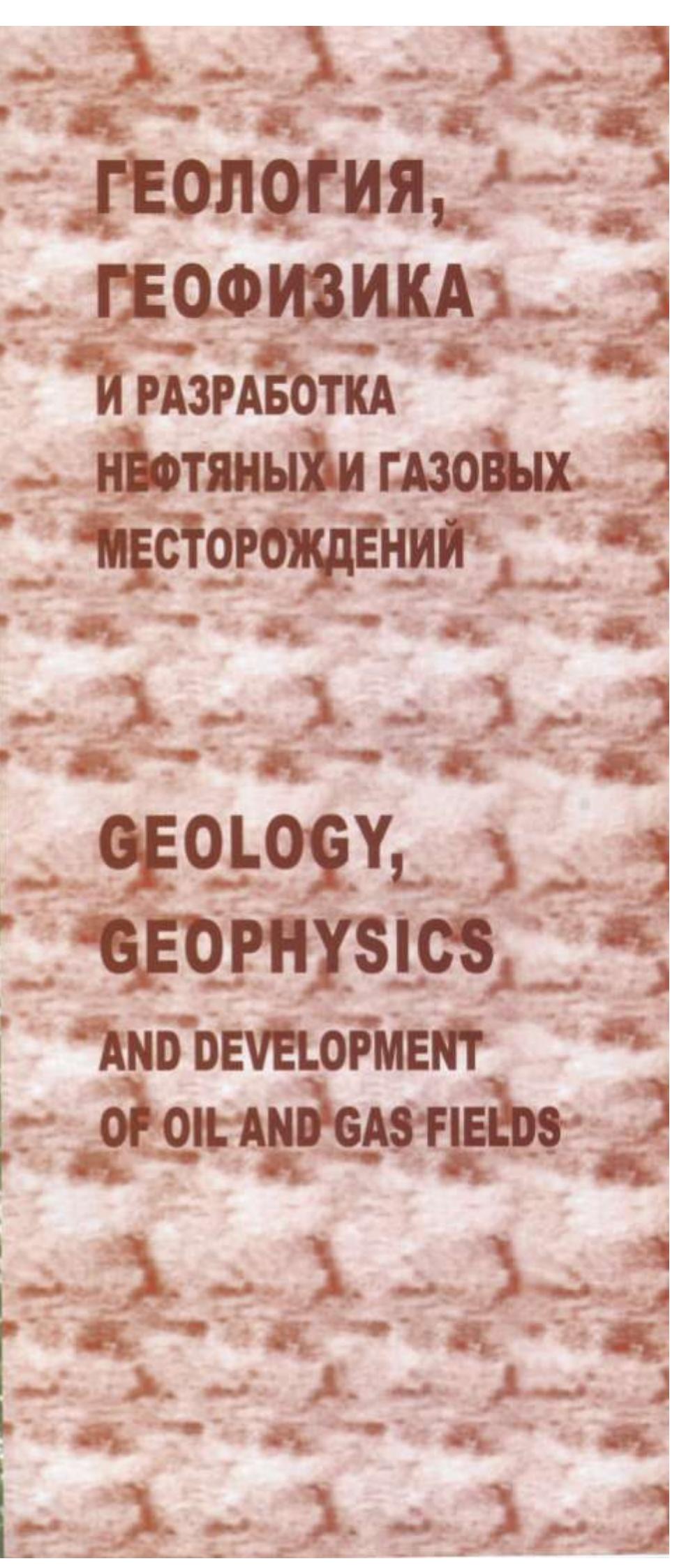


**ГЕОЛОГИЯ,  
ГЕОФИЗИКА  
И РАЗРАБОТКА  
НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**



**GEOLOGY,  
GEOPHYSICS  
AND DEVELOPMENT  
OF OIL AND GAS FIELDS**

**9.2011**

**МОСКВА • ВНИИОЭНГ**

Открытое акционерное общество  
"Всероссийский  
научно-исследовательский  
институт организации,  
управления и экономики  
нефтегазовой промышленности"  
(ОАО "ВНИИОЭНГ")



ЛАУРЕАТ  
ЗОЛОТОЙ МЕДАЛИ SPI  
ПАРИЖ ФРАНЦИЯ

НАГРАЖДЕН ПАМЯТНЫМ ЗНАКОМ  
"ЗОЛОТОЙ ИМПЕРИАЛ"  
ЗА АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ  
В МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЫСТАВКАХ  
И ЯРМАРКАХ

# ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЕЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Geology, Geophysics and Development  
of Oil and Gas Fields

• • • • • • • • • • • • • • • • • • •

9 ♦ 2011    МОСКВА ♦ ВНИИОЭНГ



# ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ежемесячный научно-технический журнал

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

### Главный редактор

**Дмитриевский А.Н.** – д. г.-м. н., профессор, академик РАН, генеральный директор Института проблем нефти и газа РАН,

### Зам. главного редактора

**Гоголенков Г.Н.** – к. г.-м. н., главный геофизик Центральной геологической экспедиции,

**Астахова А.Н.** – к. т. н., с.н.с. ОАО "ВНИИОЭНГ",  
**Брехунцов А.М.** – д. г.-м. н., директор ОАО "Сибирский научно-аналитический центр России",

**Варламов А.И.** – к. г.-м. н., Министерство природных ресурсов РФ, советник,

**Гаврилов В.П.** – профессор, д. г.-м. н. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина,

**Грунис Е.Б.** – д. г.-м. н., руководитель дирекции института геологии и разработки горючих ископаемых,

**Дарищева Е.Ю.** – с.н.с. ОАО "ВНИИОЭНГ",  
**Захаров Е.В.** – д. г.-м. н., директор департамента ЗАО "Синтезморнефтегаз",

**Иванова М.М.** – д. г.-м. н., профессор РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина,

**Сенин Б.В.** – д. г.-м. н., главный геолог ЗАО "Черноморнефтегаз",

**Старосельцев В.С.** – д. г.-м. н., профессор, зам. генерального директора Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья,

**Супруненко О.И.** – д. г.-м. н., зам. директора Всероссийского научно-исследовательского института океанологии им. П.П. Ширшова,

**Холодилов В.А.** – д. г.-м. н., зам. генерального директора по геологии ООО "Газфлот",

**Юсифзаде Х.Б.** – д. т. н., профессор, академик НАНА, первый вице-президент Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики - Сокар.

Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в "Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук".

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № 77-12330 от 10 апреля 2002 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПОИСКИ И РАЗВЕДКА

<b>Фомин М.А.</b> Анализ тектонического строения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Енисей-Хатангского регионального прогиба по опорным горизонтам и тектонические предпосылки его нефтегазоносности .....	4
<b>Гудымов А.В., Силантьев Ю.Б.</b> Геолого-экономическое ранжирование перспективных на газ территорий Восточной Сибири .....	20
<b>Каримова Л.К., Каримов К.М., Соколов В.Н., Кокутин С.Н., Онегов В.Л.</b> Тепловизионная томография при изучении импактных кратеров .....	28

### ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<b>Савинков А.В.</b> К вопросу о технологии промыслового геофизических исследований добывающих скважин нефтегазоконденсатных месторождений .....	38
--	----

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<b>Кусанов Ж.К.</b> Исследования глубинной зональности развития процессов нефте- и газообразования геолого-геохимическими методами .....	42
<b>Черепанов В.В., Меньшиков С.Н., Варягов С.А., Бондарев В.Л., Миротворский М.Ю.</b> Природа межколонных газопроявлений на Бованенковском НГКМ .....	48

### РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

<b>Абильхаиров Д.Т., Владимиров И.В.</b> Алгоритм анализа структуры геологических запасов нефти на основе детализации строения залежи .....	54
<b>Кустылев А.В., Епрынцев А.С.</b> Проблемы и пути повышения эффективности эксплуатации газовых скважин на завершающей стадии разработки .....	59
<b>Исхаков А.Я., Алькин В.А., Ротов А.А.</b> Прогноз водного фактора на примере подземного хранилища газа, созданного в водоносном пласте .....	64
<b>Аннотации статей</b> .....	68

Результаты ранжирования в ряде случаев вызывают недоумение. Например, по предпочтительности Юрубченско-Тохомская площадь занимает восьмое место. Однако это в значительной мере обусловлено повышенным риском оценки нераспределенной части этого месторождения, так как наиболее лакомые участки этой площади находятся в недропользовании ВСНК и "Славнефть"/"Сибнефть". Следовательно, в нераспределенном фонде (на уровень приближения 1998 г.) оставались объекты невысокой инвестиционной привлекательности.

