

Секция 9
КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ
И РЕСУРСОВ В АРКТИКЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПО
МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК

В.Г. Житков¹, доцент, А.А. Поцелуев¹, профессор, В.А. Кринин², доцент,
В.Н. Устинова¹, профессор, Ю.С. Ананьев¹, доцент

*¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия,*

²Сибирский федеральный университет г. Красноярск, Россия

Использование материалов современных космических съемок (КС) позволяет получить информацию о геоструктурных особенностях исследуемых площадей, выработать критерии локализации перспективных участков для постановки детальных работ. Этому способствует ряд явных преимуществ материалов космических съемок (КС) перед другими методами наземных и аэроисследований. В первую очередь это обзорность, равноазимутальная информативность, отсутствие недостатков выборочных профильных наблюдений, экспрессность, дешевизна, экологичность [1]. Их применение весьма актуально как на новых малоизученных площадях, так и в известных нефтегазоносных районах, детально изученных наземными методами. Космогеологические исследования рассмотрим на примере изучения Пур-Тазовской структуры, расположенной на севере Восточной Сибири и северной части Таймырского полуострова.

Объектом исследований является территория нефтегазоперспективных земель, примыкающая к Ванкорскому месторождению, расположенная в Туруханском районе Красноярского края, на левобережье Большой Хеты [2]. В административном отношении площадь работ охватывает Туруханский район Красноярского края, крайнюю восточную часть Ямало-Ненецкого и юго-западную часть Таймырского АО. Группа месторождений, к которой относят Ванкорское, Лодочное, Тагульское, Сузунское месторождения, в структурно-тектоническом плане входят в состав Большехетской структурной террасы. Прилегающие к Ванкорскому месторождению Западно-Лодочная, Ичемминская, Талая, Ниричарская, Хикиглинская, Ячиндинская структуры находятся в стадии исследований.

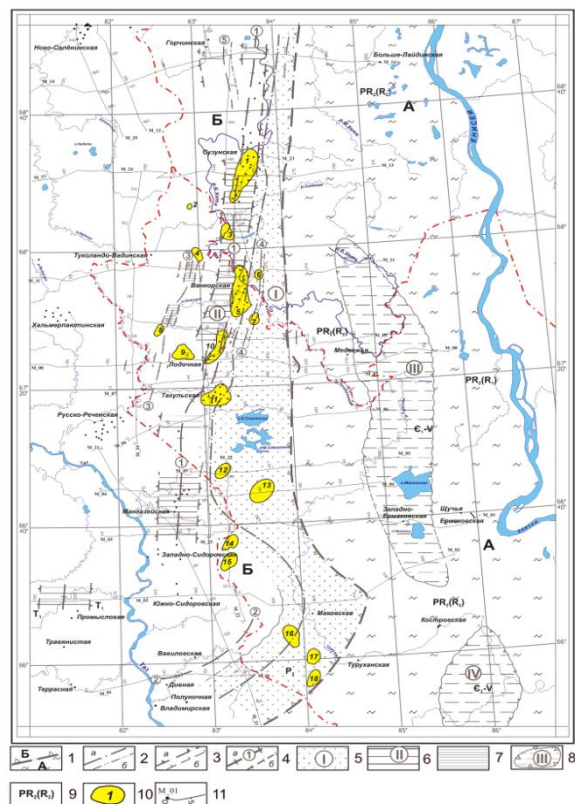
Геологическое строение и нефтегазоносность

В тектоническом отношении рассматриваемая территория находится на стыке Большехетской структурной террасы и Пендомаяхской впадины, осложняющих северо-восточный борт Надым – Тазовской синеклизы. Геологический разрез, перспективный в нефтегазоносном отношении, представлен отложениями катаплатформенного осадочного чехла. Основной этаж нефтегазоносности образован нижнехетским, яковлевским, долганским продуктивными горизонтами нижнего – верхнего мела. Меньшие перспективы нефтегазоносности связаны с сиговским горизонтом верхней и малышевским горизонтом средней юры. Промышленные запасы нефти и газа рассматриваемой территории сконцентрированы исключительно в ловушках структурного типа, в редких случаях некоторые залежи имеют литологические ограничения за счет замещения песчаников пелитовыми разностями. Все крупные локальные

структурные ловушки (Сузунская, Ванкорская, Лодочная, Тагульская) приурочены к структурам первого порядка – Сузунскому и Лодочному валам. Мелкие поднятия, как правило, осложняют восточный борт Пендомаяхской впадины и отражаются в меловом структурно-формационном комплексе (рис. 1).

