

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.

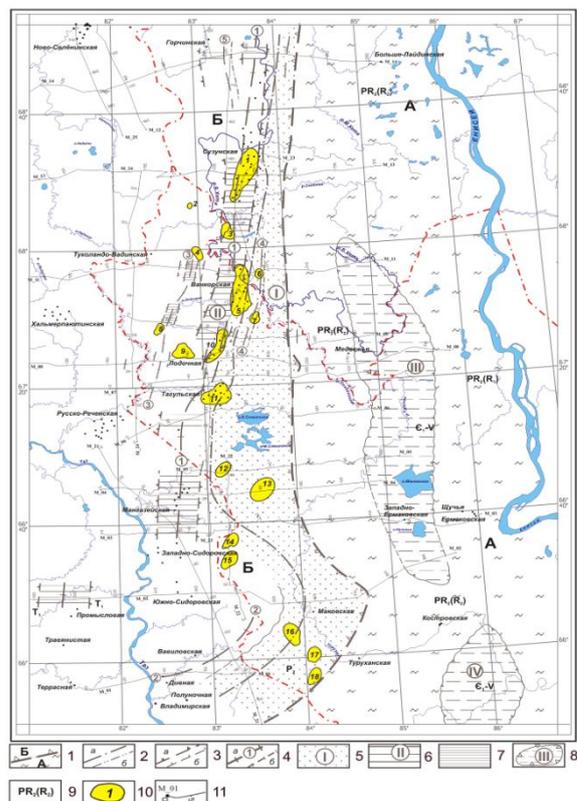
Геологическое строение и нефтегазоносность

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 (синклинальные 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.

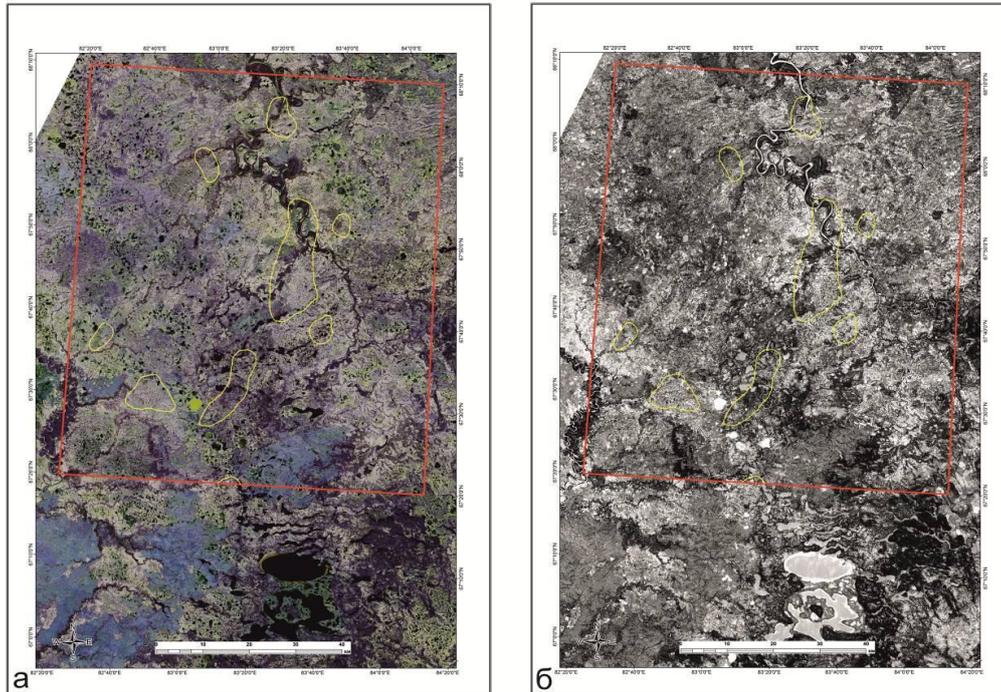


Рис.2 Компоненты дистанционной основы: а) композит по материалам космической съемки Landsat ETM+ (комбинация спектральных диапазонов 0.75-0.90, 0.63-0.69, 0.45-0.52 мкм); б) обработка по методу главных компонент (третья компонента). Явственно видны зоны флюидомиграции северо-западного простирания, нарушенные 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.