Первоочередными объектами для постановки поисково-разведочных работ являются Восточно-Мактаконская и Южно-Тохомская площади, так как им соответствует наивысший коэффициент успешности и они расположены вблизи открытых месторождений УВ. Это минимизирует риск получения отрицательного результата.

Суммируя изложенное, отметим разновариантность геолого-экономического моделирования, определяемую целевыми задачами. Это определяет изменение структуры исходной геологической информационной матрицы: от характеристики параметров УВ-систем до макроэкономических показателей привлекательности освоения месторождений.

Проведенные исследования позволяют формировать портфель геолого-инвестиционных проектов и дифференцировать его по степени экономической эффективности. Они дают возможность обеспечить составление портфеля комплексных бизнес-проектов с соответствующим рядом, в том числе оригинальных, визуально-информационных документов.

Предлагаемые результаты комплексных геолого-экономических исследований перспективных на газ территории Восточной Сибири позволяют минимизировать риски реализации инвестиционных, в том числе поисковых программ.

## Выводы

Ранжирование разномасштабных геологических объектов, находящихся на ранней стадии изученности, проводится с применением системы геолого-экономического мониторинга состояния и перспектив развития сырьевой базы исследуемого субрегиона.

Показатели эффективности освоения прогнозируемых к открытию месторождений определяются как с точки зрения недропользователя, т. е. с учетом геологических рисков, так и с точки зрения владельца недр, который считает риск минимальным.

Для первого варианта экономические показатели указывают на возможность невозврата капитала при проведении полномасштабных поисково-разведочных работ. Во втором случае проект обычно находится на грани рентабельности.

Повысить привлекательность проекта проведения геолого-разведочных работ призван учет действия "геологического фильтра", когда в первую очередь открываются крупнейшие месторождения. Обеспечить влияние фильтра может высококачественная сейсморазведка. Другой, наиболее очевидный путь повышения экономической привлекательности проекта поисково-разведочных работ – постоянная его коррекция по результатам геолого-геофизических исследований и разведочного бурения.

УДК 550.836.2

## ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИМПАКТНЫХ КРАТЕРОВ

Л.К. Каримова, К.М. Каримов, В.Н. Соколов, С.Н. Кокутин, В.Л. Онегов  
(ООО "TRANSC-SERVICE")

### 1. Введение

Изучению строения астроблем посвящены многочисленные работы [1–3]. К настоящему времени установлено, что форма и размеры импактных кратеров, характер преобразования в них пород земной коры являются результатом ударного метаморфизма космических тел (метеоритов) – процесса своеобразного, совершенно не похожего на другие геологические явления, происходившие на Земле. Ударный метаморфизм горных пород приводит к образованию месторождений многих полезных ископаемых, в том числе и залежей углеводородов (УВ). Промышленные запасы нефти и газа разведаны в 14 астроблемах Канады, Мексики и США.

Концепция абиогенного глубинного образования

углеводородов указывает на целый ряд объектов, перспективных с точки зрения их возможной аккумуляции. Одними из таких объектов являются астроблемы. Метеоритный или кометный удар, создающий кратер в несколько километров, дробит земную кору с образованием гигантской сети ударных трещин, которые являются потенциальными каналами миграции для глубинного флюида. Полученные в течение последних десятилетий данные, такие, как существование сверхгигантских месторождений нефти на больших глубинах (мексиканская месторождение Cantarell в пределах кратера Chicxulub), несоответствие между идентифицированными биогенными источниками и доказанными запасами углеводородов для большинства крупнейших нефтегазовых месторождений, наличие "биомаркеров" в метеоритах, присутствие угле-

водородов на планетах Солнечной системы и в космическом пространстве, могут быть объяснены только с точки зрения глубинного abiогенного происхождения углеводородных систем. Предполагается, что образование углеводородов происходит в мантийных очагах вследствие неорганического синтеза [4, 5]. Однофазный глубинный флюид, находящийся в закрическом состоянии и представляющий собой смесь воды и углеводородов, мигрирует по разломам из мантии в земную кору. По мере продвижения однофазного флюида к поверхности происходит разделение его на жидкую и газовую фазы, которые и образуют, как правило, многопластовые нефтегазовые месторождения. Нефтегазоносность рассматривается как одно из проявлений природного процесса дегазации Земли, создавшего на ранних этапах ее развития гидросферу, атмосферу и биосферу.

В статье рассмотрены два аспекта в изучении импактных кратеров на основе спектрональной космической съемки со спутников "Landsat-TM/ETM+" и "Terra/Aqua-MODIS": во-первых, геофизические особенности строения среды в зависимости от размеров, условий формирования и местоположения импактного события; во-вторых, оценка в пределах кратера возможности формирования и сохранности залежей воды и углеводородов на основе концепции abiогенного глубинного происхождения УВ в недрах Земли.

Процесс исследований заключался в обработке спектрональных космических снимков разного пространственного разрешения по известным в мире кратерам, в ряде которых ранее выявлены залежи углеводородов (табл. 1). Детально рассмотрен импактный кратер Siljan Ring в центре Швеции, представляющий большой практический интерес при разведке УВ.

Таблица 1

Характеристики импактных кратеров

Кратеры	Широта	Долгота	Диаметр, км	Возраст, млн лет	Наличие УВ
Siljan Ring (Швеция)	61° 02' с.ш.	14° 52' в.д.	52	377	+
Sierra Madera (США)	30° 36' с.ш.	102° 55' з.д.	13	100	+
Chickulub (Мексика)	21° 20' с.ш.	89° 30' з.д.	170	65	+
Popigai (Россия)	71° 39' с.ш.	111° 11' в.д.	100	39	+
Serra da Cangalha (Бразилия)	8° 05' ю.ш.	46° 52' з.д.	12	300	-
Vredefort (ЮАР)	27° 00' ю.ш.	27° 30' в.д.	140	2023	-
Teague Ring (Австралия)	25° 52' ю.ш.	120° 53' в.д.	31	1685	-
Strangways (Австралия)	15° 12' ю.ш.	133° 35' в.д.	25	1000	-
Spider (Австралия)	16° 44' ю.ш.	126° 50' в.д.	13	570	-
Gosses Bluff (Австралия)	23° 49' ю.ш.	132° 19' в.д.	22	142	-
Connolly Basin (Австралия)	23° 33' ю.ш.	124° 45' в.д.	9	60	-

Достоверность полученных результатов достигнута применением единого методологического подхода тепловизионной томографии к импактным кратерам, исследованием объектов в зависимости от размеров и географического положения астроблем, детальностью изучения земной коры на всю ее толщину, сопоставлением геотермических моделей с известными геологогеофизическими данными, развитием современной концепции формирования кратера путем установления деталей объемного строения геологической среды.

## 2. Строение кратеров по данным тепловизионного зондирования

Результаты обработки тепловизионных снимков представлены в виде карт и разрезов блоково-разломных структур в цветном (показаны разуплотненные зоны синим цветом, плотные блоки пород – красным цветом) и в теневом изображении, по которым устанавливаются основные особенности строения астроблем. Технология дешифрирования карт-срезов для разных глубин эндогенного теплового поля (ТП) направлена на селективное отображение геодинамических блоков и граничных разрывов, зон скатия и растяжения блоков, разуплотнения пород [6].

Особенности современного строения астроблем зависят от многих причин, среди которых главными являются энергия соударения и угол встречи ударника (метеорита) с мишенью (земной поверхностью), а также геолого-тектонические процессы, накладывающиеся в последующий период формирования региона.

Энергия соударения определяет общие размеры метеоритного кратера и сложность его внутреннего строения. От угла встречи зависит форма астроблемы в плане. Большая часть кратеров имеет в плане округлую форму. Это свидетельствует о кругом, близком к вертикальному, движении ударника. Пологое падение приводит к появлению кратера, вытянутого по направлению движения ударника. Чем меньше угол встречи при соударении, тем сильнее вытянута структура.

