



ного мелководья. Постепенный переход к более удаленным от берега фациям, а также наблюдаемое уменьшение размерности отложений к кровле пласта, вероятно, может свидетельствовать о происходившей на данной территории трансгрессии. Пласт достигает большой мощности – порядка 40–45 м. Особенностью пласта является высокая песчаность, с небольшой долей алевролитов и аргиллитов, и наличие глинистых разностей в его кровле. Отмечается интенсивная карбонатизация песчаников. Исходя из анализа разрезов, сейсмо- и электрофаций и вещественного состава кернового материала, было установлено, что в пределах рассматриваемой территории в среднеюрское время продолжала существовать палеорека, протекавшая в северо-восточном направлении (рис. 2), и в ее пределах были выявлены породы с улучшенными коллекторскими свойствами. В среднеюрском комплексе наибольший интерес представляют песчаные пласты тюменской свиты Ю₂, Ю₄, сформировавшиеся в переходных условиях от континентального к мелководно-морскому режиму осадконакопления и отличающиеся от нижележащих пластов лучшими коллекторскими свойствами и повышенными эффективными толщинами.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате изучения данных о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности юрских отложений по керну и на основе сейсмических исследований установлена изменчивость фациальных типов отложений от пласта к пласту в юре и мелу. Сейсмоморфологическое и сейсмофациальное моделирование позволило выявить наличие шнуркового типа фаций в нефтегазоперспективных комплексах юрских отложений. Результаты изучения кернового материала также показали наличие аллювиальных, русловых фаций и фаций мелкого моря в юрских пластах.

Выводы. Геологическое моделирование продуктивных отложений с привлечением данных сейсморазведки является весьма перспективным. По результатам 3Д сейсморазведки в своде Песцового поднятия удалось выявить аномалии в морфологии сейсмической поверхности и в картах сейсмических параметров, отвечающие аллювиальным фациям. Хорошая разбуренность площади и исследования кернового материала показали эффективность комплексного прогноза в идентификации типа фации. Полученные данные о фациальном типе юрских пластов являются важной информацией для построения модели резервуара месторождения.

Библиографический список

1. Мстиславская Л.П., Павлинич М.Ф., Филиппов В.П. Основы нефтегазового производства. М.: Нефть и газ, 2008. 276 с.
2. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, г. Новосибирск, 2003. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. 114 с.
3. Стариков Н.Н. Литолого-фациальные особенности среднеюрских отложений на примере Песцового месторождения (Ямало-Ненецкий автономный округ) // Геология в развивающемся мире: мат. Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. С.204–206.
4. Сулейманов Р.С., Маринин В.И., Зайчиков Г.М. Перспективы развития ресурсной базы Уренгойского нефтегазового комплекса // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. 2007. №4. С.10–16.
5. Устинова В.Н. Морфологическая интерпретация сейсмических поверхностей // Отечественная геология. 2005. №6. С.23–27.
6. John D. Grace, George F. Hart. Urengoy gas field – U.S.S.R., West Siberian Basin, Tyumen District // AAPG Special Volumes. Volume TR: Structural Traps III: Tectonic Fold and Fault Traps, 1990. P.309–335.

УДК 550.834

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ СТРУКТУР НА СЕЙСМОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

© В.Н. Устинова¹, И.Г. Устинова², Н.Н. Стариков³

Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Приведены результаты систематизации представлений о геометрическом облике морфологических типов структур. Выполнена классификация основных морфотипов, проявляющихся в сейсмоморфоповерхностях в связи с морфологическим определением сейсмофаций песчаных отложений и особенностями проявления в морфорельефе.

¹Устинова Вера Николаевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геофизики, тел.: 89138898170, e-mail: ustynova@tpu.ru

Ustinova Vera, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Professor of the Department of Geophysics, tel.: 89138898170 e-mail: ustynova@tpu.ru

²Устинова Ирина Георгиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, тел.: 89050899508, e-mail: igu@sibmail.com

Ustinova Irina, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of the Higher Mathematics, tel.: 89050899508, e-mail: igu@sibmail.com

³Стариков Николай Николаевич, магистр геологии, аспирант, тел.: 89069493341, e-mail: starikovnn@gmail.com
Starikov Nikolai, Master of Geology, Postgraduate, tel.: 89069493341, starikovnn@gmail.com



ефе тектонических напряжений и тектонических трещин. Возможности и преимущества геометрического ранжирования опробованы при сейсмоморфологической интерпретации фациальной составленности палеорельефа и определении сейсмофации песчаных коллекторов на месторождениях юго-востока Западно-Сибирской плиты. Ил. 3. Библиогр. 10 назв.

Ключевые слова: сейсморазведка; сейсмическая структурная карта; сейсмоморфоповерхность; сейсмоморфологическая и сейсмоморфофациальная интерпретация; морфологический тип сейсмоструктуры.

