

Новый возможный нефтегазоносный этаж земной коры

В.П.Гаврилов

(РГУ нефти и газа им.И.М.Губкина)

A new potential oil and gas bearing level of the Earth's crust

V.P.Gavrilov

Gubkin Russian State Oil&Gas University

По оценкам экспертов в ближайшие 25-30 лет глобальное потребление энергии возрастет на две трети, причем более чем на 70% оно будет удовлетворяться за счет нефти и газа. Между тем в мире все настойчивее звучит мотив об истощении ресурсов углеводородного сырья. По мнению академика Р.Нигматулина, например, годовое производство нефти начнет снижаться с 2006-2010 гг, а газа с 2040г. Опасаясь энергетического кризиса многие высокоразвитые страны уже сейчас настойчиво ищут замену традиционным нефти и газу. В качестве таковой рассматриваются нефтяные битумы, газогидраты, газ из угольных пластов, водородное топливо и т.д. В тоже время огромные запасы углеводородов могут находиться буквально у нас «под ногами» - в фундаменте платформенных областей.

Классическая теория образования нефти и газа учит, что залежи этих полезных ископаемых могут формироваться только в осадочных породах: таких как пески, песчаники, глины, известняки. Они слагают платформенный или осадочный чехол устойчивых областей земной коры – платформ. Под осадочными породами, мощность которых в среднем составляет 3-5 км, лежит фундамент платформенных областей, сложенный магматическими и метаморфическими породами: гранитами, гнейсами, различными сланцами и т.д. В соответствии с классическим учением о нефти и газе, поверхность фундамента рассматривается как нижняя граница распространения углеводородов в земной коре. Вся практика поиска, разведки и разработки залежей нефти и газа связана именно с осадочным чехлом платформенных областей. На фундамент же не обращали внимания, а скважины, вскрывшие его, останавливали, как выполнившую свою геологическую задачу.

Однако, в ряде мест земного шара, практически случайно, выявляли залежи нефти и газа в трещиноватых, выветрелых породах фундамента, причем чаще всего в гранитах. На сегодня уже установлено более 450 таких залежей практически на всех континентах, но наибольшую известность получило нефтяное месторождение в гранитных породах поднятия Белый Тигр на южном шельфе Вьетнама. Оно было открыто в 1988 г, первоначальные дебиты скважин достигали до 2 тыс. т в сутки. Высота залежи составила порядка 1600 м, а ее геологические запасы – около 600млрд т. Ежегодно из залежи в гранитах добывается здесь порядка 10 млн т нефти. Вьетнамские и российские специалисты, разрабатывающие эту залежь, считают, что нефть поступила в граниты из прилегающих песчаных пород (рис.1). Однако, далеко не все наблюдаемые факты укладываются в эту модель. Во-первых, ресурсы осадочных пород, окружающих поднятие фундамента, недостаточны, чтобы напитать трещинные граниты таким количеством нефти.

Во-вторых, непонятно, почему нефтяной флюид должен мигрировать из пористых, хорошо проницаемых песчаников, в капиллярные трещины плотных гранитных пород. В-третьих, в теле самих гранитах, в мельчайших порах (вакуолях) обнаружен углеводородный газ (метан, пропан, бутан и др.) в

According to expert estimates the global consumption of energy over the next 25-30 years is bound to increase by a whopping two-thirds with more than 70 percent of energy requirement being absorbed by oil and gas. Meanwhile there is a growing concern worldwide that hydrocarbon resources are on the verge of depletion. If academician R. Nigmatulin's opinion is anything to go by, the annual production of oil will begin to show a downward trend as early as 2006-2010 and that of gas beginning in 2040. With the threat of the energy crisis looming large, many industrialized countries already now are pushing ahead with plans to find alternative sources of energy to replace existing oil and gas. Potential replacements include oil asphalts, gas hydrates, oil-dissolved gas, hydrogen fuel, etc. At the same time we have a vast treasure-trove of hydrocarbons literally "under our feet" –in the basal complex of table regions.