Для малых кратеров образуются поднятия центрального и/или кольцевого видов, отображающиеся на видимом снимке повышением значений рельефа местности. Это связано с гравитационной неустойчивостью среды на стадии экскавации (упругой отдаче пород мишени в области максимального их скатия под точкой удара), в результате чего происходит выпучивание вверх днища кратера. При данных условиях центральная часть поднятия может иметь форму выпуклого (рис. 1, ПК 14 км) или вогнутого типа (рис. 2, ПК-12 км). В последнем случае разрез теплового поля содержит цилиндрическую по форме зону локального разуплотнения, которая обрамлена по краям плотными породами. На карте-срезе геоструктур, построенной на глубине 2 км (см. рис. 1, б), центр кратера обрисовывается положением локального, концентрического по виду разуплотнения среды. На срезах глубиной более 4 км тепловое поле не отражает форму кра-

Таблица 2

## Глубинное строение зоны разуплотнения кратеров

Кратеры	Глубина <i>H</i> , км	Ширина <i>R</i> , км	Диаметр кра- тера на по- верхности <i>D</i> , км
Siljan Ring (Швеция)	6...8	20...25	25...40
Sierra Madera (США)	2	2,3...4,0	9,6...13
Chicxulub (Мексика)	15...20	20...60	150
Popigai (Россия)	12...14	30...45	60...73
Serra da Cangalha (Бразилия)	2	2...3	12
Vredefort (ЮАР)	12...17	20...35	60...116
Teague Ring (Австралия)	5...10	12...18	24...30
Strangways (Австралия)	2...4	4,5	15...18
Spider (Австралия)	3,5	4,5	12
Gosses Bluff (Австралия)	8...10	12	24
Connolly Basin (Австралия)	3	4	12

тера. В его основании появляются многочисленные линейные тектонические нарушения, указывающие на субъективные особенности строения среды.

Во всех рассмотренных примерах кратеры имеют обрамление по периферии в виде отдельных участков повышения рельефа, что непосредственно связано с эффектами, происходящими при деформации среды. На практике это дает основание визуально оценивать площадь распространения воронки на местности. Однако в реальных условиях область внутренней конструкции геологической среды может не совпадать с рисунком поля деформации пород, которую мы наблюдаем на дневной поверхности. Во многом это ограничивает получение достоверной информации о глубинной структуре кратеров и без применения инструментальной геофизической съемки, в частности, тепловизионной томографии, не представляется возможным установить истинную изменчивость среды. Особенно это актуально при изучении гигантских кратеров (например, Chicxulub), современный геологический облик которых существенно зависит от двух событий, зачастую не связанных между собой, – экзогенного (астроблема) и эндогенного (региональная тектоническая активность региона).

Структура эндогенного теплового поля связана с формой кратера и силой воздействия метеорита на геологическую среду. В целом геометрия кратера обрисовывается структурой листрических разломов, представленных на разрезах зонами пониженного теплового поля, распространение которых зависит от размеров воронки. Максимальная глубина проникновения дислокационной (разрывной) деформации оценивается из отношения  $H = D/(3+5)$ . Признаком слабого влияния на геологическую среду импактного события является развитие в основании линейных зон тектонических нарушений, которые расчленяют на глубине плотные блоки коры и не отражают в рисунке поля форму кратера.

Природа образования этих структурных особенностей совпадает с гравитационными эффектами закономерного чередования в разрезе положительных и отрицательных возмущающих масс. Многочисленные контрастные аномалии в редукции Буге показывают наличие в плане изометрических источников с минимальной плотностью среды над центром кратеров. Зоны пониженных значений  $\Delta g_B$  изменяются в пределах 0,01...30 мГл для 60 структур диаметром 0,4...200 км [7]. Модель плотностной неоднородности коры описывается степенной зависимостью  $\Delta g_B = 5,23 \cdot D^{0,312} - 3,24$ . Она иллюстрирует образования самых низких значений гравитационного поля над кратерами малых (до 20 км) размеров.

В результате моделирования ТП впервые установлено повсеместное формирование в слоистой среде на разных глубинах низкотемпературного слоя, напоминающего полусферическое по форме тело, природа образования которого связывается с областью локального разуплотнения среды, насыщенной глубинным флюидом (табл. 2).

В некоторых случаях наблюдается образование целого ряда низкотемпературных камер, закономерно располагающихся по глубине и увеличивающихся в своих размерах до верхней мантии. Камеры могут формировать региональную зону трещиноватости в среде, объединяясь между собой узкими вертикальными или наклонными каналами, представляющими зоны флюидоперетоков в породах разного вещественного состава. В некоторых кратерах гигантских размеров наблюдаются камеры, имеющие замкнутый характер строения (фрагмент рис. 3, ПК 100 км). По периферии и глубине они включены в плотные блоки земной коры, которые препятствуют глубинной связи с мантийными растворами. В свою очередь, установленная особенность может служить некоторым объяснением природы формирования углеводородов в среде и их отсутствием вокруг и внутри кратера Vredefort.

Устанавливается зависимость отношения глубины и ширины ( $H/R$ ) зоны разуплотнения (в основании кратера) от диаметра ( $D$ ) структуры, определяемого по результатам интерпретации видимых и инфракрасных (ИК) снимков. Наилучшим образом связь параметров описывается кубической функцией вида

$$(H/R) = -1,90 \cdot 10^{-6} \cdot D^3 + 4,34 \cdot 10^{-4} \cdot D^2 - 3,25 \cdot 10^{-2} \cdot D + 1,07.$$

По априорным сведениям о поперечном размере импактной структуры, проявившейся в рельфе земной поверхности, можно теоретически оценить глубину залегания камеры, породы которой, как правило, насыщены водными флюидами. Их появление объясняется влиянием гидротермальных процессов, возникающих за счет превращения кинетической энергии падающих на Землю метеоритов в тепловую энергию. Протекающий процесс от раннего высокотемпературного щелочного метасоматоза к более позднему низкотемпературному метасоматозу, приводит к замещению первичных пород ассоциациями водосодержащих минералов. В этом случае могут образовываться и экономически значимые запасы полезных ископаемых, включая зоны растворенных углеводородов.