GEOMETRIC TYPIZATION OF STRUCTURES ON MORPHOLOGICAL SEISMO SURFACES

V.N. Ustinova, I.G. Ustinova, N.N. Starikov

Tomsk Polytechnic University,
30 Lenin Av., Tomsk, Russia, 634050.

The article presents the systematization of ideas of the geometric shape of the morphological types of structures. It classifies the main morphotypes, manifested in seismic morphological surfaces due to the morphological definition of seismic facies of sand deposits and to their appearance features in morpho relief of tectonic stresses and tectonic fractures. The potential and benefits of geometric ranking are tested under seismic morphological interpretation of paleorelief facies compositeness and determination of sandstone reservoir seismic facies in the south-eastern fields of the West Siberian plate.

3 figures. 10 sources.

Key words: prospecting seismology; seismic structural map; seismic morphological surface; seismic morphological and seismic morphofacial interpretation; morphological type of seismic structure.

Введение. Сейсмические поверхности представляют собой рельеф, сейсмоморфологический образ палеоповерхностей, в котором содержится информация об истории развития и изменчивости морфологических форм структур, фаций, составляющих палеорельеф. Этот рельеф трансформируется, преобразуется в ходе осадконакопления, но его морфологические формы информативны при структурно-тектонических и сейсмофациальных истолкованиях. Формализация процесса морфоанализа требует создания математических образов морфопроявлений фаций и элементов тектоники. Элементаризация форм рельефа (палеорельефа) и их классификация – ключ к формализации подходов структурно-тектонической и сейсмофациальной интерпретации. Разработка математико-геометрических эталонов морфоформ – основа для разработки математико-информационных технологий интерпретации сейсмоданных.

Цель исследований. Целью исследований является создание на базе существующих программных средств обработки и интерпретации данных сейсморазведки и ГИС методик и технологий, позволяющих изучать тонкие детали внутреннего строения коллектора, определять причины пространственной изменчивости пористости, проницаемости, мощности резервуаров. Обработывающие и интерпретационные компьютерные технологии Landmark, Paradigm Geophysical, Omega-2 включают программы структуропостроения, в них реализованы схемы сейсмолиитофациальной, структурно-формационной интерпретации, оценки эффективных емкостных параметров коллекторов. Литолого-фациальные реконструкции по кривым электрического каротажа в дополнение к сейсмофациальной интерпретации позволяют получать сложные модели геологического строения бассейнов осадконакопления, динамики его формирования. Получило распространение палеофациальное моделирование по энергетическим и амплитудным параметрам сейсмических отражений, например, по результатам сейсмо-

разведки, с учётом облика проявления песчаной фации в сейсмическом сигнале (SynTool Landmark). Способы сейсмотектонического анализа по морфологии палеоповерхности реализованы авторами в программном комплексе GeoSec Paradigm Geophysical. Фации и тектонические особенности формирования структур контрастно проявляются в форме палеорельефа, его изучение и анализ позволяют получать новую информацию о форме поднятия, о наличии на поднятии систем нарушений, трещиноватости, этапности их образования и развития, изучать их роль в формировании песчаного коллектора и заложении высокопроницаемых зон. Морфология палеоповерхности, её структурно-тектонические характеристики есть основа для изучения особенностей исторического развития, генезиса, фациальной составленности рельефа.

Материалы и методы исследований. Материалами для исследований являлись структурные сейсмические карты, в основном по отражающему горизонту II_a. Модели структурных карт масштаба 1:25000 и 1:50000 построены авторами по результатам сейсмических исследований на территории юго-востока Западно-Сибирской плиты (ЗСП). Сейсмические исследования ведутся на территории ЗСП начиная с 60-х годов прошлого века. Съёмками разных лет покрыта практически вся территория ЗСП. Авторы интересовали в первую очередь методы сейсмоморфологической интерпретации структурных поверхностей: для анализа типа напряжений в сводах структур, выявления морфоследов трещин и характера проявления в морфорельефе фаций. В ходе исследований изучены методы морфологического анализа структурных объектов и разработана геометрическая классификация типов структур, позволяющая решать указанные задачи.

Для классификации рельефа разработаны различные классификационные схемы. Принципы таксономии при построении классификационных схем основаны как на историческом развитии рельефа, так и на



его вещественных ассоциациях, геометрических образах проявления. В рельефе земной поверхности, палеоповерхностях типовое разнообразие морфоформ композиционно уравновешено. При параметризации дневного рельефа или сейсмоповерхностей выявляется ограниченное количество морфологических типов структур. Однако всегда в рельефе, в том числе палеорельефе, в форме земной поверхности отражается фация.

