро-Ленской НГО отложения осинского ПГ сложены водорослевыми известняками и их постройками с остатками водорослей рода *Renaltis*, микрофитолитами *Marcovella*, *Nubecularites*, *Osagia*, доломитами с реликтами водорослей и микрофитолитов. На территории Непско-Ботуобинской НГО в северо-восточном направлении происходит выклинивание подосинского пласта соли, его замещение биохемогенным карбонатом (доломитами и известняками). Доля водорослевых известняков в разрезе билирской свиты уменьшается на 2/3, сменяясь доломитами и известняками тонко-мелкозернистыми, органогенно-обломочными, оолитовыми, онколитовыми и другими разновидностями карбонатных пород. На территории Предбайкальской НГО билирская свита сложена тонкозернистым глинистым карбонатом и не выделяется как ПГ. На территории Северо-Алданской ПНГО в нижней части отложений пестроцветной свиты (см. табл. 1) повсеместно прослеживается пачка (мощностью 4,5-13 м) известняков и доломитистых известняков серых и светло-серых, зеленоватых, коричневатых органогенно-детритовых, нередко содержащих глауконит и многочисленные окаменелости нижней зоны томмотского яруса (Є<sub>1</sub> t). Проведенный литологический обзор показывает, что распространение пород осинско-билирского ПГ ограничивался территориями Ангаро-Ленской и Непско-Ботуобинской НГО.

Осинско-билирский седиментационный бассейн (бассейн осадконакопления) на территориях Алдано-Ленской и Непско-Ботуобинской НГО представлял собой мелководный, хорошо освещенный морской бассейн с устойчивой гидродинамикой, где накапливались

известковые илы. Основная масса ила формировалась водорослевыми остатками в виде сгустков, комочков, нитей, кустиков и пластовых строматолитов известкового состава, образуя крупные водорослевые постройки в виде холмов, банок сгруппированных в широкие гряды мощностью до 90 м. На относительно ровном дне росли луга водорослей, достигая поверхности уровня моря, при ветре и сильном волнении, колонии водорослей разрушались и захоранивались на месте (*in situ*). В результате картирования мощностей водорослевых пород подмечено, что рост крупных водорослевых построек, контролировался границами тектонически-напряженных зон растяжения. Вдоль этих зон периодически происходили вертикальные разгрузки глубоких подземных флюидов и тепловых потоков, что благоприятно сказывалось на интенсивном росте сине-зеленых водорослей и формировании ими биогенных массивов. Кроме того, прослежена связь образования сложных (вторичных) коллекторов в известняках осинского ПГ с зонами развития микрограбен, вдоль которых активизируются гидротермальные процессы, приводящие к увеличению емкостного потенциала и, как следствие, образования скоплений УВ в породах [Бурова, 2014б].

В результате проведенного анализа распределения ПГ по площадям трех тектонических провинций распределение ПГ в вертикальном разрезе каждого из осадочных бассейнов, сформированных в определенное геологическое время ( $V_2^1$ ,  $V_2^2$ ,  $\epsilon_1$ - $\epsilon_2$  ам), разное.

*В Бюксско-тирском ( $V_2^1$ ) осадочном бассейне – НГК<sub>1</sub>:*

- на территории южной части Анабарской тектонической провинции Непско-Ботубинской НГО сформированы отложения мощностью 0-5-70 м, в их составе выделяется ербогаченский резервуар локального распространения, представляющий собой строматолитовые слоистые постройки, образованные на склоне Непского палеоподнятия [Бурова, Шибина, Корвет, 2017];

- на южной территории Ачитканского подвижного пояса Предбайкальской НГО мощность отложений составляет 682-737 м, в нижней части разреза выделяется телгеспитский ПГ карбонатно-терригенного состава, образование телгеспитского резервуара предположительно связывают с зоной древнего карста, распространение коллекторов ограничивается зоной выклинивания торсальских солей;

- на территории Алданской тектонической провинции Северо-Алданской ПНГО мощность отложений составила 210 м, ПГ не выделяется.