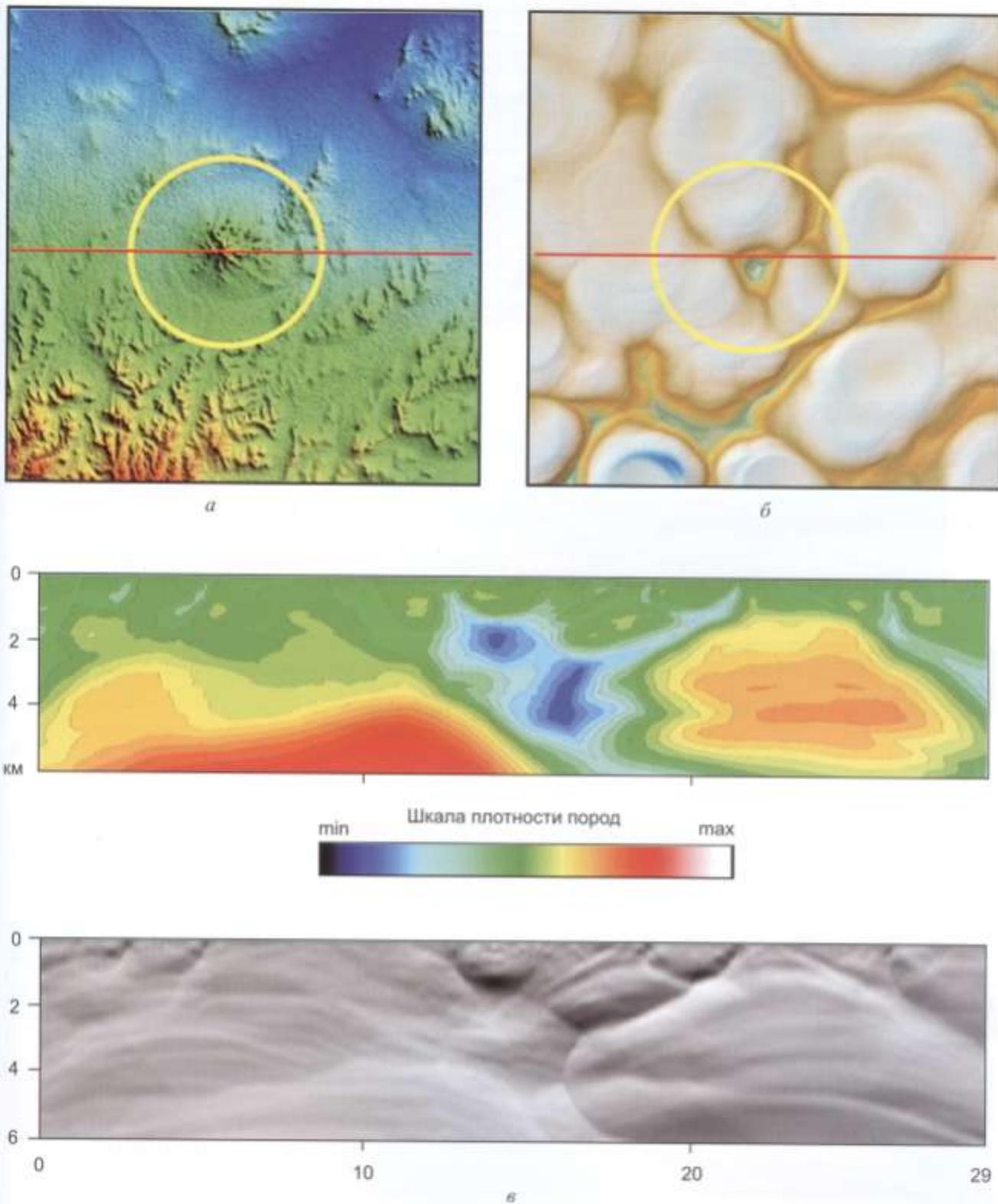


Рис. 1. Карта рельефа местности (*a*) и модели блоково-разломных структур (*b*, *a'*) кратера *Sierra Madera*