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в существенно терригенном разрезе осадочного чехла на сейсмоморфоповерхностях (без выравнивания рельефа) в виде положительных форм палеорельефа проявляются песчаные фации (по причине их меньшего по сравнению с глинистыми разностями уплотнения в процессе седиментации). В.Н. Невский [6] для описания таких форм ввел термин «геоморфологическая фация». На рис. 1 представлена структурная карта по отражающему горизонту Π_a в кровле верхнеюрских отложений, в теневом рельефе Крапивинского месторождения в виде положительного палеорельефа проявляется повышенная мощность песчаных отложений верхневасюганской свиты. Повышенные мощности песчаных пластов горизонта Ю_1 в виде «лапки» трёхзональных форм палеодельтового комплекса (с поперечными размерами порядка 4–5 км) – аномалия палеорельефа (изоглубины до сейсмоповерхности) в юго-восточной части участка (рис. 1). Фациальное содержание морфорельефа сейсмоповерхности юрских отложений обнаруживается в его геометрическом образе. Геометрия рукавов палеодельты в данном случае – путь к осмыслению формы сейсмоструктурного элемента и типа сейсмofации.

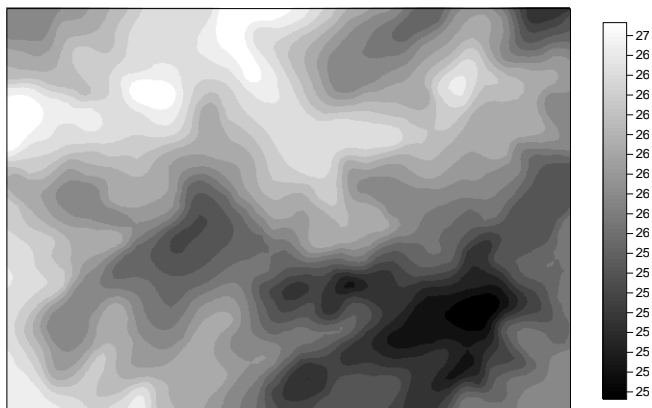


Рис. 1. Модель структурной поверхности в кровле васюганской свиты Крапивинского локального поднятия. Шкала изоглубин в м

С точки зрения сейсмической структурно-морфологической интерпретации, среди наиболее распространённых классификаций для морфоповерхностей интересны разработанные А.Н. Ласточкиным [3]. Изучение геометрического облика палеорельефа на сейсмоповерхностях, особенностей геохронологической смены рисунка скелетной формы сейсморельефа позволяет установить закономерности развития и становления морфологических особенностей поверхностей раздела. Классификация геомет-

рических форм поверхностей при наличии ряда типовых форм морфорельефа – путь к созданию их математических моделей, выявлению и ранжированию в пределах структур широтных, меридиональных, диагональных и др. напряжений [10]. Напряжённо-деформированные участки поверхности являются подвижными элементами рельефа и зачастую участками его «эрозионной активности» [5, 6], что приводит к накоплению мощных песчаных отложений на этапах его перестройки, денудации.

В условиях нефтегазоносных бассейнов в морфологических композиционных сочетаниях сейсмокомплексов проявляются тип формирования и мощность песчаных тел, которые связаны и с распределением полей тектонических напряжений, и с геометрическим образом структуры. В классификационных алгоритмах авторы в основном исходят из двух первичных типов в форме морфоструктурных объектов – это линейно-тянутые и изометричные. В последующем нарастании типового разнообразия наиболее частыми являются классификации морфоформ с использованием трёх (по Н.А. Флоренсову), пяти основных типов (согласно А.М. Берлянту, В.Д. Наливкину, А.Н. Ласточкину). Расширенные классификационные схемы включают 11–12, 16–18, до 32 и более типовых проявлений (Д.А. Тимофеев, И.П. Герасимов, А.Н. Ласточкин и др.) [3].

Результаты анализа типа структурной поверхности, рисунка сочетаний структурных линий (гребневых, килевых по А.Н. Ласточкину [3]) по особенностям замыкания (схождения, решётчато-грядового, перистого, радиального и др.), сочетания структурных линий позволяют анализировать поля тектонических напряжений: сжатия, растяжения, транспрессии, трансенсии. Результаты моделирования процессов сдвига-взброса и сдвига-сброса, описанные Ю.А. Морозовым [5] и др., показывают характер возникающих в условиях сочетания разнонаправленных напряжений – «разрывных сеток» [3, 10] (рис. 2).