The classical theory of oil and gas formation holds that accumulations of these fossil minerals may only form in sedimentary rock such as sand, sandstone rock, clay and chalkstone. They are the materials that table or sedimentary mantle of the table-stable areas of the earth crust – are composed of. These sedimentary rocks which are 3-5 km thick, on average, are underlain by the basal complex of table regions made up of igneous rock and thermodynamically altered rocks: granites, gneiss, and various shale, etc. According to the classical theory of oil and gas the surface of the basal complex is considered to be the lower boundary of occurrence of hydrocarbons in the earth crust. The whole practice of exploration and development of oil and gas fields is associated precisely with the sedimentary mantle of table regions. The basal complex was largely ignored, , while the boreholes that uncovered it were usually shut-in after they had fulfilled their geological objective.

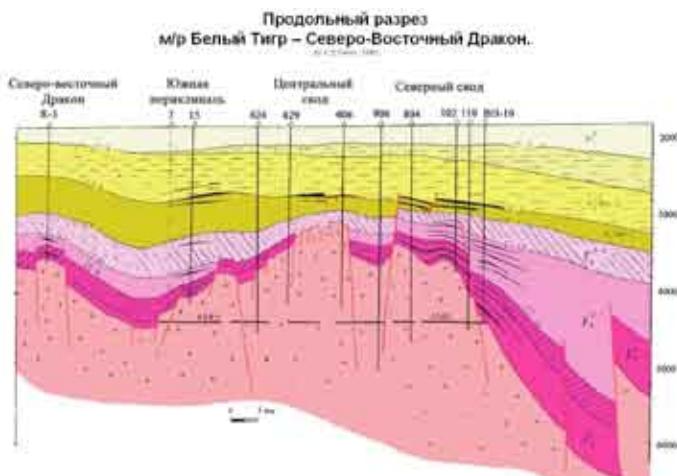


Рис.1 Fig.1

However, in some areas of the world, almost by chance, oil and gas deposits were found in fissured, decayed basal complex rocks, more often than not in granites. To date more than 450 such deposits have

довольно больших количествах от 8 до 180 см³ на 1 кг породы. Если взять среднее содержание углеводородных газов 15 см³/кг породы, то только в 10-километровом гранитном слое территории, прилегающей к месторождению Белый Тигр, в рассеянном виде содержится около 10 трлн м³ углеводородных газов, что соразмерено с выявленными запасами газа в месторождениях полуострова Ямал.

Значит углеводородный газ и жидкую нефть могут находиться непосредственно в самом фундаменте платформ даже в таких породах, как гранит, который традиционно считается результатом остывания огненно-жидких расплавов в недрах земной коры.

Может быть, это только во Вьетнаме такая углеводородная аномалия в гранитном фундаменте? Оказывается нет. В России проблемой нефтегазоносности фундамента давно и целеустремленно занимаются в Татарии по инициативе и под руководством профессора Р.Х.Муслимова. Существует даже специальная программа глубинного изучения недр Татарстана. В рамках этой программы на фундамент пробурено несколько скважин, из которых две – сверхглубокие. Это Миннибаевская – 20000, забой – 5099 м, проходка по гранитному фундаменту – 3215 м и Новоелховская – 20009, забой 5881 м, проходка по фундаменту – 4077. Эти и другие специальные скважины обнаружили в кристаллических породах явные следы миграции углеводородов. Подземные воды, содержащиеся в трещинах кристаллических пород, в своем составе содержат углеводородный газ до 16%. Сумма этих газов, по данным И.Н.Плотниковой (2006 г), порой превосходит суммарное количество углеводородных газов в водах продуктивных девонских отложений Татарии. Более того, сравнение углеводородного состава битумоидов фундамента и нефти знаменитого Ромашкинского нефтяного месторождения – одного из крупнейших в мире, показывает их сходство. По мнению ряда специалистов (Г.Н.Гордадзе, 2003), битумоиды фундамента этого региона можно рассматривать как следы миграции нефтегазоносных флюидов. Само же тело фундамента имеет специфичное емкостное пространство, в котором флюиды могут не только свободно циркулировать, но и при определенных условиях собираться в залежи.