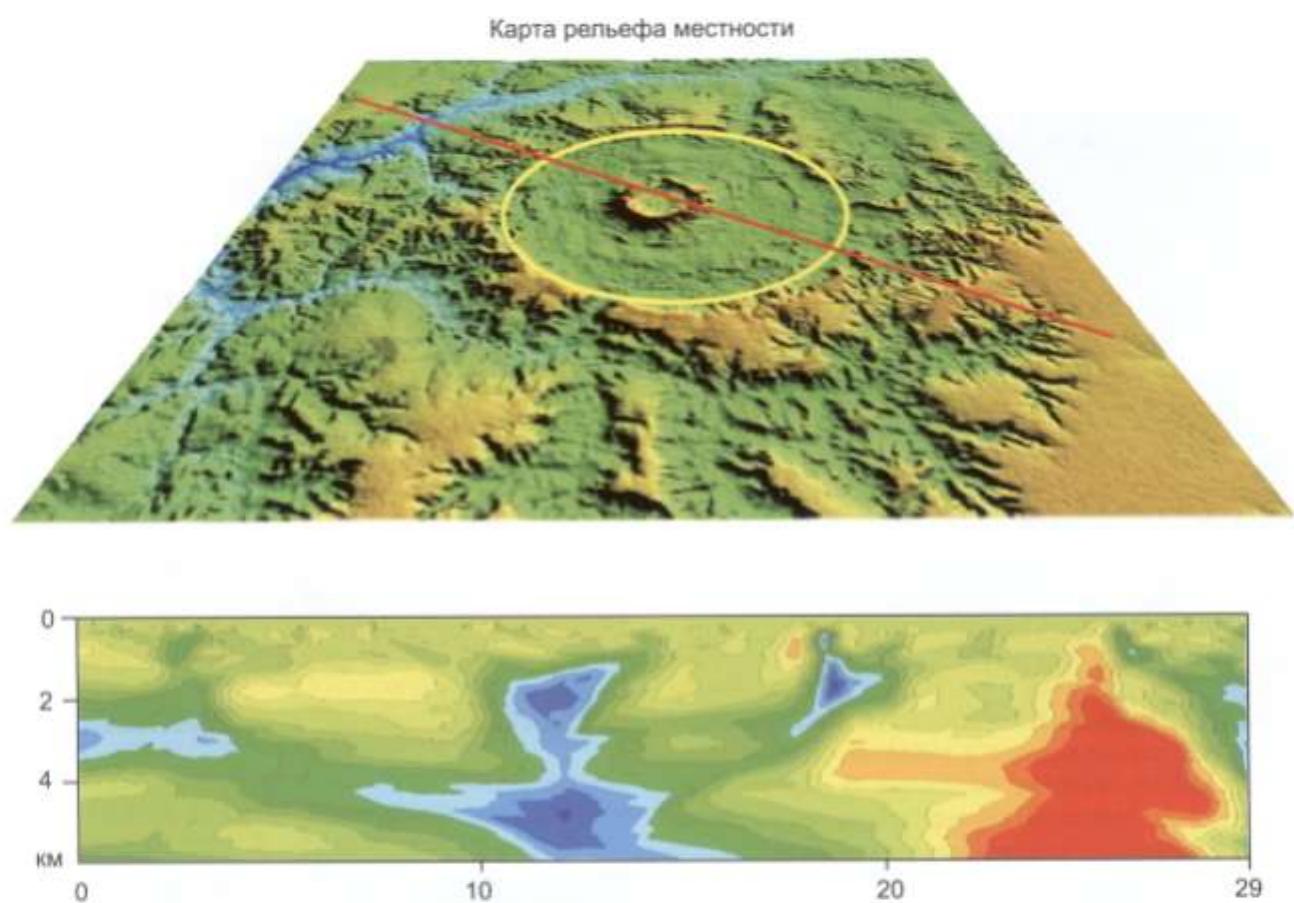


Рис. 2. Модель блоково-разломных структур кратера *Serra da Cangalha*

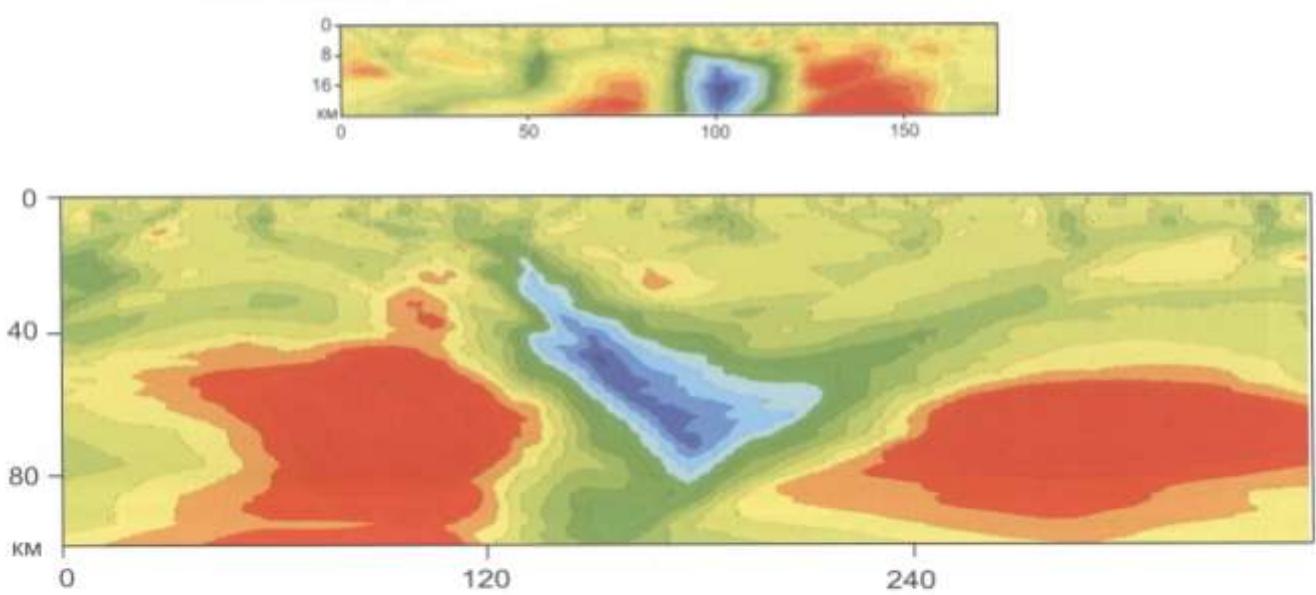


Рис. 3. Модель литосфераы импактного кратера *Vredefort*

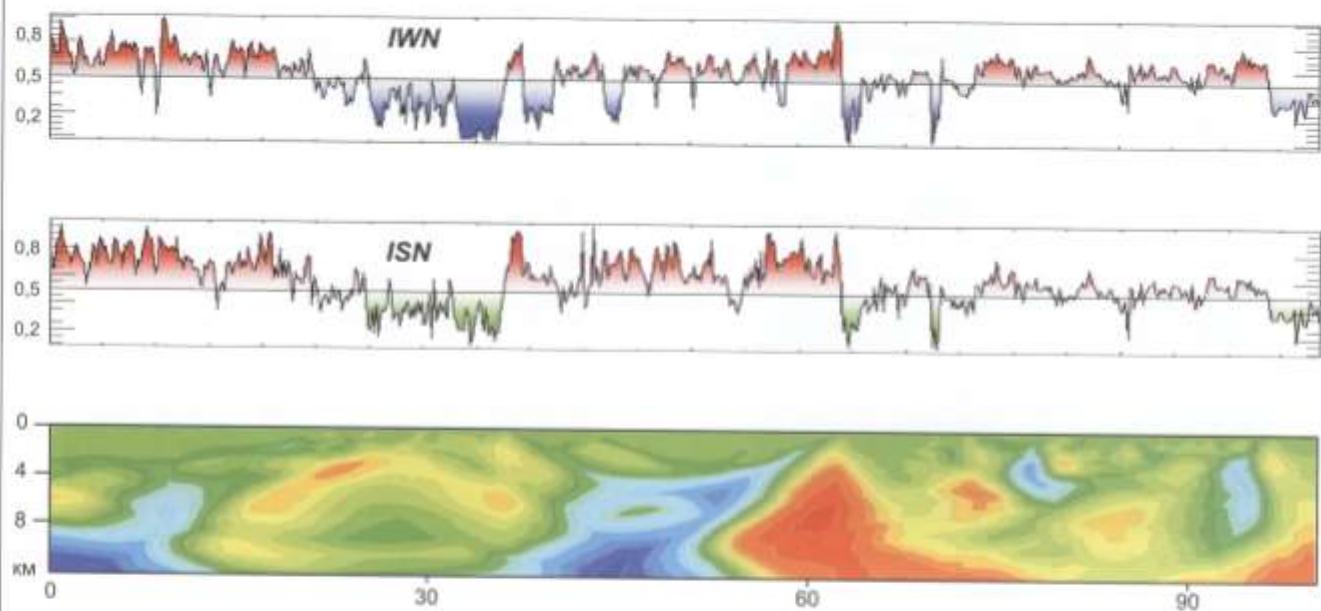


Рис. 4. Модель блоково-разломных структур импактного кратера *Teague Ring*

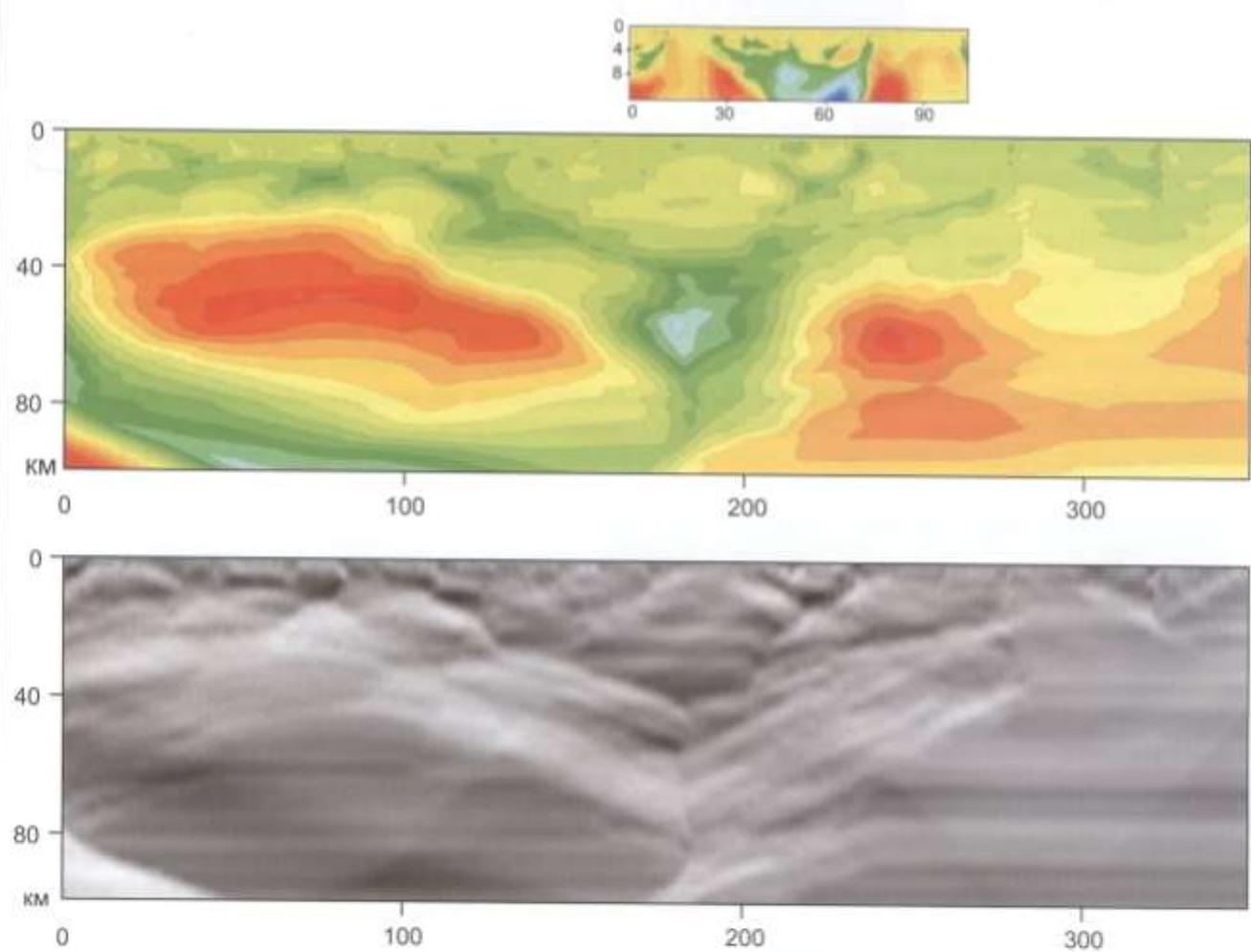


Рис. 5. Модель литосфера импактного кратера *Popigai*

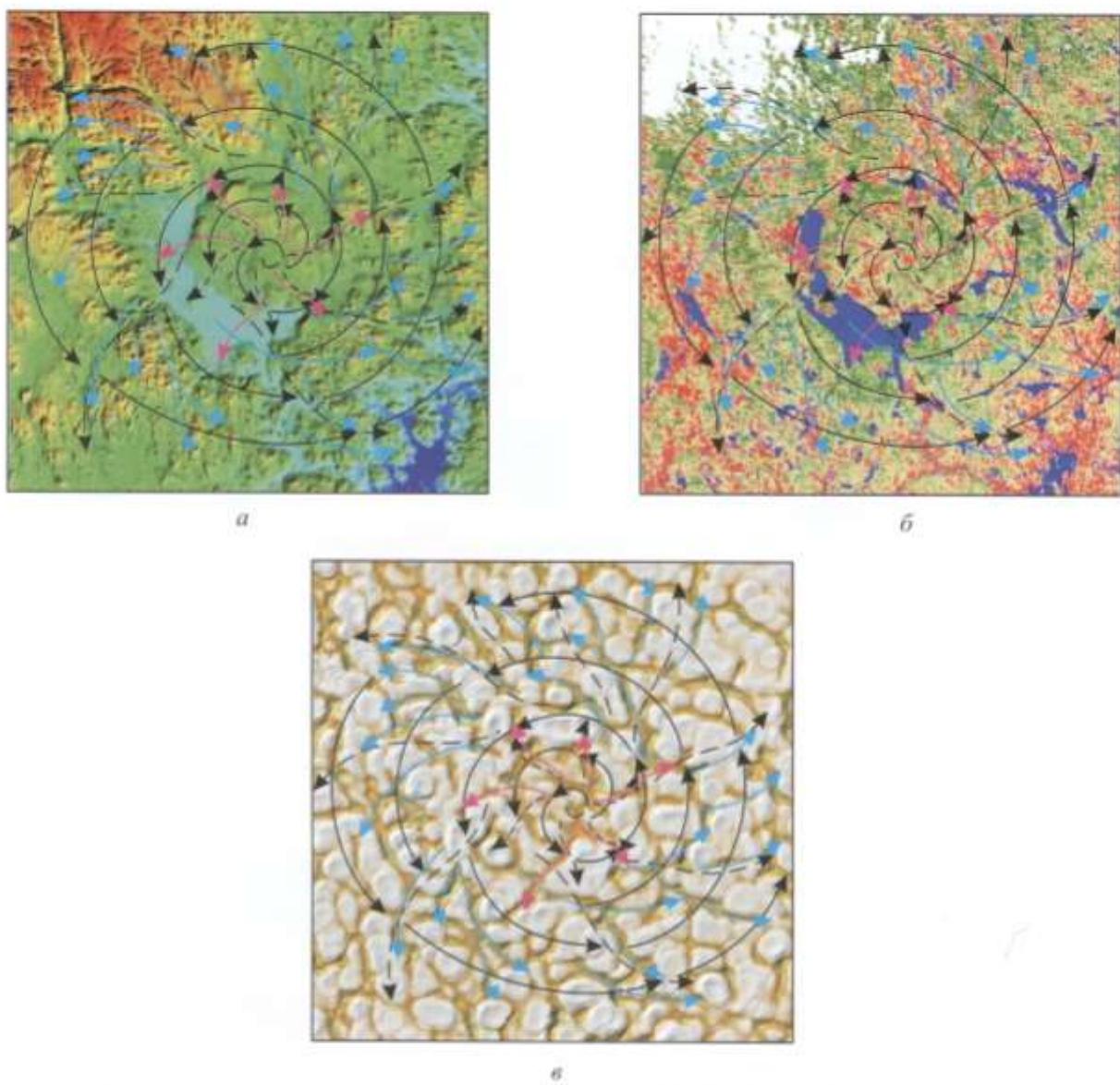


Рис. 6. Районирование тектонических нарушений по картам рельефа (*а*), ISN (*б*) и блоково-разломных структур на срезе 2 км (*в*) для кратера *Siljan Ring*

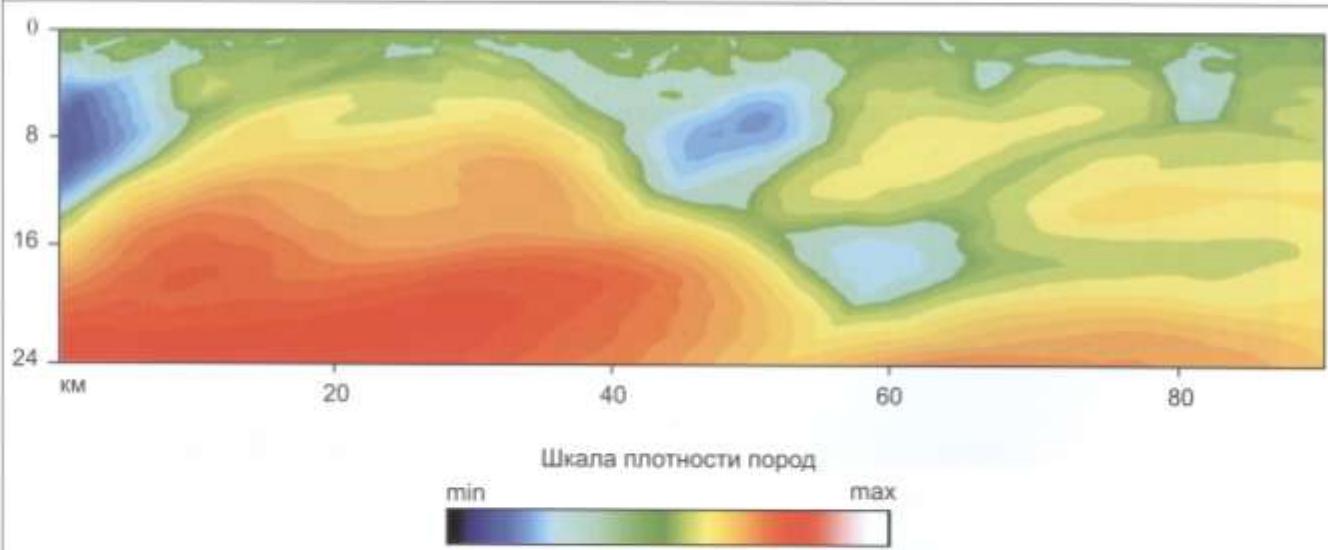


Рис. 7. Разрез блоково-разломных структур импактного кратера *Siljan Ring*

Особенности строения кратеров могут устанавливаться по состоянию природно-ландшафтных систем, индикаторами которых являются: *ISN* – нормализованный индекс "стресса" растительности [8] и *IWN* – нормализованный "инфракрасный" индекс состояния растительности и почв, который рассчитывается по формуле  $IWN = \frac{IW - Me + q\sigma}{2q\sigma}$ , где *Me* – медиана,  $\sigma$  –

среднеквадратичное отклонение,  $q$  – коэффициент, зависящий от ширины гистограммы значений индекса

$$IW = \frac{T_R}{100 \cdot TWI}, \quad T_R \text{ – радиационная температура } (\text{°C}),$$

полученная по данным дальнего ИК интервала длиной

$$волн (10,4...12,5 \text{ мкм}), \quad TWI = \sqrt{\frac{TM4 - TM5}{TM4 + TM5}} + 0,5 –$$

трансформированный индекс "влагосодержания", *TM4* – значение спектральной яркости в ближней (0,76...0,90 мкм) ИК области, чувствительной к количеству вегетационной биомассы; *TM5* – значение спектральной яркости в средней (1,55...1,75 мкм) ИК области, чувствительной к содержанию влаги в растительности и почвах.