**Рис. 1. Тектоническая схема района
Большехетской структурной террасы по
данным [2]**

1) Участок приподнятого положения докембрийского складчатого фундамента (граница Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты); А - Изгаро-Туруханский выступ, Б - Худосейский грабен-рифт; 2) Оси синклиналиев: а - первого порядка (грабены), б - второго порядка (синклиналильные зоны); 3) Границы антиклинорий: а - первого порядка (горсты), б - второго порядка (горстоподобные блоки); 4) Оси антиклинорий: а - первого порядка: 1 - Большехетско-Тагульского горста, 2 - Парусового горста (выступа); б - второго порядка: 3 - Хикигли-Верхнеподочного горстоподобного блока, 4 - Островной антиклинальной зоны, 5 - Пендомаяхского горстоподобного блока; 5-7 Площадь развития: 5) Приенисейского грабена (I); 6) Большехетско-Тагульского горста (II); 7) Хикигли-Верхнеподочного горстоподобного блока; 8) Вендпалеозойские впадины: III - Маковская, IV - Нижнебаихская; 9) Предполагаемый возраст отложений, слагающих тектонические структуры; 10) Локальные поднятия в юрско-меловом чехле: 1 - Сузунское, 2 - Восточно-Чарское, 3 - Ячиндинское, 4 - Хикиглинское, 5 - Ванкорское, 6 - Ниричарское, 7 - Талое, 8 - Западно-Лодочное, 9 - Ичемминское, 10 - Лодочное, 11 - Тагульское, 12 - Чировое, 13 - Советское, 14 - Северо-Полярное, 15 - Полярное, 16 - Глухаринское, 17 - Туруханское, 18 - Лебяжье; 11) Региональные сейсмические маршруты [1]



Методика обработки материалов

В работе использованы материалы мультиспектральных КС Aster и Landsat ETM+. Дополнительно по данным радиолокационной съемки радаром ERS-ENVISAT была создана цифровая модель рельефа.

Обработка, дешифрирование, анализ космоматериалов и моделирование геологических и рудных систем выполнены в соответствии с методическими рекомендациями и подходами [1]. Принципиальная схема работ состояла из:

- формирования массива исходных данных;
- обработки и дешифрирования исходных растровых изображений с использованием алгоритмов классификации, процедур улучшения, комплекса методов фильтрации и передискретизации изображения;
- создания и обработки синтезированного изображения мультиспектральных снимков;
- создания производных растровых изображений с использованием «алгебры карт»;
- корреляционного анализа синтезированных изображений;
- обработки и анализа цифровой модели рельефа;

СЕКЦИЯ 9. КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И РЕСУРСОВ В АРКТИКЕ

совместного анализа растровых изображений и цифровой модели рельефа, дешифрирования с использованием 3D-визуализации и анаглифических (стерео) изображений.