*В успунско-кудулахско-юряхском ( $V_2^2$ ) осадочном бассейне – НГК<sub>2</sub>:*

- на территории южной части Анабарской тектонической провинции Ангаро-Ленской и Непско-Ботубинской НГО сформированы отложения мощностью 150-180 м, в нижней части успунской свиты выделяется преображенский ПГ;

- на южной территории Аkitканского подвижного пояса Предбайкальской НГО формируются отложения мощностью 883 м, в них выделяются пласты-коллекторы по всему вертикальному разрезу кудулахской свиты с индексами от Б<sub>6</sub> до Б<sub>11</sub>; Западно-Вилуйской НГО - юряхский ПГ с пластами-коллекторами Б<sub>3</sub>, Б<sub>4</sub>, Б<sub>5</sub>; Ангаро-Ленской и Непско-Ботубинской НГО - устькутский ПГ (аналог юряхского) с пластами-коллекторами Б<sub>3</sub>, Б<sub>4</sub>;

- на территории Алданской тектонической провинции Северо-Алданской ПНГО мощность отложений - от 234 до 306 м, ПГ не выделяется.

*В нижне-среднекембрийском (Є<sub>1</sub>- Є<sub>2</sub> ат) осадочном бассейне – НГК<sub>3</sub>, НГК<sub>4</sub>, НГК<sub>5</sub>, НГК<sub>6</sub>:*

- на территории южной части Анабарской тектонической провинции Ангаро-Ленской и Непско-Ботубинской НГО мощности отложений - 1135 м, в подошве усольского РГ выделяется осинский ПГ (аналог верхнебилирская подсвита);

- на южной территории Аkitканского подвижного пояса Предбайкальской НГО мощность отложений - 1916 м, возможно образования локального резервуара в отложениях эльгянской свиты и олекминской свиты;

- на территории Алданской тектонической провинции Северо-Алданской ПНГО мощность отложений по склоны колеблется от 723 до 1300 м, возможно образования локального резервуара в отложениях олекминской свиты.

Знак направленности колебательных движений блоков фундамента относительно друг друга определяется при сопоставлении мощностей осадочного чехла, образованного в каждой из тектонических провинций. Анализ суммарной мощности (от 1167 до 2542 м) венд-кембрийского осадочного чехла на территории Алданской тектонической провинции показывает, что отложения формировались на фоне равномерных восходящих движений блока фундамента по северо-западному склону Алданского поднятия. Равномерность движений и отсутствие пульсирующих внедрений амагматических разгрузок определила накопление однородных карбонатных толщ без слоевой последовательности (трансгрессивно-регрессивной системы напластований) и образования пластов пород-коллекторов. Кроме того, образованная на склоне Алданского поднятия осадочная венд-кембрийская толща, благодаря этим факторам, на протяжении всего геологического времени, представляла собой открытую систему напластования с наклоном отложений в сторону Вилуйского прогиба (Аkitканский подвижный пояс), в которой не возникали условия для формирования замкнутых гидродинамических систем – НГК.

Анализ суммарной мощности (3481-3536 м) венд-кембрийского осадочного чехла на территории Аkitканского подвижного пояса показывает, что отложения формировались на фоне нисходящих прерывисто-непрерывных движений блока фундамента. За счет этого

прослеживается трансгрессивно-регрессивная слоевая последовательность, в которой по всему вертикальному разрезу присутствуют пласты-коллекторы, генетически связанные с регрессивной фазой осадконакопления.

Анализ суммарной мощности (1295-1385 м) венд-кембрийского осадочного чехла в южной части Анабарской тектонической провинции показывает, что блок фундамента формировался на фоне восходящих движений, но в режиме тектонического растяжения с образованием микрограбенов, начавшемся в конце венда. Микрограбены, как ослабленные зоны, предопределили пульсирующую дегазацию холодных флюидных разгрузок в область седиментационных палеобассейнов нижнего кембрия, сформировав трансгрессивно-регрессивную слоевую последовательность кембрийского солеродного осадочного бассейна.