«Сетки» (тектонических трещин, пример на рис. 2) во всех районах имеют близкое межузловое расстояние, построены иерархически, тесно связаны с обликом структур, их плановым положением. В «сетчатых» системах трещин контрастно проявляются вторичные процессы преобразования пород [8]. Они происходят как под влиянием перетоков углеводородов (УВ) в продуктивных разрезах, так и под действием неравномерного приложения напряжений. Согласно классификации С.С. Шульца [10] в геоструктурах выделяется до четырёх порядков тектонических трещин. Системы нарушений первого ранга ограничивают блоки размерами порядка 20–30 км. Системы нарушений второго, третьего и четвёртого рангов разграничивают более мелкие блоки. Представления о ранге трещиноватости согласуются с представлениями о вложенности дискретных геологических систем (кратность вложенности 2–5) по М.А. Садовскому. Среди основных направлений простираения разломов на юго-востоке ЗСП выявляются разломы северо-восточного и северо-западного, субмеридионального и субширотного простираения [8, 9]. Они контролируют морфоформы рельефа (рис. 2). На месторождениях, нефтегазонос-



ных по поверхности фундамента, и в юрских отложениях скважины, забуренные вблизи тектонических трещин, которые контрастно проявляются в рельефе палеоповерхности (например, Нижне-Табанганская, Калиновая, рис. 2), в основном пустые.

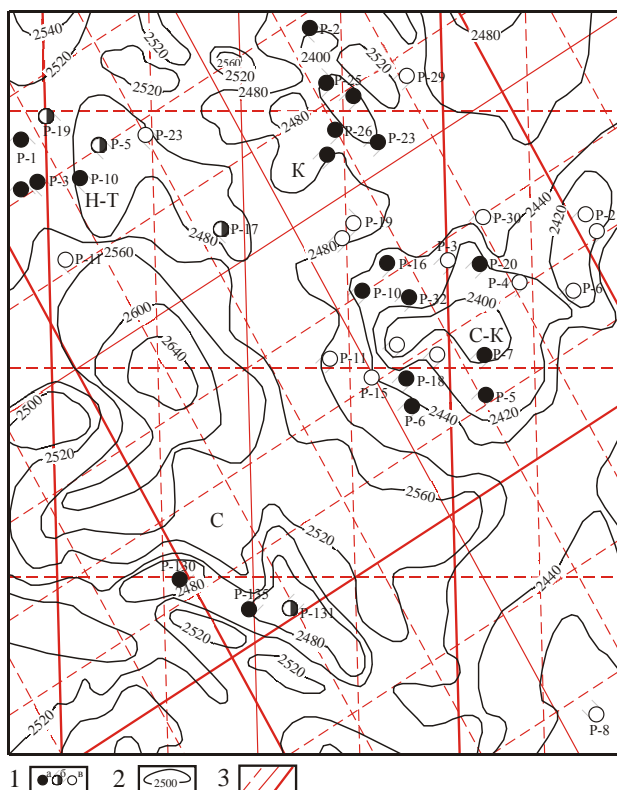


Рис. 2. Геометрия тектонической трещиноватости по результатам морфоструктурного анализа на Калиновом (К), Северо-Калиновом (С-К), Нижне-Табанганском (Н-Т), Солоновском (С) локальных поднятиях: 1 – глубокие скважины (а – продуктивные, б – с нефтепроявлениями, в – пустые); 2 – стратозиогипсы по отражающему горизонту IIa, в м глубины; 3 – тектонические трещины первого, второго, третьего порядков соответственно

В сесмоморфоструктурах при создании их геометрических морфологических моделей обнаруживается концентрическая зональность [2–4, 7, 9] (рис. 3). На рис. 3 в ячеек таблицы приведены сейсмоструктурные модели нефтегазовых месторождений юго-востока ЗСП (чёрным – контуры нефтегазоносности), размеры локальных поднятий порядка 4–9 км. Для каждого объекта (разнопорядковых положительных либо отрицательных структур) характерно концентрически симметричное распределение составляющих его частей, звеньев, элементов и пр. Эти сочетания формируют радиально-зональные, порой иерархические пространственные системы. Каждая форма уникальна по особенностям упорядоченности элементов. В то же время она имеет свойственные ряду системообразующих модельных сочетаний структурных линий типичные черты. Авторы выявили 12 геометрических типов объектов, модели сочетаний морфоформ которых эффективны в программах распознавания образов, для выявления типа фации и определения вели-

чин тектонических напряжений в своде структуры. Геометрические образы соответствуют распределению в своде структур тектонических напряжений.

Мозаичное сочетание простых форм в конкретном объекте тесно связано с иерархией вложенности систем трещин [10]. В пределах структуры обнаруживается иерархия составляющих её сегментов (в центрально-зональном следовании подчинённых элементов палеорельефа и в их латеральном дополнении). Она определяется формой структуры и в то же время имеет законы «пространственного следования» элементарных компонентов. Среди таких законов наиболее явно проявляются:

– *Возрастание* от центра на периферию *сложности* строения морфоструктурных форм. По замыкающим изолиниям от свода на периферию (мегавала, куполовидного, локального поднятия и пр.), наиболее контрастно проявляются трёх-, четырёх-, семизональность и более сложные формы – у подножия (например, Моисеевская, Лосино-Ярская, Тамбаевская, Оленья, Катыльгинская структуры, рис. 3).