Предлагаемый подход в интерпретации основан на извлечении комплексной информации о пространственной и временной динамике спектральных параметров состояния растительности и почвы (*ISN*, *IWN*) в увязке с глубинным строением геологической среды. При этом глубинные тектонические нарушения Земли рассматриваются как систему природных подводящих каналов для миграции к поверхности флюидогазовых эманаций, которые образуют участки флюидонакопления в проницаемых средах и флюидонакопления в пористых средах в форме многоэтажных камер. Возникающие зоны разуплотнения пород с улучшенными коллекторскими свойствами, в состав которых входят зоны флюидонакопления, способны быть природными резервуарами воды и растворенных УВ. Состояние почвенно-растительного покрова, определяемое путем спектрально-ゾнальной съемки, дает дополнительную геохимическую информацию, которая отражает аномальное воздействие углеводородов и подземных вод на верхнюю часть разреза.

Местоположение залежей подземных вод определяют по пространственному сочетанию следующих признаков: минимальные значения изолиний плотности потока теплового излучения в разрезе блоково-разломных структур на уровне продуктивного горизонта и наименьшие параметры нормализованных индексов состояния растительности и почв (*ISN*, *IWN*) в местах выхода флюида на поверхность Земли. Наибольшие значения теплового потока в разрезе блоково-разломных структур, совпадающие с максимумами графиков индексов *ISN* и *IWN*, которые построены для земной поверхности, интерпретируют как зоны, не содержащие залежи подземных вод.

Так как концентрация хлорофилла зависит от биологической продуктивности растений и обладает зна-

чительной сезонной изменчивостью, то на примере Западной Австралии можно наглядно увидеть пространственное изменение природной среды в окрестностях кратера Teague Ring (рис. 4). Для обработки использован снимок за август месяц, относящийся к периоду минимальных значений температур, осадков и влажности.