Участие УВ-флюида в газовом дыхании земных недр и, как результат этого, капсулирование углеводородных газов в виде включений в микротрещины пород, в минералы фундамента, отмечены рядом исследователей и для многих других регионов. Так, в фундаменте Сибирской платформы установлены реликты законсервированного флюида, газовая фаза которого состоит преимущественно из метана и его гомологов, а жидккая – из водных и углеводородных соединений. По мнению исследователей, углеводороды имеют смешанное происхождение (глубинно-биогенное), образуясь как из органического вещества, так и из неорганического углерода и водорода, при этом ведущая роль в генезисе УВ отводится механохимическим процессам (Р.П.Готтих, Б.И.Писоцкий, Н.Н.Бурмистенко, 1988). Изученный флюид в породах фундамента Сибирской платформы, Южно-Татарского свода, Днепрово-Донецкой впадины, Припятского прогиба представляет собой относительно низкотемпературную систему, газовая фаза на 90 % представлена метаном и его гомологами. Авторы делают выводы о том, что докембрийские породы на протяжении своей геологической истории неоднократно подвергались воздействию углеводородных флюидов, имевших различный источник.

Залежи нефти и газа выявлены в породах фундамента и Западной Сибири. К настоящему времени здесь обнаружено более 70 подобных месторождений, большинство из которых открыто в Нюрольской впадине. Одна из наиболее крупных залежей установлена на Малоицкой площади, где с глубины 2841-2853 получен приток нефти дебитом 367 м³/сутки. Правда в Западной Сибири фундамент представлен не гранитными ►►



been established in virtually all the continents. The most famous of these is the oil field located in granite rocks of the White Tiger uplift, in the southern shelf off the coast of Vietnam. The field discovered in 1988 had initial production rate of about 2,000 t /d. The deposit was 1,600 m thick, its geological reserves were estimated at about 600 bln. tons. Annual oil recovery from this granite deposit constitutes some 10 mln. tons. The Vietnamese and Russian experts operating this field believe that oil had seeped into granites from adjacent sands (Fig.1). However, there are facts that defy this assumption.

For one thing, the sedimentary rocks lying around the basal complex uplift are fairly insufficient to saturate the fissured granites with such huge amounts of oil. Secondly, it is not clear why petroleum should migrate from porous, permeable sandrock into capillary cracks of solid granite rocks. And thirdly, hydrocarbon gas (methane, propane, butane, etc) was found in fairly large amounts ranging from 8 to 180 m³ per kg of rock in the body of granites proper, in tiny pores (vacuoles). If we take the mean content of hydrocarbon gases equal to 15 cm³/kg of rock, then only the 10-km long granite layer adjacent to the White Tiger deposit contains scattered around in dispersed form about 10 trillion m³. of hydrocarbon gases, an amount compatible with identified reserves of gas in Yamal peninsula gas fields.

Again this implies that hydrocarbon gas and liquid petroleum may reside directly in the basal complex of the tables even in rocks such as granite, which are traditionally considered the result of cooling down of igneous-liquid melts in the bowels of the earth.

Maybe it is only in Vietnam that such a hydrocarbon anomaly tucked away inside granite basal complex can be found? There is compelling evidence that this is not the case. The problem of oil and gas bearing basal complex has long been the focus of relentless studies spearheaded in Tataria by professor R.Kh. Muslimov. There is even a dedicated program in place for ►►

породами, а преимущественно уплотненными карбонатными образованиями. Так, что фундаментом их можно назвать лишь с определенной натяжкой. В любом случае можно утверждать, что фундамент платформенных областей, который традиционно рассматривался как абсолютно бесперспективным в нефтегазовом отношении, буквально пропитан углеводородами.

Возникает естественный вопрос: каким же образом УВ-флюиды попали в кристаллические породы типа гранитов? Наиболее простой ответ: нефть и газ пришли из земных глубин, а там они образовались в результате неорганического синтеза молекул углерода и водорода. Но это противоречит классической органической теории происхождения нефти, которая утверждает, и не без основания, что углеводороды рождаются из органического вещества. Два этих непримиримых подхода к проблеме генезиса углеводородов соединяет новая, геодинамическая концепция образования нефти и газа, которая разработана учеными Российского Государственного Университета нефти и газа им.И.М.Губкина (В.П.Гаврилов, 1986). В соответствие с ней углеводороды могут появляться на свет различным образом как за счет разрушения и преобразования органики, так и путем минерального синтеза в земных недрах. Да и сами граниты, исходя из геодинамической теории, могут возникать не только при застывании расплавов, но и при метаморфизме первично-осадочных пород, тех же песков, песчаников, глин, причем при сравнительно низких температурах (первые сотни градусов).