– *Дополнительность* (по А.Д. Арманду [1]). Она проявляется в уравниваемости положительных и отрицательных форм по веществу и объёму (в сигмоидного типа сегментировании положительных и отрицательных форм [5], например, Верхнекомбарская, Северо-Васюганская, Столбовая, Юганская, Ондатровская, Нижне-Табанганская структуры, рис. 3).

– Наличие в пределах свода структуры *только одного* крупного поднятия. *Подчинённость* размеров в сейсмоструктурных осложнениях одного уровня проявляется на всех поднятиях, подчинённость размеров можно наблюдать на Среднеvasюганской, Киев-Еганской, Полуденной, Ледовой структурах (рис. 3).

– *Существование* в полуволовном диапазоне отрицательного структурного осложнения (по отношению к каждому положительному) с *зеркальным отображением* взаимного расположения и сочетания структурных линий (например, Юганская, Нижне-Табанганская, Двойная, Тамбаевская, Вартовская структуры, рис. 3).

– Каждая структура имеет собственные черты (или особенности), более рельефно в ней проявляется один из структурно-морфологических типов строения вещества. Преобладание выявляется в том числе в *унаследованности* форм. В пределах структуры первого порядка определённой формы структуры второго и последующих порядков на неё похожи (например, Карандашовское куполовидное поднятие, Первомайская, Моисеевская структуры на рис. 3 геометрически похожи на Каймысовский свод).

Близкие черты строения выявляются во взаимном расположении континентов, в сочетании крупных геологических систем и кольцевых структур, в расположении складчатых поясов, нуклеаров. Структурное подобие обнаруживается в рисунке гребневых и килевых линий структур первого и более высоких порядков. Гигантские вихри, соединяющие гребневые или килевые линии хребтов горных систем и древних складчатых структур, выделены Ли Сыгуаном [4], О.И. Слензаком [7]. Высокоамплитудные структуры, как