Центральная часть аномалии графика *ISN*, выделенная относительно среднего уровня в 0,5 усл. ед., совпадает с местоположением кратера (ПК 35...62 км). Максимальные значения *ISN* попадают в зону развития плотных пород осадочного чехла, которые были преобразованы в условиях метаморфизма на стадии экскавации и существенно препятствуют выходу водных растворов к дневной поверхности. И только в краевых частях воронки, по-видимому, происходит беспрепятственная миграция к поверхности эндогенного флюида, совершаясь подпитка водой зарослей скреба (вечнозелёных ксерофитных кустарников) и спинифекса. В результате индекс "стресса" растительности имеет минимальные значения.

Аномалии *IWN*, чувствительные к содержанию влаги в растительности и почве, как правило, повторяют форму графика *ISN*, и только в местах повышенной концентрации воды в почве дневной поверхности образуются глубокие минимумы, которые попадают на солёные сезонные озера (ПК 38 и 43 км). Пространственно совпадая с локальными разломами модели тепловизионного зондирования, они указывают на возможную природу формирования влагосодержания в почве, разбивая флюидные системы на экзо- и эндогенную составляющие. В этой связи морфологический анализ карты индекса *IWN* бесспорно повышает информативность интерпретации космической съемки.

Исходя из вышеизложенного, особенности строения новейшего структурного плана импактных кратеров, в основном, определяются непосредственно характером разломной тектоники, образующей в верхней части разреза чащебразную форму астроблемы. Следует полагать, что астроблеме свойственна модель каркасного типа, составными элементами которой являются: глубинные разломы, субвертикально падающие в верхней части разреза и приобретающие к основанию листрическую форму; сопряженные с разломами субгоризонтально залегающие зоны трещиноватости, которые постепенно затухают с глубиной и отвечают камерам флюидонакопления; разные по форме и размерам плотные блоки пород, формирующие общий облик разреза.

Все эти структурные элементы, прослеженные от поверхности верхней мантии до платформенного чехла включительно, создают в пространстве каркас с характерными очертаниями блоков земной коры. Они развивались как взаимосвязанная единая система тектонических элементов. Система глубинных разломов играла роль подводящих каналов для поступления к поверхности флюидогазовых эманаций, образуя участки флюидонакопления в виде

многоэтажных камер. По существу это один из путей сбиения рассеянных углеводородов в скопления при определенных термодинамических условиях.

Остановимся на одном из возможных механизмов восходящего движения флюидов в земной коре. Если предположить, что углеводородные флюиды поднимаются с больших глубин, то процесс миграции любого флюида к поверхности Земли возможен только за счет разности давлений. Следует выделить две стадии переноса основной массы по трещинам. Во-первых, летучие компоненты при нагревании освобождаются из твердых веществ и создают давление в порах. Если в этом процессе участвуют только мелкие поры, не сообщающие друг с другом, никакого движения не возникает. Вторая стадия процесса может быть реализована только в регионах, имеющих значительную концентрацию флюида. В этом случае возникающие поры образуют домены, т. е. области с взаимосвязанной трещинной пористостью. Если такой флюидонасыщенный домен растет, достигая значительных вертикальных размеров, то под влиянием силы выталкивания легкие флюиды в более плотных породах будут подниматься вверх.

Градиент литостатического давления определяется плотностью пород и обычно превышает градиент давления флюида. Границы распространения флюидонасыщенного домена по вертикали обусловлены предельной прочностью пород. В регионах, где происходит практически непрерывный поток флюидов снизу, может образовываться система доменов ограниченной вертикальной высоты, создающих в совокупности крупные зоны разной конфигурации. Непроницаемые слои (барьеры) возникают просто вследствие сжатия пород в тех случаях, когда поровое давление несущественно. В этом случае на тепловых моделях должны проявляться разнообразные по строению камеры. Такая связь действительно выявляется из многочисленных примеров (рис. 5). Следовательно, при определенных термобарических условиях водный флюидноситель способен осуществить перенос нефтяных компонентов в довольно высоких концентрациях, обеспечивающих накопление значительных количеств нефти и газа в ловушке, где будет происходить разделение УВ и воды. Другой важной особенностью является то, что гидротермальные растворы служат не только носителем УВ, но и сами формируют емкости для их депонирования в горных породах.

### 3. Современное строение импактного кратера Siljan Ring

Древний кратер Siljan Ring, находящийся в шведской провинции Даларна, образовался около 370 млн лет назад в результате удара метеорита диаметром около 5 км. Скорость метеорита была порядка 11 км/с [9]. Площадь кратерного озера составила 290 км<sup>2</sup> с объемом воды 37 км<sup>3</sup>. Возникший кратер наполнился со временем молодыми осадочными породами, прежде всего известняком.

Применение тепловизионной томографии значительно повысило информативность изучения глубинного строения структуры, в пределах которой ранее обнаружены залежи УВ. В результате расчёта объемной модели установлено: наиболее вероятное западное направление удара метеорита о Землю по рельефу местности и глубинному скучиванию пород коры, вихревая форма структуры коры с изменением среды до 12...16 км, листрические разломы и аллохтонные литопластины, низкотемпературная камера чашеобразной формы в основании модели.

Из морфоструктурного анализа карт современного рельефа местности, *ISN (JWN)* и блоково-разломной структур на разных глубинах отчетливо проявляются признаки кольцевой формы модели с незначительной вытянутостью большей оси в северо-западном направлении (рис. 6). Максимумы вершин возвышеностей (гор), разбитых мелкими и крупными ущельями, речными долинами, выстраиваются в легкоувидимую цепочку, которая напоминает по форме спираль. Стрелками на рис. 6 показаны наиболее вероятные направления формирования в плане деструктивных зон сферической и лучевой конфигурации.

Главной особенностью районирования современного структурного плана является ярко выраженная кольцевая структура кратера Siljan Ring с диаметром центрального блока около 35...40 км, представляющая собой часть жесткого гранитного массива. Структура представлена системой концентрических и радиальных зон разных рангов, которые создают сектора, неизменно увеличивающиеся в своих размерах и за пределами кратера. Поэтому внешнюю часть структуры мы визуально прослеживаем на расстоянии более 100 км.

На территории кратера Siljan Ring наиболее перспективными для поисков УВ необходимо считать краевые проницаемые зоны депрессии, представляющие собой ограничения центрального блока кратера (рис. 7). На юго-западе этой зоны, в наиболее широкой ее части, геохимической съемкой обнаружены аномальные потоки углеводородных газов. Плановое их расположение соответствует локальным приповерхностным глубинным камерам. В ее восточной, наиболее узкой, части известны проявления нефти. Возможно, участки изменения ширины зоны отражают процессы тектонического расширения и сжатия земной коры, влияющие на миграцию и геохимию флюидов в ее глубинах.

### 4. Заключение

Анализируя полученный материал, можно прийти к выводу, что представленная технология тепловизионного зондирования позволяет:

1. Исследовать современное геометрическое строение и физическое состояние геологической среды импактных кратеров вне зависимости от их размеров. Установлено, что падение малых метеоритов, как правило, приводит к образованию сферических ло-

кальных камер только в верхней части разреза, не превышающих размеры воронки на дневной поверхности. Падение гигантских метеоритов обуславливает сильную изменчивость земной коры на полную ее толщину.

2. Устанавливать глубину воздействия на геологическую среду импактного события, приводящего к образованию специфических объектов в виде многоэтажных камер. Природа их образования в целом может быть не связана с эндогенными геологическими процессами развития Земли.

3. Восстанавливать по тепловизионным данным палеогеодинамическую модель формирования взрывных метеоритных кратеров в слоистой мишени, оценивать направление и угол встречи ударника с мишенью, прослеживать вихревой тип структуры преобразованной коры, места пересечения границ геоблоков.

4. Основываясь на концепции абиогенного глубинного происхождения углеводородов в недрах Земли, можно оценивать структурные возможности формирования и сохранности залежей УВ в условиях импактных кратеров. Основным признаком благоприятных условий образования и сохранности глубинных УВ отвечает следующая модель:

- образование структурных или литологических ловушек в верхней части геологического разреза [6].