Этот механизм образования гранитов разработан в Геологическом институте РАН. Ученые доказывают, что под действием метаморфогенной инфильтрации газово-водных флюидов, идущих из низов литосферы, может происходить гомогенизация петроструктурно-реологических параметров кристаллического фундамента и лежащих на нем осадочных отложений. Последние, «напитавшись» минеральными соединениями, свойственными для гранитов, перестают быть осадочными породами (песками, глинами) и преобразуются в кристаллические граниты, не испытав при этом расплавления (М.Г.Леонов, С.Ю. Колодяжный, Н.М Кунина, 2000).

В ряде случаев в фундаменте платформ среди гранитов встречаются комплексы сланцеватых пород, обогащенных органикой. Вернемся снова к Татарии, где расположены многочисленные месторождения нефти. Здесь в фундаменте давно уже выявлена мощная графитосодержащая толща, т.н. большечеремшанская серия. Ее возраст - 3 млрд. лет. Ученые установили в ней большое содержание углерода органического происхождения. Можно допустить, что этот углерод, взаимодействуя с потоками глубинного водорода, мог образовывать углеводородные соединения. Фундамент Татарии, как уже указывалось ранее, буквально насыщен флюидами углеводородов, причем их состав и концентрация близки к фоновым значениям органики подземных вод девонских отложений, где и концентрируются основные залежи нефти этой республики. Более того наблюдается четкая зависимость: там, где присутствуют образования большечеремшанской серии, в осадочном чехле имеются нефтяные и газовые месторождения; в тех районах, где она отсутствует, исчезают и залежи (рис.2).

Значит нефтяной флюид, зародившийся в фундаменте, может подпитывать залежи углеводородов в осадочных породах? А если это так, то почему бы целенаправленно не поискать залежи в самом фундаменте? К сожалению, нефтяники и газовики до сих пор не придают этой проблеме должного значения. Тем не менее, такие попытки были сделаны. Наиболее показателен шведский опыт целенаправленного поиска нефти в кристаллических породах Скандинавского щита. По рекомендации известного американского геолога Т.Голда в начале 80-х годов прошлого столетия в метеоритном кратере Сильян была пробурена поисковая скважина Гравберг-

investigation of Tatarstan's subsurface resources. As part of this program several wells were drilled into the foundation, two of them – superdeep. These are Minnibaevskaya -20000, bottomhole –5099m, boring through granite basal complex - 3,215m, and Novoelkhovskaya -20009, bottomhole depth--5,881m, meters drilled through granite basal complex--4,077. These and other special-purpose wells have revealed the presence in crystalline rock of telltale signs of hydrocarbon migration. The underground water trapped in crystalline rock fissures contains up to 16 percent of hydrocarbon gas. The sum total of these gases, according to findings by I.N. Plotnikova (year 2006) sometimes exceeds the total amount of hydrocarbon gases in the water of producing Devonian deposits in Tataria. Moreover, a comparison of the hydrocarbon content of the basal complex's bitumoids and oils from the famous Romashkinskoye oil field –one of the world's largest—shows that there is a distinct similarity. According to a body of opinion (G.N. Georgadze,2003), basal complex bitumoids in this region may be viewed as traces of migration of oil and gas bearing fluids. The basal complex body proper has a specific voluminous space inside of which the fluids are allowed to travel freely and under certain conditions to coalesce to form deposits.