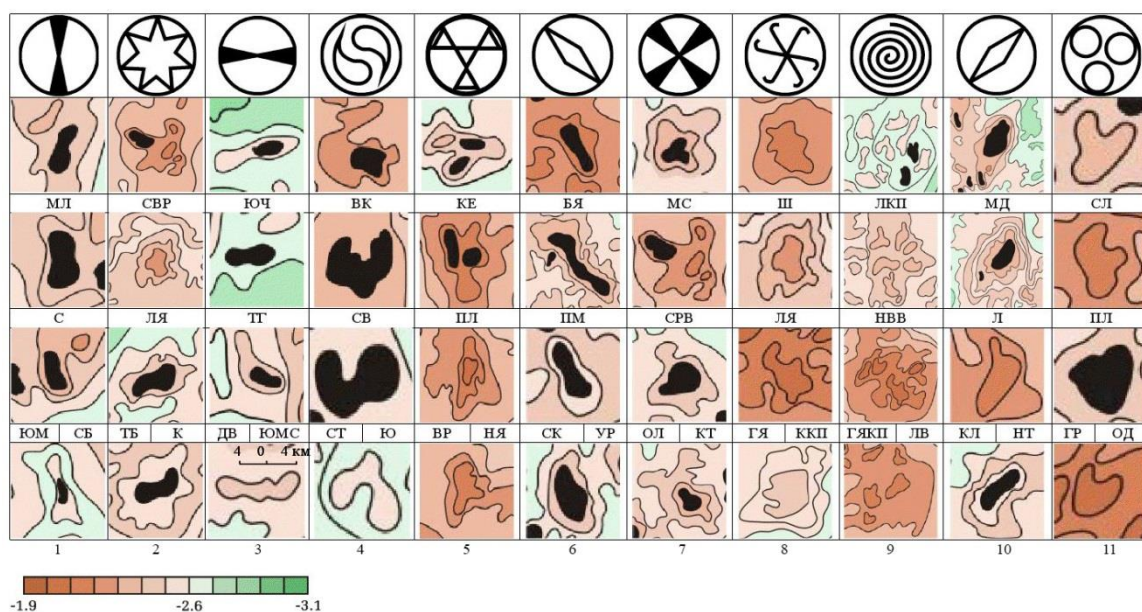


Рис. 3. Типовые формы сейсмоструктур. Структуры второго и третьего порядка юго-востока ЗСП: ЛКП – Ледовое куполовидное поднятие (к.п.), МД – Мыльджинская, МС – Моисеевская, ПМ – Первомайская, Л – Лугинецкая, НВВ – Ново-Васюганская, СРВ – Среднеvasюганская, БЯ – Белоярская, ПЛ – Полуденная, СВ – Северо-Васюганская, СБ – Соболиная структуры, ГЯКП – Горело-Ярское к.п., ККП – Карандашёвское к.п., ТГ – Тагайская, ЛЯ – Лосино-Ярская, УР – Урманская, МЛ – Малореченская, ВР – Вартовская, НЯ – Нань-Яхская, НТ – Нижне-Табаганская, К – Калиновская, С – Соснинская, ЮЧ – Южно-Черемшанская, ТБ – Тамбаевская, КЕ – Киев-Еганская, ОД – Ондатровая, ПЛ – Полонская, ДВ – Двойная, ВК – Верхнекомбарская, СТ – Столбовая, Ю – Юганская, ЮМ – Южно-Моисеевская, ЮМ – Южно-Мыльджинская, СК – Северо-Калиновская, ОЛ – Оленья, КТ – Катильгинская, ГЯ – Горело-Ярская, Ш – Шудельская, ГР – Герасимовская, СЛ – Северо-Ледовая, КП – Колонковская, ЛВ – Лиственная структуры, цифры – номер типовой формы, шкала глубин и масштабная линейка – в км

правило, имеют вихревое сочетание сегментов. Вихревая согласованность структурных элементов контрастно проявляется для растущей (правого вращения, по Я.Г. Кацу [2]) либо опускающейся (левого вращения) структурных форм.

Наиболее подвижные, мобильные блоки в пределах нуклеарных структур (региональных) и для глобальных сегментов Земли группируются в спиралевидные цепочки [2, 4, 7]. Они находятся в зонах максимальных поперечных и продольных напряжений (субдукции, бортовых частях рифтовых структур [5]). В рельефе для них характерен дивергентно-веерный или лучевой облик в сочетании структурных линий, явно проявляющийся на этапах интенсивного тектонического роста или опускания поверхности [3, 5]. Концентрическая зональность рельефа в пределах «сгущения» спиральных линий [2, 4]. Эти сгущения тяготеют к участкам террасированного подъема или опускания изоурней рельефа (каждая структура насчитывает не более 2–3, редко 4 террас [2]). В постумных (поствулканических, образовавшихся на последующих этапах интенсивного роста поднятий) отложениях осадочного чехла по причине максимальной подвижности и эрозионной «ёмкости» кольцевых валлообразных поверхностей, ограниченных кольцевого типа, регматической природы дислокациями, эта зональность (например, для нефтегазоносных структур – Ново-Васюганская, Моисеевская, Горело-Ярская структуры, рис. 3) выявляется в концентрического облика зонах повышенных мощностей песчаных отложений. Корреляция зон повышенных мощностей рыхлых

отложений и активных разломов устанавливается и в современном рельефе [5].

Система тектонических напряжений в каждую фазу формирования рельефа образует контрастно проявляющуюся композицию напряжений в пределах отдельных оболочек [5]. Чем тоньше оболочка, тем меньше пространственные объёмы вовлечённых в напряжённно-деформированное состояние пород. На поверхности Земли наиболее интенсивные напряжения «стягиваются» в трёхзонального облика контурах. Замкнутые системы полей напряжений, возникающие в напряжённно-деформированных системах, проявляются в рельефе и в последующем распределении эрозионно-денудационных мощностей осадков. Например, наиболее часта тройная зональность в пространственном сочетании рифтовых структур. «Тройное сочленение» (по Е.Е. Милановскому) рифтов выявляется в соединении сегментов рифтовых структур, единичных рифтов, является преобладающей зональностью рифтовых систем. Инициация тектонических движений в ходе активизации рифтовых структур осуществляется в виде проградационного перемещения. Объёмная упругая деформация «сжатия-растяжения» (после этапа первоначального «обрушения») распространяется в условиях изменяющихся трансенсивно-транспрессивных напряжений по бровкам впадин [5]. Она формирует замкнутую трёхпетлевую фигуру [9]. В историческом развитии рифтовых бассейнов объёмная упругая деформация, распространяясь по замкнутому контуру упругой волны, продвигается вдоль рифтовых структур и в то же вре-



мя медленно перемещается в боковые участки впадин, постепенно «захватывая» склоны структур [9]. До тех пор пока краевые градиенты бортов впадин (по Е.В. Артюшкову) являются преобладающими гравитирующими объектами в рельефе, они диктуют направленность эрозионного процесса (определяют ромбический облик нефтегазоносных структур в бортах рифтовых желобов). В правом борту Колтогорско-Уренгойской пострифтовой структуры это, например, Лугинецкое, Мыльджинское, Нижне-Табаганское поднятия, в левом борту – Первомайское, Южно-Моисеевское (рис. 3). Их роль существенна вплоть до этапа выравнивания рельефа и перемещения упругой деформации на своды структур.

Результаты исследований и их обсуждение.

Результаты систематизации представлений о сейсмоморфоформах локальных нефтегазоносных поднятий позволили выделить 12 основных типов морфологических форм, одиннадцать – на рис. 3, двенадцатая – бесструктурная единица.

Первый тип характеризуется наличием в центральной части кольцевого облика морфоструктуры линейно-вытянутого поднятия (на рис. 3 это Малореченская, Соснинская, Южно-Моисеевская, Соболиная структуры). Преобладают сжимающие напряжения северо-восточной, северо-западной или широтной ориентировки.