Распределение ПГ по площадям трех тектонических провинций на разных этапах геологического времени ( $V_2^1$ ,  $V_2^2$ ,  $\epsilon_1$ - $\epsilon_2$  am) контролируется тектоническими движениями блоков фундамента. Эти движения имеют разный по времени, знаку направленности прерывисто-непрерывные характер, контролируя последовательность напластований слоев седиментационных комплексов. Связь с тектоникой очевидна как на этапе формирования трансгрессивно-регрессивной последовательности образования слоев в процессе карбонатного осадконакопления и образования пород-коллекторов в регрессивную фазу, так и на этапе формирования вторичных карбонатных резервуаров со сложным типом коллектора.

### Литература

*Арчegov В.Б., Базанов Э.А., Забалуев В.В., Кулик Г.Д.* Влияние блокового строения земной коры на нефтегазоносность и размещение полезных ископаемых Сибирской платформы // Состояние и перспективы развития сырьевой базы углеводородов России: сб. докладов секции Всероссийского съезда геологов и научно-практической конференции, посвященных 300-летию горно-геологической службы. - Санкт-Петербург, 2000. – С. 56-64.

*Беленицкая Г.А.* Роль глубинных флюидов в осадочном пороодо- и рудообразовании // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина) – М.: ГЕОС, 2012. - С. 153-197

*Бурова И.А.* Комплексный метод поиска карбонатных коллекторов Восточной Сибири. // Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса Востока России: сб. материалов научно-практической конференции (г. Санкт-Петербург, 17-21 июня 2013 г.). – СПб: ФГУП «ВНИГРИ», 2013. – 492 с.

*Бурова И.А.* Нефтегазоносные карбонатные комплексы юго-западной территории Республики Саха (Якутия) // Проблемы воспроизводства запасов нефти и газа в современных условиях: сб. науч. статей, посвященный 85-летию ВНИГРИ. – СПб.: ФГУП «ВНИГРИ», 2014а. – С.199-215.

*Бурова И.А.* Палеогеографические реконструкции венд-нижнекембрийских карбонатных отложений западного склона северной части Непско-Ботуобинской антеклизы

// Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2014б. - Т.9. - №4. - [http://www.ngtp.ru/rub/4/42\\_2014.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/42_2014.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/42\\_2014](https://doi.org/10.17353/2070-5379/42_2014)

*Бурова И.А., Кубетова Н.Л., Шостак К.В.* Распространение основных соленосных толщ в верхневендско-нижнекембрийском осадочном комплексе Западной Якутии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. - Т.6. - №4. - [http://www.ngtp.ru/rub/4/46\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2011.pdf)

*Бурова И.А., Шибина Т.Д., Корвет Н.А.* Литолого-генетический аспект формирования отложений тирской свиты на территории Непского свода // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. - Т.12. - №1. - [http://www.ngtp.ru/rub/2/7\\_2017.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/7_2017.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/7\\_2017](https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2017)

Геология и нефтегазовый потенциал юго-запада Республики САХА (Якутия): реалии, перспективы, прогнозы /В.С.Ситников, И.А. Кушмар, Т.К. Баженова, И.А. Бурова, В.П. Семенов, Т.Д. Шибина, К.В. Шостак, Л.К. Яшенкова; под ред. В.С. Ситникова, О.М. Прищепы. – СПб.: ФГУП «ВНИГРИ», 2014. – 436 с. – (Труды ВНИГРИ)

Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина). – М.: ГЕОС, 2012. – 516 с.

*Кузнецов В.Г.* Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. – М.: ГЕОС, 2003. – 262 с.

*Мигурский А.В.* Микрограбены: распространенность, парагенез с центрами нефтегазонакопления // Геология нефти и газа. - 2014. - №3. - С.39-46.

Нефть и газ Восточной Сибири / И.А. Кушмар, Ю.Н. Григоренко, В.В. Ананьев, В.А. Белинкин, Е.А. Губина. – СПб.: Недра, 2006. - 102 с.

Обстановки осадконакопления и фации. В 2-х томах. Т.1. Пер. с англ. / Под ред. Х. Рединга. - М.: Мир, 1990. - 384 с.

Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция / Под ред. Ю.Г. Леонова, Ю.А. Воложа. – М.: Научный мир, 2004. – 526 с. (Тр. ГИН РАН, вып. 543).