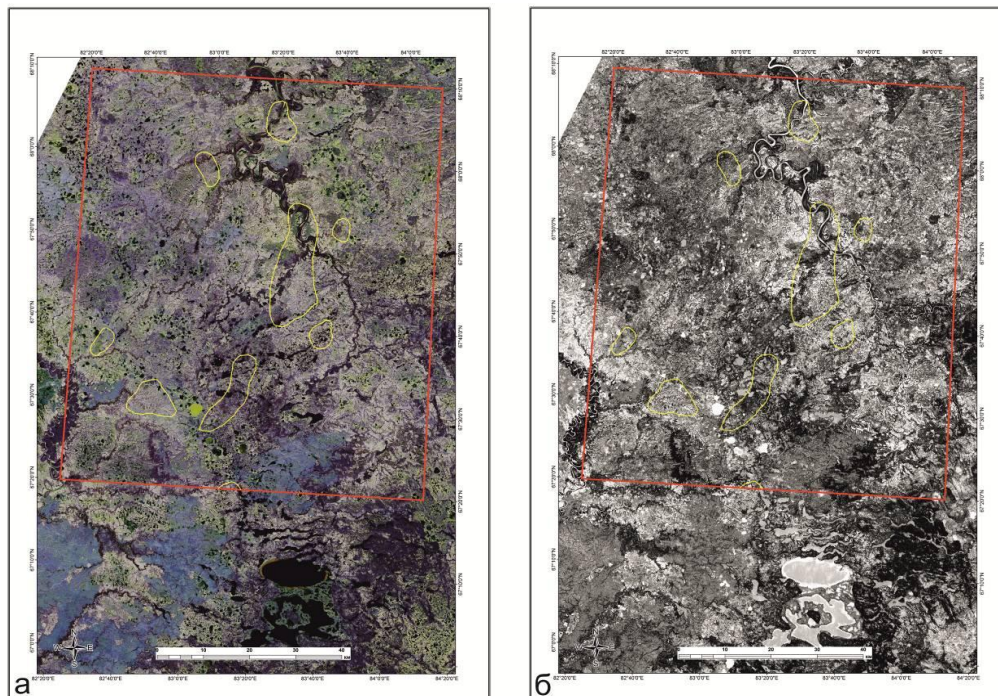


Рис.2 Компоненты дистанционной основы: а) композит по материалам космической съемки Landsat ETM+ (комбинация спектральных диапазонов 0.75-0.90, 0.63-0.69, 0.45-0.52 мкм); б) обработка по методу главных компонент (третья компонента). Явственно видны зоны флюидомиграции северо-западного простирания, нарушенные и смещенные разломами северо-восточной ориентировки. Красный контур – границы площади исследований; желтые контуры – нефтегазовые месторождения и перспективные структуры

В работе использовались синтезированные изображения с различной комбинацией каналов, что позволило распознать слабоаномальные объекты как линейной, так и дуговой и кольцевой морфологии, а также элементы геологического свойства – разрывные нарушения, флюидопроводящие системы и элементы тектонических деформаций. Из рис. 2 явственно видны зоны «флюидомиграции» северо-западного простирания, нарушенные и смещенные разломами северо-восточной ориентировки.

В итоге анализу и интерпретации в процессе исследований было подвергнуто более 300 изображений.

Результаты и обсуждение

Исследования показывают, что на Большехетской структурной террасе в материалах КС проявлены структуры трех типов: линейной, кольцевой (дуговой) морфологии и площадные.

Среди линейных преобладают структуры субмеридионального, северо-восточного, субширотного простирания, которые соответствуют разрывным нарушениям различного уровня заложения. Субмеридиональные разломы являются наиболее ранними образованиями, определяют положение главных геотектонических структур и, по-видимому, проникают в верхнюю мантию. К этому типу нарушений относится главная линейная зона, по своему местоположению

и ориентировке соответствующая Худосейскому рифту. Зона представлена серией субпараллельных линеаментов различной протяженности и имеет ширину выхода на дневную поверхность от 25 до 35 км.