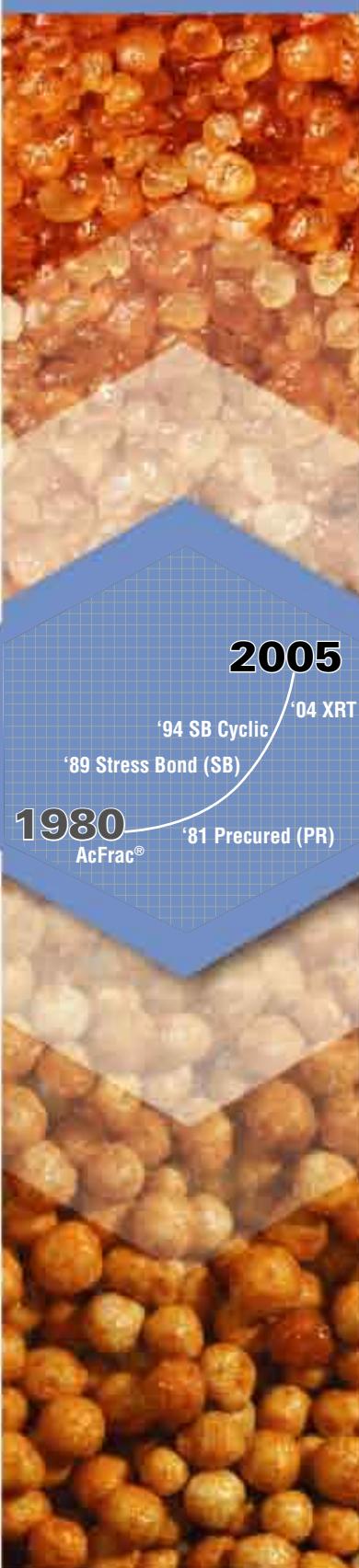
The hydrocarbon fluids involvement in the interior gas breathing and the resultant encapsulation of hydrocarbon gases in the form of occlusions in the tiny rock fissures , in the basal complex minerals has been observed by a number of investigators in many other areas. A good case in point is the Siberian platform basal complex where reliquiae of trapped fluid were found whose gas phase consists predominantly of methane and its homologues, while the liquid phase is composed of aqueous and hydrocarbon compounds.

Investigators believe that hydrocarbons are a mixed bag and trace their origin to depth and biogenic factors. They have been formed from both organic matter and non-organic carbon and hydrogen with mechanical and chemical processes figuring prominently in their genesis (R.P.Gottlich, B.I.Pisotsky, N.N.Burmistenko,1988). The fluid investigated in the rocks of the Siberian table basal complex , Yuzhno-Tatarsky dome fold, Dneprovo-Donetsk basin, Pripyatsky depression represents a relatively low-temperature system, with 90 percent of its gas phase comprised of methane and its homologues. The authors draw a conclusion that Pre-Cambrian rocks throughout aeons of their geological history have been exposed to the impact of hydrocarbon fluids of varying origin.

Oil and gas deposits also have been found in the basal complex rock in western Siberia. To date there are 70 such deposits discovered there, most of them located in the Nyurolsk basin. One of the biggest deposits was established in the Maloichskaya zone where oil was tapped at a depth of 2,841-2,852 m with production rates of 367 m³/day. True, in western Siberia the basal complex consists mostly of consolidated calcareous bodies rather than granite rock. So, the term “basal complex” is a misnomer and can hardly be applied in this case. Either way, it can be argued that the basal complex of table regions which traditionally was held to be of no commercial value in terms of oil and gas production is actually saturated with hydrocarbons.

Again, the question begs itself: how come that hydrocarbon fluids have worked their way into crystalline rock of granite type? The answer is as simple as that: oil and gas have emerged from deep down in the interior of the earth where they were formed due to non-organic synthesis of carbon and hydrogen molecules. But this is clearly at odds with the the classic organic theory of oil origin which postulates and not without cogent reason that hydrocarbons evolved from organic matter. These two seemingly irreconcilable approaches to the problem of hydrocarbon genesis are integrated by a new geodynamic concept of oil and gas formation , developed by researchers at the Gubkin Russian State Oil&Gas University (V.P.Gavrilov, 1986).

Under this concept, hydrocarbons may be formed due to a variety of causes either through destruction and transformation of organic matter or through mineral synthesis in the earth's interior. By the same reasoning, granites themselves may be formed not only when melts solidify but also as a result of metamorphism of protogenic-aqueous rocks , and also sands, clays, at relatively low temperatures (in the neighborhood ►►



... to XRT™

The Oilfield Technology Group компании Hexion уже в течение более 25 лет остается лидером в области технологий гидравлического разрыва пласта.

HEXION™

Specialty Chemicals

Низкая Температура Высокая Продуктивность.