*Розен О.М.* Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника. - 2003. - №3. - С.3-21.

Сейсмическая стратиграфия. Использование при поисках и разведке нефти и газа / Под ред. Ч. Пейтона. – Часть 1. – М.: изд. «Мир», 1982. – 375 с.

*Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). – М.: Научный мир, 2001. – 606 с.

*Шишлов С.Б.* Структурно-генетический анализ осадочных формаций. – СПб.: С.-Петербург. горн. ин-т, 2010. – 276 с.

**Burova I.A.**

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

## SIBERIAN PLANTFORM WARPING MOVEMENTS INFLUENCE FOR THE FORMATION OF PETROLEUM ACCUMULATIONS IN THE SEQUENCES OF THE VENDIAN-CAMBRIAN SEDIMENTARY COVER

*A sequential stratigraphic model of the Vendian-Cambrian sedimentary cover sequences was constructed. Three sedimentary basins are distinguished with characteristic features for each bedding system: the Buks-Tyra ( $V_2^1$ ), the Uspun-Kudulakh-Yuryakh ( $V_2^2$ ), and the Lower-Middle Cambrian ( $C_1-C_2$  am) sedimentary basins. Reconstruction of (primary) sedimentary basins, which make up the structure of the actually sedimentary basins, was carried out. The relationship between the formation of reservoir rocks and the regressive phase of sedimentation is established. The relationship between the distribution of productive reservoir units of oil and gas bearing accumulations with the vibrational motions of the basement blocks belonging to three tectonic provinces is analyzed: the southern part of the Anabar Province, the southern part of the Akitkan mobile belt and the northwestern part of the Aldan Province.*

**Keywords:** sequential stratigraphic model, tectonic provinces, Vendian-Cambrian sedimentary sequence, sedimentary basin, sedimentary basin, regressive sedimentation phase, petroleum accumulation, Siberian Platform.

### References

Archegov V.B., Bazanov E.A., Zabaluev V.V., Kulik G.D. *Vliyanie blokovogo stroeniya zemnoy kory na neftegazonosnost' i razmeshchenie poleznykh iskopaemykh Sibirskoy platformy* [Influence of the earth's crust block structure on the oil and gas content and the location of mineral resources of the Siberian Platform]. Sostoyanie i perspektivy razvitiya syr'evoy bazy uglevodorodov Rossii: sb. dokladov seksii Vserossiyskogo s"ezda geologov i nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennykh 300-letiyu gorno-geologicheskoy sluzhby. St. Petersburg, 2000, p. 56-64.

Belenitskaya G.A. *Rol' glubinnykh flyuidov v osadochnom porodo- i rudoobrazovanii* [The role of deep fluids in sedimentary rock and ore formation]. Degazatsiya Zemli i genesis neftegazovykh mestorozhdeniy (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika P.N. Kropotkina). Moscow: GEOS, 2012, p. 153-197.

Burova I.A. *Kompleksnyy metod poiska karbonatnykh kollektorov Vostochnoy Sibiri* [Complex method of searching carbonate reservoirs in Eastern Siberia]. Neftegazogeologicheskii prognoz i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa Vostoka Rossii: sb. materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii (Sankt-Peterburg, 17-21 iyunya 2013 g.). St. Petersburg: FGUP «VNIGRI», 2013, 492 p.

Burova I.A. *Neftegazonosnye karbonatnye komplekсы yugo-zapadnoy territorii Respubliki Sakha (Yakutiya)* [Petroleum-bearing carbonate sequences of the south-western territory of the Sakha Republic (Yakutia)]. Problemy vosproizvodstva zapasov nefti i gaza v sovremennykh usloviyakh: sb. nauch. statey, posvyashchenny 85-letiyu VNIGRI. St. Petersburg: FGUP «VNIGRI», 2014, p.199-215.