- Присутствие в земной коре разноглубинных объемных камер – участков флюидонакопления в пористых средах, которые соединены между собой узкими каналами флюидоперетоков не только вертикального, но и горизонтального залегания.

- Развитие региональных внутриструктурных низкотемпературных горизонтов, по аналогии с коровыми проводящими слоями в электrorазведке и волноводами в сейсморазведке, природный механизм образования которых связан с водными растворами, выделяющимися при геотермической активизации земной коры из минералов, содержащих воду или гидроксили в кристаллической решетке [10]. При этом флюид, обеспечивающий неоднородность слоев, может иметь внутриструктурное или мантийное происхождение.

- Земная кора региона должна быть более тонкой по сравнению с современными структурно-формационными зонами. Сокращение толщины литосферы

с образованием астеносферного слоя способствует физико-химическим процессам, благоприятным для происхождения УВ. В этом случае слаборасчлененная верхняя мантия не утрачивает связи с геологическими структурами земной коры. При этом происходит химическое и физическое изменение горных пород в области высоких температур, давлений и интенсивных деформаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Koeberl C. African meteorite impact craters: characteristics and geological importance // *J. of African Earth Sciences*. – 1994. – 18. – Pp. 263–295.
2. Dence M.R. Re-examining structural data from impact craters on the Canadian shield in the light of theoretical models. In: Plado J. & Pesonen L. J. eds. *Impacts in Precambrian Shields*. – Berlin: Springer-Verlag, 2002. – Pp. 59–80.
3. Masaitis V.L. Morphological, structural and lithological records of terrestrial impacts: an overview // *Australian Journal of Earth Sciences*. – 2005. – № 52. – Pp. 509–528.
4. Kutcherov V.G., Krayushkin V.A. Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory // *Rev. Geophys.*. – 2010. – № 48. – RG1001, doi:10.1029/2008RG000270.
5. Синтез сложных углеводородных систем при термобарических условиях, сходных с мантийными / В.Г. Кучеров [и др.] // ДАН. Сер.: Физическая химия. – 2010. – 433 (3). – С. 361–364.
6. Дистанционное тепловизионное зондирование Земли при решении геологических задач / К.М. Каримов [и др.] // Георесурсы. – Казань, 2009. – № 1(29). – С. 38–42.
7. Plescia J.B. Gravity Signature of the Teague Ring Impact Structure, Western Australia // *Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution*. – 1997.
8. Дистанционный тепловизионный метод при разведке подземных вод в Испании / К.М. Каримов [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2010. – № 10. – С. 24–31.
9. Grieve R. The formation of large impact structures and constraints on the nature of Siljan. In A. Boden & K.G. Eriksson (eds.): *Deep Drilling in Crystalline Bedrock; Vol. 1: The Deep Gas Drilling in the Siljan Impact Structure, Sweden and Astroblemes, Proceedings of the International Symposium*. – Berlin: Springer Verlag, 1988. – Pp. 328–348.
10. Lubimova E. & Feldman I. Heat flow, temperature and electrical conductivity of the crust and upper mantle in USSR // *Tectonophysics*. – 1970. – Vol. 10. – Pp. 245–281.

## GEOLOGICAL-ECONOMIC RANKING OF GAS PERSPECTIVE TERRITORIES OF EASTERN SIBERIA

Gudymov A.V.<sup>1</sup>, Silantiev Yu. B.<sup>2</sup>

JSC "Gazprom Promgaz"<sup>1</sup>

6, Namentkin str., 117420, Moscow, Russia;

"GazpromVNIIGAZ, Ltd."<sup>2</sup>

142717, Razvilk poselok, Leninsky district, Moscow region,  
phone/fax: (495) 355-92-06, (495) 399-32-63,  
e-mail: vniigaz@vniigaz.gazprom.ru

Compensation of raw material base of Russian gas industry is impossible without resources development of Eastern Siberia perspective regions (within the limits of ancient Siberian platform). Initial total gas resources of these regions account to 50,0 trillion standard units. The share of proved reserves (ABC<sub>1</sub> categories) reaches six percent (6 %) of this estimation, varying from 13,6 percent in Irkutsk region to 1,7 percent in Krasnoyarsk district. It provides possibility of discovering new comparatively big gas accumulations in addition to Kovyktinsky, Chayandinsky and other unique gas fields already found. Contemporary economic conditions demand spatial-temporal clustering of perspective territories and objects to develop these resources in order to reveal the most favorable ones for investing and to determine priority of their development. It will allow providing maximum efficiency of investment program realization. The above-said stimulated carrying-out complex geological-economic modeling of various-scale objects. The modeling included their ranking with the view of their attractiveness for potential investors (regarding various hierarchy and information-assured levels, such as oil and gas bearing areas, fields, prepared and discovered structures, localized resources, etc.). The carried-out researches allow formation of portfolio of geological-investment projects and differentiate it in accordance with economic efficiency degree. They provide possibility of formation of complex business-projects portfolio full of original visual-informational documentation. The suggested results of complex geological-economic research work, carried out to discover gas perspective territories of Eastern Siberia, allow risk decrease connected with implementation of investment programs on resource supply of Eastern export hydrocarbon corridor, "Eastern Siberia-the Pacific" pipeline system being the basic part of which, including prospecting programs.

**Key words:** Eastern Siberia; ranking; perspective objects; clustering of oil and gas objects, geological risks; basin analysis.

УДК 550.836(2)

## ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИМПАКТНЫХ КРАТЕРОВ (с. 28)

Каримова Ляйля Камильевна,  
Каримов Камиль Мидхатович,  
Соколов Владимир Николаевич,  
Кокутин Сергей Николаевич,  
Онегов Вадим Леонидович

ООО "ТРАНС-СЕРВИС"

187110, Ленинградская обл., г. Кириши, Волховская набережная, 18,  
тел.: (813) 685-47-64,  
тел./факс: (81368) 52-250,  
e-mail: trserv@kirishi.ru, trserv@kazan.ru

Рассматриваются особенности строения импактных кратеров на основе дешифрирования спектрональных космических снимков. Изучена возможность формирования и сохранности залежей воды и углеводородов в пределах глубинной части кратеров.

**Ключевые слова:** тепловизионное зондирование; космический снимок; тепловое поле; импактный кратер.

## APPLICATION OF THERMAL IMAGING TOMOGRAPHY WHILE IMPACT CRATES' STUDYING

Karimova Lyailya Kamilevna,  
Karimov Kamil Midkhatovich,  
Sokolov Vladimir Nikolaevich,  
Kokutin Sergei Nikolaevich,  
Onegov Vadim Leonidovich

"TRANS-SERVICE, Ltd."

18, Vilkoborskaya naberezhnaya, 187110, Kirishi-city, Leningradsky region, Russia,  
phone: (813) 685-47-64,  
phone/fax: (81368) 52-250,  
e-mail: trserv@kirishi.ru, trserv@kazan.ru

The article considers some features of impact craters' structure on the basis of multispectral space images decoding. Possibility of water and hydrocarbon deposits formation and safety within the limits of craters' deep part is studied.

**Key words:** thermal image sensing; space image; thermal field; impact crater.

УДК 550.837

## К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (с. 38)

Савинков Анатолий Васильевич

Оренбургский государственный университет  
460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13,  
тел.: (3532) 77-67-70, факс: (3532) 72-37-01,  
e-mail: post@mail.osu.ru

В статье описываются некоторые технологические приемы промыслового-геофизических исследований в добывающих скважинах. Указывается, что технология исследований – многофункциональный процесс изучения продуктивных параметров в добывающих скважинах, который не ограничен одной лишь регистрацией комплекса промыслового-геофизических методов.

**Ключевые слова:** технология геофизических исследований; усложненные условия; эксплуатация; методика "суммирования информации".

## SOME ASPECTS OF TECHNOLOGY OF GEOPHYSICAL FIELD STUDYING OF PRODUCING WELLS OF OIL-GAS-CONDENSATE FIELDS

Savinkov Anatoly Vasilevich

Orenburg State University  
13, Pobeda str., 460018, Orenburg, Russia,  
phone: (3532) 77-67-70, fax: (3532) 72-37-01,  
e-mail: post@mail.osu.ru