SiberProp™



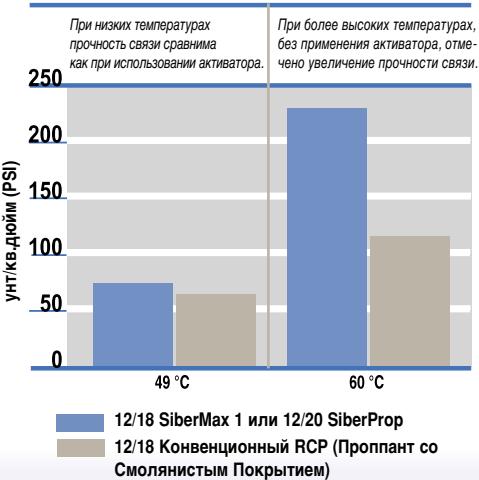
SiberMax™



Расклинивающие наполнители (проппант) *SiberProp™* и *SiberMax™* обеспечивают высокую прочность связи в разломе при очень низких забойных температурах без необходимости во внешних активаторах.

Oilfield Technology Group компании Hexion Specialty Chemicals представляет расклинивающие наполнители *SiberProp™* и *SiberMax™*, созданные специально для применения в низкотемпературных разрывах пласта. Обеспечивая высокую прочность связи без использования внешнего активатора, *SiberProp* и *SiberMax* являются новейшими техническими достижениями нашей команды исследователей и разработчиков. Вам больше не нужно добавлять дополнительные химикаты, чтобы способствовать сцеплению проппанта при низких температурах. Вы выигрываете благодаря меньшей химической обработке и взаимодействию жидкости для гидроразрыва, сохраняя при этом наивысшую проводимость скважинного разлома. Покрытия *SiberProp* (песочное) и *SiberMax* (керамическое) включают новейшую смолянную технологию, которая дает высокую прочность межзерновой связи, сохраняя при этом наши известные SB свойства (Stress to Bond / Напряжение для Связи).

ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ



Focused on Production. Quality You Can Trust.™

Hexion Specialty Chemicals
Oilfield Technology Group
Houston, TX USA
281.646.2800 • OilTG.com



Рис.2 Fig. 2

1 с проектной глубиной 7500 м. По техническим причинам она была остановлена на глубине 6700 м. При испытании из скважины глубинным насосом было откачано

более 15 м³ нефти, более 10 т магнетит-нефтяной массы и 150 т высокоминерализованной воды. Вторая скважина, пробуренная на глубину 2700 м, при испытании в интервале 2000 м также д

аланебольшой приток нефти. Поскольку промышленных притоков так и не было получено дальнейшие поиски углеводородов в этом районе были остановлены. Что это: крушение необоснованных надежд? Скорее всего наше незнание того, как организовать и проводить поисковые работы на нефть и газ в таких необычных породах, как кристаллический фундамент платформ. Вся теория и практика нефтегазового дела, которая насчитывает более 150 лет, была разработана применительно к осадочным породам и главным объектом поиска всегда была антиклинальная структура. В фундаменте же все не так. А как? - Пока мы еще себе отчетливо не представляем. Скорее всего, там должны быть другие объекты поиска, чем антиклиналь. Может быть это будут зоны разуплотнения, повышенной трещиноватости пород? Может быть углеводороды будут тяготеть к определенному типу кристаллических пород, например, к гранитам? На эти и многие другие вопросы ученые сегодня не могут дать убедительных и обоснованных ответов. Необходимо целенаправленно и комплексно изучать эту проблему. Но уже сейчас можно утверждать, что фундамент платформ насыщен углеводородным флюидом различного происхождения и порой в гораздо большем количестве, чем вышележащий осадочный чехол. В фундаменте наверняка есть крупные скопления нефти и газа, выявление которых особенно актуально в старых районах нефтедобычи, где есть развитая инфраструктура, людские ресурсы и где запасы традиционной нефти и газа истощаются.

Думается, что фундамент платформенных областей – это новый возможный нефтегазоносный этаж земной коры, он имеет будущее, с ним связаны наши надежды. ■

of a few hundred degrees). This mechanism of granite formation has been developed at the Geological Institute under Russian Academy of Sciences. Researchers argue that due to metamorphogenic infiltration of gas and water fluids, proceeding from the lower reaches of the sial zone of earth, there may occur homogenization of petrofabric--rheologic parameters of crystalline basal complex and overlying sedimentary strata. The latter having been 'saturated' with mineral compounds specific for granites , cease to be the sedimentary rocks (sands, clays) and become transformed into crystalline granites, without being exposed to melting in the process (M.G. Leonov, S.Ty. Kolodyazhnyi, N.M. Kunina, 2000).