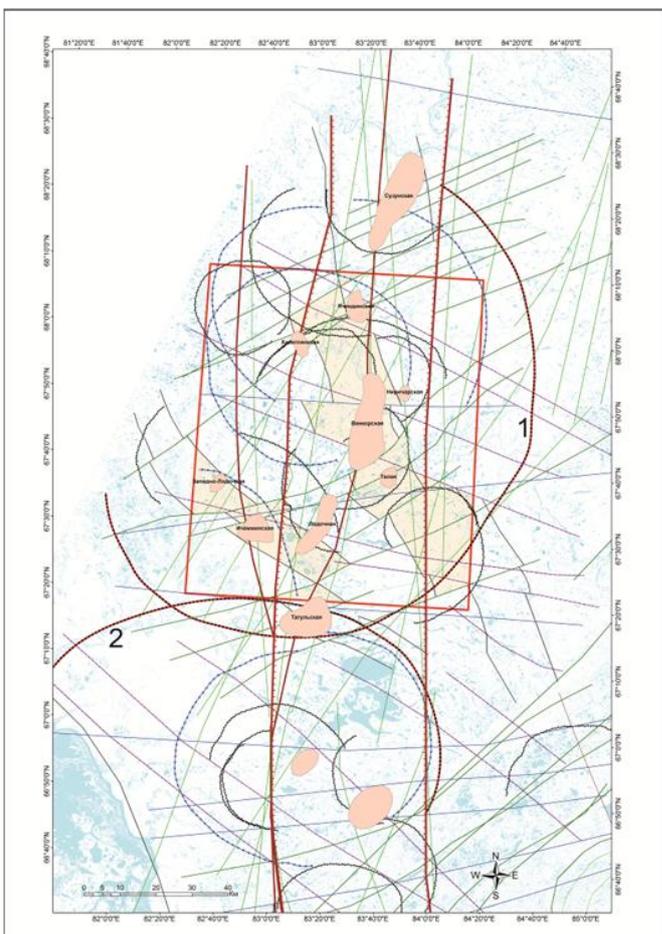


Рис. 3а. Обзорная космоструктурная схема района Большехетской структурной террасы. Условные обозначения см. рис. 3б

является реликтом срезанной части залежи Ванкорского месторождения. Субширотные разрывы характеризуются смещениями до 4 км. Структуры северо-западного простирания 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 простирания 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.

Установлено сателлитное тектоническое нарушение, по-видимому, сингенетичное главной зоне. Оно расположено к западу, имеет субмеридиональное простирание, 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 простирания достигает 14,5 км. Так, южный фланг Ванкорского месторождения срезан нарушением северо-восточного направления (рис. 3, а, б). Возможно, находящаяся южнее перспективная структура Талая,

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

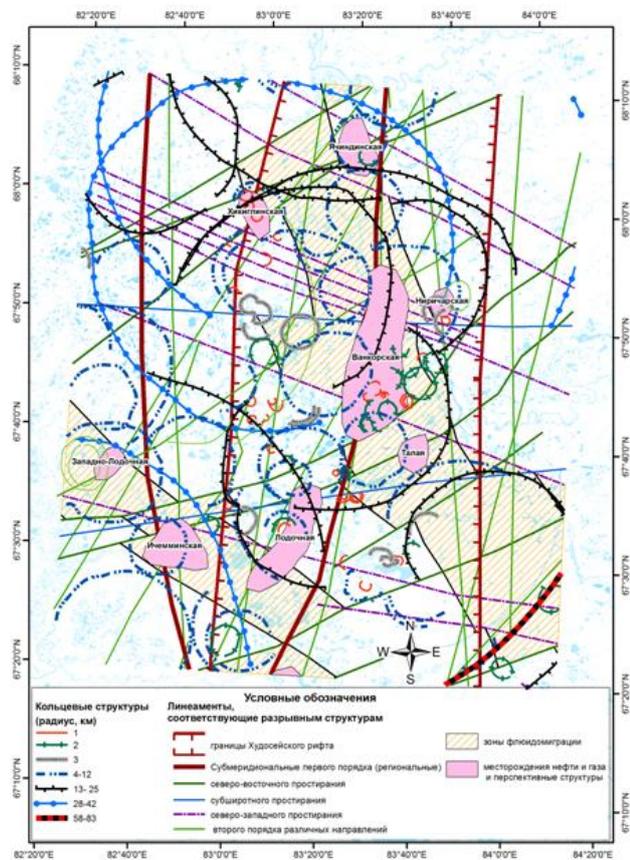


Рис. 3б. Космоструктурная схема района Большехетской структурной террасы.
1-7 – кольцевые структуры, ранжированные по радиусам: 1) 1 км; 2) 2 км; 3) 3 км; 4) 4-12 км; 5) 13-25 км; 6) 28-42 км; 7) 58-83 км (1 – Ванкорская; 2 – Чировая); 8-13 – линеаменты, соответствующие разрывным структурам: 8) границы «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

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