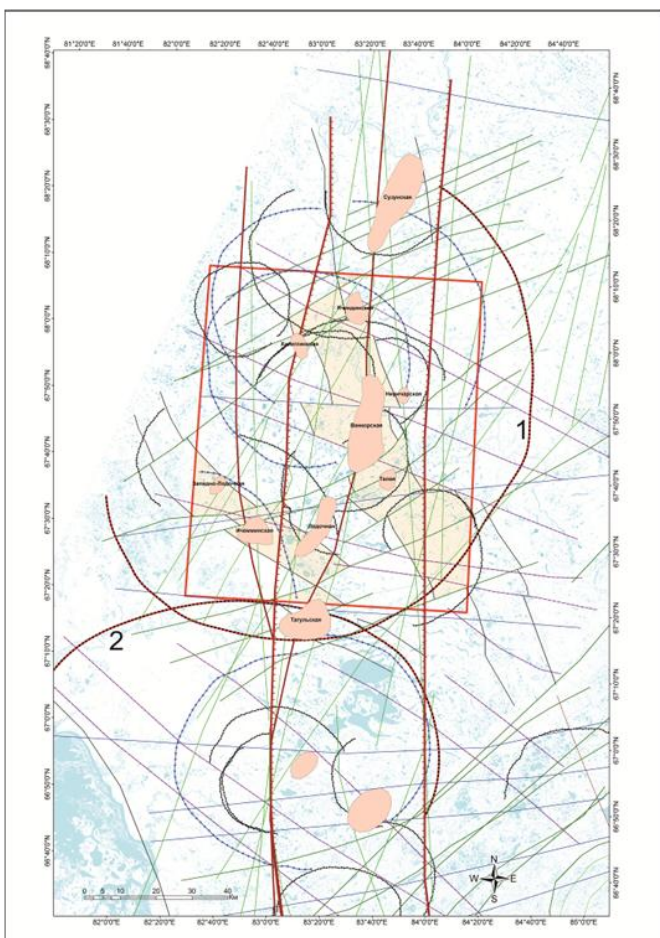


Рис. 3а. Обзорная космоструктурная схема района Большехетской структурной террасы. Условные обозначения см. рис. 3б

Установлено сателлитное тектоническое нарушение, по-видимому, сингенетичное главной зоне. Оно расположено к западу, имеет субмеридиональное простираение, на юге примыкает к главной зоне, а к северу отклоняется от нее на расстояние до 20 км. В пределах главной зоны отчетливо выделяется крупное тектоническое нарушение, проходящее через западный фланг Ванкорского месторождения.

Субширотные и северо-восточные структуры являются более поздними. Их кинематика устанавливается по смещению границ площадных структур, выявленных на территории исследований и описанных ниже. Амплитуда смещений по разломам северо-восточного простираения достигает 14,5 км. Так, южный фланг Ванкорского месторождения срезан нарушением северо-восточного направления (рис. 3, а, б). Возможно, находящаяся южнее перспективная структура Талая,

является реликтом срезанной части залежи Ванкорского месторождения. Субширотные разрывы характеризуются смещениями до 4 км. Структуры северо-западного простираения смещают границы более ранних образований до 7 км.

Выявленные кольцевые и дуговые структуры варьируют от 1 до 83 км по радиусу (см. рис. 3, а, б). Наиболее крупными кольцевыми структурами района являются Ванкорская – радиус 83 км и Чировая – 58 км (см. рис. 3, а). По-существу, вся территория исследований попадает в пределы Ванкорского кольца. Чировая структура располагается южнее и включает одноименное локальное поднятие в своей центральной части.

Центр Ванкорской кольцевой структуры, также как и кольцевых и дуговых структур более высоких порядков контролируется главной линеаментной структурой субмеридионального простираения и ее сателлитными разломами того же направления. Центральная область Ванкорской структуры, которая может рассматриваться в качестве «центра возмущения», располагается в непосредственной близости от Ванкорского месторождения.

СЕКЦИЯ 9. КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И РЕСУРСОВ В АРКТИКЕ

Центры кольцевых структур второго порядка с радиусами от 28 до 42 км также лежат в пределах главной зоны со смещением к западу от ее центральной части. Одна из них имеет центр в районе Хикиглинской структуры, центр другой соответствует Ячиндинскому локальному поднятию. Эти структуры характеризуют более слабые «возмущения» и могут содержать, соответственно, более мелкие залежи углеводородов по сравнению с Ванкорским.

Отмечается закономерное расположение кольцевых структур радиусом 7–9 км вдоль субмеридионального шва, проходящего в центральной части главной зоны. При этом, центры данных структур, как правило, смещены к западу относительно самого линеамента на расстояние 3–7 км. Подобное положение занимают структуры этого ранга и по отношению к западному сателлитному шву главной линеаментной зоны. Часть этих кольцевых структур вмещает известные месторождения углеводородов и ряд перспективных площадей.

К площадным структурам относятся Северо-Восточная и Юго-Западная зоны «флюидомиграции» (см. рис. 3 а, б). По мнению авторов, формирование этих структур обусловлено проявлением метасоматических процессов, повлиявших на физико-химические свойства пород. Это отразилось в спектрометрических характеристиках площадных структур. Зоны имеют северо-западное простирание.

Северо-Восточная зона в районе Ванкорского месторождения разворачивается в субмеридиональном направлении. Видимая мощность Северо-Восточной зоны колеблется от 15,8 до 24,6 км. Видимая мощность Юго-Западной зоны лежит в пределах от 9,5 до 13,7 км.