Второй тип – сейсмоструктура купольного типа, имеющая вид лучевой звезды (зачастую семилучевой) (на рис. 3 это Среднеvasюганская, Лосино-Ярская, Тамбаевская, Калиновая структуры). Этот тип часто выявляется в бортовых частях структур более высокого порядка, осложнённых цепочками невысоких гор или холмов. Структура находится в поле напряжений разного знака: северо-восточной и северо-западной ориентировки.

Для *третьего* типа морфоструктур характерна рельефная выраженность барьерных концентрических валов (на рис. 3 это Южно-Черемшанская, Тагайская, Двойная, Южно-Мыльджинская структуры). Несколько опущенная центральная часть свода дополняется высокоамплитудными узкими зонами поднятий в его краевых частях. Структура находится в системе растягивающих напряжений широтной ориентировки.

Геологические объекты с равновесным сочетанием положительных и отрицательных компонентов рельефа отнесены к *четвёртому* типу рельефно-морфологических форм. В четвёртом типе структур в центральной части обнаруживается обширное поднятие «серповидной» формы (на рис. 3 это Верхнекомбарская, Северо-Васюганская, Столбовая, Юганская структуры). Интенсивные понижения рельефа выявляются в области внутреннего дугообразного замыкания свода. Высокая степень открытости характерна для диагональных систем трещин (пересекающих центральную часть свода), меридиональные и широтные системы трещин проявляются в виде явной прямоугольной сетки.

В *пятом* типе структур преобладают положительные формы. Распределения масс на поднятиях в плане имеют треугольный облик. Этот тип структур

представляет собой узкое поднятие, имеющее в центральной части треугольную форму. От углов треугольника дугообразными грядами расходятся невысокие холмы (на рис. 3 это Киев-Еганская, Полонская, Вартовская, Нань-Яхская структуры). Зоны сжатия формируются в компрессионной системе дислокаций северо-восточного и меридионального простирания.

Для *шестого* типа структурно-морфологических сочетаний характерно углубление краевых впадин. Распределение сдвиговых напряжений выявляется в южной и северной перифериях свода (на рис. 3 это Белоярская, Первомайская, Северо-Калиновая, Урманская структуры). Системы сжатия формируются в меридиональном и северо-западном направлениях центральной части структуры.

Седьмой морфологический тип поднятий объединяет плосковершинные, близкие к четырёхугольной форме, структуры (например, Моисеевская, Среднеvasюганская, Оленья, Катыльгинская структуры на рис. 3). Наблюдается некоторое углубление впадин в прибортовых частях сводов. Сжимающие напряжения преобладают в меридиональной системе центральных деформаций, северо-западные и северо-восточные системы трещин купольной части формировались в условиях возможной транспрессии и транстенсии.

Восьмой тип морфоструктур характеризуется резким углублением впадин, заложением «коленообразных» щелевых отрицательных форм (на рис. 3 это Шудельская, Лосино-Ярская, Горело-Ярская, Карандашовская структуры). В краевых частях, в зонах обрамления впадин, выявляются локальные области интенсивного углубления. Для поднятий и впадин характерен треугольный облик («тройное сочленение»). В центральной части структуры существенны сдвиговые напряжения, боковые зоны растяжения формируются по системам нарушений северо-восточного, северо-западного и широтного простирания.

Девятый тип структур отмечается резкой рельефной выраженностью мелких изометричных локальных поднятий, спиралевидно распределённых относительно центра структуры (на рис. 3 это Ледовая, Ново-Васюганская, Горело-Ярская, Лиственная структуры). Нарушения северо-восточного и северо-западного простирания формируют «решётку» контрастно проявляющихся в рельефе трещин.

Для *десятого* морфологического типа характерно дугообразное сечение заглубленных днищ долин. Поднятие зачастую ромбического облика (на рис. 3 это Мыльджинское, Лугинецкая, Колонковая, Нижне-Табаганская структуры). Для свода характерны северо-восточного простирания сдвиговые напряжения.

Геологические структуры, положительные компоненты в пределах которых тяготеют к центральной части свода и имеют преимущественно трёхлепестковое строение, отнесены к *одиннадцатому* типу рельефно-морфологических форм (на рис. 3 это Северо-Ледовая, Полонская, Герасимовская, Ондатровая структуры). В центральной части такой структуры предполагается поднятие, обладающее тройной симметрией. Закрытые и скрытые системы трещин на таких поднятиях сформировались (в своде) в широтных и



меридиональных системах трещин, открытые трещины выявляются в системах диагональных направлений.