Burova I.A. *Paleogeograficheskie rekonstrukcii vend-nizhněkembrijskih karbonatnykh otlozhenij zapadnogo sklona severnoy chasti Nepsko-Botuobinskoj anteklizy* [Paleogeographic reconstruction of the Vendian-Cambrian carbonate deposits of the western slope of the northern part of the Nepa-Botuoba Antecline]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2014, vol. 9, no. 4, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/4/42\\_2014.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/42_2014.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/42\\_2014](https://doi.org/10.17353/2070-5379/42_2014)

Burova I.A., Kubetova N.L., Shostak K.V. Distribution of the main salt-bearing suites in the Upper Vendian - Lower Cambrian sedimentary complex, Western Yakutia // Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2011. vol. 6, no. 4. [http://www.ngtp.ru/rub/4/46\\_2011.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/46_2011.pdf)

Burova I.A., Shibina T.D., Korvet N.A. *Litologo-geneticheskiy aspekt formirovaniya otlozheniy tirskoy svity na territorii Nepeskogo svoda* [Tyre Formation (Nepa Arch) - lithological and genetic aspects]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2017, vol. 12, no. 1, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/2/7\\_2017.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/7_2017.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/7\\_2017](https://doi.org/10.17353/2070-5379/7_2017)

*Degazatsiya Zemli i genezis neftegazovykh mestorozhdeniy (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika P.N. Kropotkina)* [Degassing of the Earth and the genesis of oil and gas accumulations (to the 100th anniversary of the birth of Academician P.N. Kropotkin)]. Moscow: GEOS, 2012, 516 p.

*Geologiya i neftegazovyy potentsial yugo-zapada Respubliki SAKhA (Yakutiya): realii, perspektivy, prognozy* [Geology and oil and gas potential of the southwest of the Republic of Sakha (Yakutia): realities, prospects, forecasts]. V.S. Sitnikov, I.A. Kushmar, T.K. Bazhenova, I.A. Burova, V.P. Semenov, T.D. Shibina, K.V. Shostak, L.K. Yashenkova; red. V.S. Sitnikov, O.M. Prishchepa. St. Petersburg: FGUP «VNIGRI», 2014, 436 p. (Trudy VNIGRI).

Khain V.E. *Tektonika kontinentov i okeanov (god 2000)* [Tectonics of continents and oceans (year 2000)]. Moscow: Nauchnyy mir, 2001, 606 p.

Kuznetsov V.G. *Evolutsiya karbonatnakopleniya v istorii Zemli* [Evolution of carbonate accumulation in the history of the Earth]. Moscow: GEOS, 2003, 262 p.

Migur'skiy A.V. *Mikrograbeny: rasprostranennost', paragenез s tsentrami neftegazonakopleniya* [Micrograbens: prevalence, paragenesis with centers of oil and gas accumulation]. *Geologiya nefti i gaza*, 2014, no. 3, p.39-46.

*Neft' i gaz Vostochnoy Sibiri* [Oil and gas of Eastern Siberia]. I.A. Kushmar, Yu.N. Grigorenko, V.V. Anan'ev, V.A. Belinkin, E.A. Gubina. St. Petersburg.: Nedra, 2006, 102 p.

Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii. V 2-kh tomakh [Sedimentation and facies. In 2 volumes]. T.1. / Editor Kh. Redinga. Moscow: Mir, 1990, 384 p.

*Osadochnye basseyny: metodika izucheniya, stroenie i evolyutsiya* [Sedimentary basins: a technique of studying, structure and evolution]. Editor Yu.G. Leonov, Yu.A. Volozh. Moscow: Nauchnyy mir, 2004, 526 p. (Tr. GIN RAN, vyp. 543).

Rozen O.M. *Sibirskiy kraton: tektonicheskoe rayonirovanie, etapy evolyutsii* [Siberian craton: tectonic zoning, stages of evolution]. *Geotektonika*, 2003, no.3, p.3-21.

*Seismicheskaya stratigrafiya. Ispol'zovanie pri poiskakh i razvedke nefti i gaza* [Seismic stratigraphy. Use in the search and exploration of oil and gas]. Editor Ch. Peyton. Chast' 1. Moscow: izd. «Mir», 1982, 375 p.

Shishlov S.B. *Strukturno-geneticheskiy analiz osadochnykh formatsiy* [Structural-genetic analysis of sedimentary formations]. St. Petersburg: S.-Peterb. gorn. in-t, 2010, 276 p.

© Бурова И.А., 2018