Обе зоны имеют блоковое строение за счет смещений, вызванных поздними нарушениями северо-восточного и субширотного простирания. Амплитуда смещений границ зон колеблется от 1,5 до 17,5 км по нарушениям северо-восточного

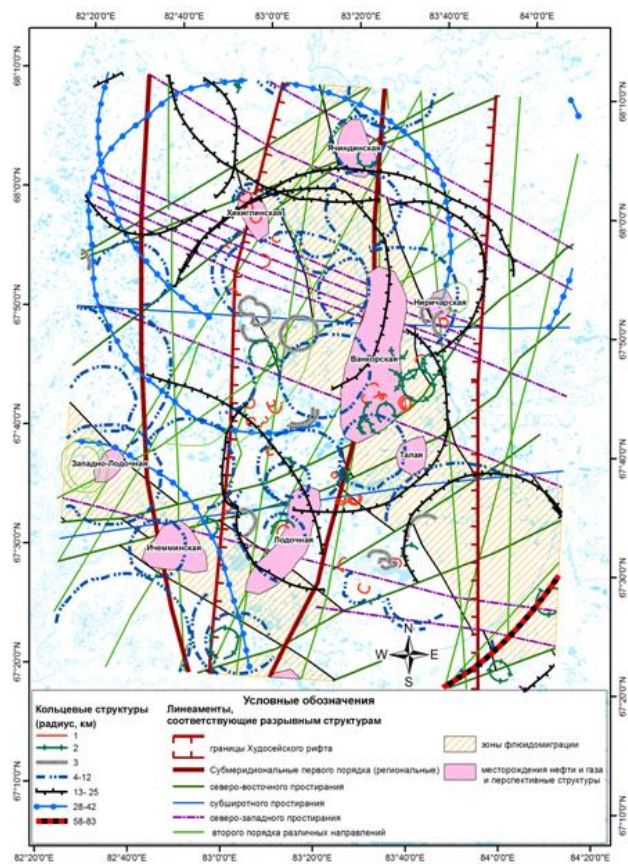


Рис. 3б. Космоструктурная схема района Большехетской структурной террасы.

1-7 – кольцевые структуры, ранжированные по радиусам: 1) 1 км; 2) 2 км; 3) 3 км; 4) 4-12 км; 5) 13-25 км; 6) 28-42 км; 7) 58-83 км (1 – Ванкорская; 2 – Чировая); 8-13 – линеаменты, соответствующие разрывным структурам: 8) границы «Главной» линеаментной зоны; 9) субмеридиональные первого порядка (региональные); 10) северо-восточного простирания; 11) субширотного простирания; 12) северо-западного простирания; 13) второго порядка различных направлений; 14) зоны флюидомиграции; 15) нефтегазовые месторождения и перспективные структуры.

простирается и от 1,5 до 9,4 км по нарушениям субширотного и северо-западного направления.

В целом, по характеру космоструктурного рисунка (см. рис. 3) исследуемая территория имеет большое сходство с эндогенными системами, дешифрованными и описанными в различных регионах [1]. Основными элементами такого рода структур являются линейные шовные зоны, представляющие собой складчато-разломные тектонические системы, сопровождающиеся повсеместным проявлением метаморфизма различных фаций и метасоматических преобразований вмещающих пород. В гравитационном поле данные процессы отражаются в виде региональных или локальных (в зависимости от масштабности проявления) отрицательных аномалий в центральных областях шовных зон.

На основании сходства космоструктурного рисунка, отражающего строение и закономерности формирования систем, можно предположить и сходство в истории геологического развития исследуемой территории с данными системами.

Полученные космоструктурные данные и основанные на них выводы о закономерностях размещения месторождений углеводородов на исследуемой территории достаточно хорошо коррелируются с региональными моделями и структурными построениями, основанными на геофизических методах [3 – 6].

В заключение можно сделать выводы, что наиболее ранними по возрасту формирования на изучаемой территории являются Северо-Восточная и Юго-Западная зоны «флюидомиграции», связанные, по-видимому, с разломно-складчатыми структурами фундамента, формировавшимися до Худосейской рифтогенной структуры и имеющими северо-западное простирание. Образование данных зон, вероятно, связано с древними разломными системами, являвшимися флюидопроводниками, развитие которых привело к насыщению приразломных областей глубинными компонентами и перераспределению части вещества вмещающих пород.