There are cases of shaly rock complexes enriched with organic matter occurring among granites in table basal complexes. But back to Tataria where numerous oil fields are located. Here, a huge graphite-rich thickness, so-called Bolshecheremshinskaya series dating back to 3 bln. years ago has long been identified in the basal complex. It was found to contain a large amount of organic carbon. It may be assumed that this carbon by interacting with flows of hydrogen deep in the interior of the earth could form hydrocarbon compounds. As mentioned earlier, Tataria's basal complex is literally saturated with hydrocarbon fluids. The composition and concentration of these fluids is close to background values of subterranean water organic matter in Devon deposits where the main oil fields in this republic are located. Moreover, there is a distinct relationship between the presence and lack of gas and oil fields in this area. Where there are bodies of the Bolshecheremshinskaya series the sedimentary mantle contains oil and gas, in areas where it is missing, no oil and gas fields can be found (fig.2). Does that mean that fluids formed in the basal complex feed the hydrocarbon accumulations in sedimentary rock? And if this is actually the case, then why not search purposefully for hydrocarbons in the basal complex proper?

Unfortunately, oil and gas workers have so far failed to pay due attention to this problem. Yet, some attempts to tackle this problem have been made. The Swedish experience of goal-oriented search for oil in crystalline rocks of the Scandinavian shelf provides one example. According to recommendations by T. Gold, a reputed American geologist, early in the 80's of the last century an exploratory well Gravberg-1 with a design depth of 7,500 m was drilled in the Silian meteorite crater. The well was run to a depth of 6,700m when drilling was stopped due to technical reasons. During the test more than 15 m³ of oil , over 10 t of black iron oxide and 150t of highly mineralized water was pumped out by a deep well pump. The second well run to a depth of 2,700m when tested in the interval of 2,000m also yielded a small oil influx. Since no commercial oil flows were produced, further search for hydrocarbons in the area was suspended. What does that signify: collapse of ill-founded hopes? Most probably it stems from our poor knowledge of how to arrange and carry on prospecting work in such unique rocks as table crystalline basal complex.

The whole theory and practice of oil-and-gas business which has been around for over 150 years, has been developed to deal with sedimentary rock, with anticlinal structure being the main object of search. This theory doesn't seem to apply to basal complex. We cannot yet figure out how we should proceed. It seems like there are objects other than anticline to look for. Maybe these are consolidation areas, areas of increased cleavage? Or maybe hydrocarbons tend to gravitate to a certain type of crystalline rock, such as granites? These are the questions that have the scientists baffled and to which they cannot yet give any convicitive or legitimate answer. This problem should be dealt with in a purposeful and comprehensive manner. But already at this stage it may be claimed that table basal complex is saturated with hydrocarbon fluids of diverse origin and that sometimes these are present in much higher amounts than in the overlying sedimentary mantle. The basal complex obviously holds huge accumulations of oil and gas whose identification is especially relevant in old oil production areas with developed infrastructure, human resources and dwindling reserves of traditional oil and gas.

It appears that basal complex of table regions represents a new potential oil and gas bearing level of the Earth's crust, that holds great prospects for the future and on which we should pin our hopes. ■

Измеряемые результаты, от скважины до руководства



АББ как ведущий мировой поставщик оборудования автоматизации для нефтегазового комплекса имеет четкое представление о реальной сложности проблем, которые возникают на месторождениях, на платформах, на терминалах, вдоль трассы трубопровода, а также на перерабатывающем заводе. Решения, предлагаемые концерном АББ, помогают Вам успешно осуществлять процессы добычи, переработки, транспортировки, хранения и распределения углеводородов: ликвидировать потери; и соответствовать установленным государственным нормативам. Каждое наше решение обеспечивает совместимость с существующими системами предыдущих поколений, предлагает наилучшие пути модернизации для интеллектуального управления предприятием и планирования, а также гарантирует максимальный возврат вложенных средств. Посетите наш вэб-сайт по адресу www.abb.com/oilandgas

Power and productivity
for a better world™