Для двенадцатого сейсмоструктурного типа характерно выравнивание поверхности. В структурах центрального типа обнаруживается разрушение барьерных валов и проявление их в плане в виде слабо морфологически выраженных кольцевых форм (наиболее близки по форме Ледовая, Ново-Васюганская, Горело-Ярская, Лиственная структуры). В сводовой части поднятия преобладают мелкие структурные объекты центрального облика, окаймлённые изометричными барьерными валами.

Близкие сочетания обнаруживаются в распределении фаций песчаных коллекторов в форме аномалий сейсмических параметров, которые имеют типические черты, аналогичные морфоструктурным проявлениям. Динамика полей напряжений на нефтегазоносных поднятиях определяется приуроченностью их к региональным и локальным зонам транспрессии и транстенсии на этапах осадконакопления, соответствующих, например, мобильной полосе палеоберега. Для типовых форм, согласно облику проявления и особенностям замыкания структурных линий, характерны: усиление динамических напряжений в линейных (рис. 3, тип 1, 3, 6, 10), радиальных (рис. 3, тип 2, 5, 7, 8), кольцевых (рис. 3, тип 11, 4, 8, 9) системах трещин. В формах сейсмоструктур в зависимости от их расположения в пределах ЗСП преобладающими являются северо-западные (рис. 3, тип 6), северо-восточные (рис. 3, тип 10), меридиональные (рис. 3, тип 1) либо широтные (рис. 3, тип 3) ориентировки – это стало основанием для включения ориентированных типовых форм в классификацию морфотипов сеймоподнятий. По причине слабого уплотнения песчаных отложений по отношению к глинистым в сейсмоморфоформе проявляются условия образования песчаных тел. Например, трёхзональный тип сейсмоморфоформы (рис. 3, тип 5, 11) либо сигмоидный (рис. 3, тип 4) по облику сейсмофации есть устье реки (рис. 3,

тип 5, 11), конус выноса (рис. 3, тип 2, 7, 8), валообразное осложнение либо дельтовая протока (рис. 3, тип 1, 3, 6, 10), периферический бар (рис. 3, тип 1, 3, 4), постройки пляжа, зоны берегового клифа (рис. 3, тип 8, 9), дистальной части береговой зоны (рис. 3, тип 9).

Созданная геометрическая классификация типов сейсмических структур является основанием для их ранжирования по типу напряжений в своде структуры, служит основой для выявления и определения типа песчаной фации по морфоре палеорельефа, для разработки формализованного подхода в классификации и выявления того или иного облика структуры в программах распознавания образов. Для создания формализованного подхода авторы разработали методы вероятностно-статистической параметризации типов структур с применением автокорреляционных функций. Результаты исследований по статистической параметризации и типизации форм структур авторы намерены опубликовать в следующей статье.

Выводы

Анализ морфологической изменчивости и выявление некоторых типов однообразия в поверхностных проявлениях рельефа и палеорельефа позволило определить в типовом многообразии форм структур несколько геометрических типов, наиболее часто встречающихся в природе и позволяющих выполнять ранжирование сейсмоморфоповерхностей, и даже создать их геометрическую классификацию, которая станет основой математической типизации морфоповерхностей и позволит формализовать подходы по выявлению тектонической трещиноватости в морфоре рельефе и тектонических напряжений, определяемых условиями сжатия, растяжения и сдвига. Разработанная методика морфоанализа внутри уже существующих программных средств в настоящее время позволяет решать задачи идентификации тектонических напряжений в сводах структур, ранжировать рельефообразующие фации.

Библиографический список

1. Арманд А.Д. Иерархия информационных структур мира. Вестник Российской Академии наук. 2001. № 9, т. 71. С.797–805.
2. Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И. Ротационные структуры Земной коры // Обзор ВИЭМС. М., 1990. 41 с.
3. Ласточкин А.Н. Методика и результаты конструирования общей теории геосистем. I. Универсальная элементная база для геоявлений разной природы // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2001. Вып. 1, сер. 7. С.48–57.
4. Ли Сыгуан. Вихревые структуры Северо-Западного Китая. М., 1958. 129 с.
5. Морозов Ю.А. Структурная роль транспрессии и транстенсии // Геотектоника. № 6. С.3–24.
6. Невский В.Н. Новые подходы к созданию базовой геоморфологической классификации (на примере горных территорий Дальнего Востока России). Геоморфология. 2003. № 1. С.32–37.
7. Слензак О.И. Вихревые системы литосферы и структуры докембрия. Киев: Наукова думка, 1972. 181 с.
8. Устинова В.Н., Устинов В.Г. Тектонически напряжённые зоны нефтегазоносных структур и их изучение по данным сейсморазведки // Геофизика. 2004. № 1. С.13–18.
9. Устинова В.Н., Вылцан И.А., Устинов В.Г. О пространственном и временном развитии циклически протекающих событий на Земле по геофизическим данным // Геофизика. 2005. № 3. С.43–48.
10. Шульц С.С. Планетарная трещиноватость. М., 1973. 347 с.