Следующий этап становления структур района связан с Худосейским рифтом. С данным этапом структурообразования связано, видимо, формирование кольцевых структур разного ранга – как реакции среды на тектонические возмущения вдоль Худосейской рифтогенной системы. Эти же возмущения могли оказать решающее влияние на формирование структурных ловушек и миграцию углеводородов. Худосейский рифт, хотя и формировался на ранних стадиях как структура растяжения, в более позднее время мог испытать сжатие с образованием сопряженной системы разрывных нарушений северо-восточного простирания, по кинематике, вероятнее всего, отвечающих сдвигам и оказавших деформирующее влияние на возникшие в более раннее время структурные ловушки.

Разрывные нарушения субширотного и северо-западного простирания могут быть отнесены к наиболее молодым структурам, поскольку они не образуют мощных зон, а, как правило, выражены отдельными швами.

В результате дешифрирования и анализа космоструктур района Большехетской структурной террасы было установлено, что все известные месторождения нефти и газа на данной территории имеют вполне закономерную локализацию:

месторождения залегают в пределах зон флюидомиграции (северо-восточной и юго-западной);

объекты нефти и газа лежат в пределах кольцевых структур, иногда нескольких рангов. Наиболее крупное Ванкорское месторождение приурочено к

СЕКЦИЯ 9. КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И РЕСУРСОВ В АРКТИКЕ

центральной части самой крупной в районе одноименной кольцевой структуры радиусом более 80 км;

все месторождения залегают в пределах главной линеamentной зоны, отвечающей Худосейскому рифту, или на ее сателлитных разломах;

размещение месторождений, в пределах выше обозначенных структур, контролируется поздними нарушениям северо-восточного простирания.

Совокупность полученных данных о приуроченности известных месторождений к выделенным структурам позволяет сформулировать комплекс критериев по локализации новых перспективных площадей в изученном районе.

Литература

1. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г., Назаров В.Н. и др. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая). — Томск: STT, 2007. — 228 с.
2. Кринин В.А. Тектоника фундамента и оценка ресурсов нефти юрско-меловых отложений северо-востока Западно-Сибирской плиты в пределах Красноярского края // Горные ведомости., 2011. — № 9. — С. 16 – 24.
3. Агульник И.М. Оценка нефтегазоносности структур в условиях Западно-Сибирской низменности с помощью гравirazведки // Прямые поиски нефти и газа геофизическими методами. — М. : Недра, 1971. — С. 48–51.
4. Бененсон В.А. Строение фундамента Западно-Сибирской плиты в свете новой геолого-геофизической информации // Геотектоника., 1986. — № 4. — С. 117–121.
5. Варламов И.П. Постэоценовые тектонические движения Сибирской платформы. Геология и нефтегазоносность Лено-Тунгусской провинции. — М. : Недра, 1977. — С. 95–108.
6. Сурков В.С. Строение грабен-рифтов и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности // Рифтогенез и нефтегазоносность. — М. : Наука, 1993. — С. 77–84.

ОСЦИЛЛИСТОРНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ ШИРОТ

Л.П. Дробот¹, начальник отдела экономического планирования и анализа
Управления по бурению скважин

Научный руководитель доцент П.Н. Дробот²

¹ООО «Газпромнефть-Восток», г. Томск, Россия

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
г. Томск, Россия

Федеральный арктический форум «Дни Арктики в Москве» состоялся с 21 по 26 ноября 2016 г. [1]. По итогам деловой сессии форума «Арктика: от прогнозов до освоения» принята резолюция, с инициативами и предложениями бизнеса по промышленному освоению Арктики, которое происходит в суровых климатических условиях. Средние январские температуры колеблются в диапазоне от -40°C до 0°C ; зимой большие районы Арктики могут промерзнуть и до -50°C . В июле средняя температура составляет от -10°C до $+10^{\circ}\text{C}$ [2].

В работе [5] детально исследованы характеристики осциллисторного кремниевого датчика температуры с частотным выходом: показана его более высокая чувствительность по сравнению с похожими разработками (в том числе, с