

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ФРАКТАЛЬНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПРОВИНЦИЯХ

В.А. Филонюк, Л.А. Рапацкая
Иркутский научный исследовательский технический университет,
e-mail: Filonyuk@hotmail.com

Введение и постановка задач исследований. В последнее время при изучении структурных условий локализации рудных полезных ископаемых нами были выявлены латентные (скрытые) закономерности распределения рудного вещества в рудных телах, месторождениях, рудных полях и за их пределами. Ранее об этих закономерностях мало что было известно. Наиболее детально они изучались нами в глубоко вскрытых разведкой и эксплуатацией золоторудных провинциях Российской Федерации, в золото-урановых провинциях Канады, Австралии, а также и на других объектах [1–2]. Первое подобное исследование территории детально изученных нефтегазоносных провинций (далее НГП) было выполнено нами в регионе Аравийского полуострова в пределах границ Сирии [3].

Выявленные закономерности включают целый ряд характерных особенностей, свидетельствующих о существовании особого класса структур, формирование которых происходит в условиях критически неустойчивого энергетического состояния геологической среды. Такие структуры относятся к категории диссипативных. Они контролируют пространственное распределение отдельных элементов или конкретных характеристик геологической среды и, в отличие от типичных (реологических) геологических структур, имеют энергетическую природу, т.е. их формирование происходит в условиях повышенных скоростных режимов геологических процессов. При этом возникающий избыток свободной энергии диссипирует, переходя в потенциальную энергию новой структуры. Процесс рождения и развития диссипативных структур идет в режиме самоорганизации. Именно с этим связаны характерные признаки, которые позволяют выделять данные структуры в процессе изучения геологических объектов.

Основными свойствами таких структур являются [4]:

- дискретность и структурно-иерархическая упорядоченность;
- самоподобие их структурной организации на всех иерархических уровнях, обуславливающее целостный облик структуры в форме фрактального кластера;

- нелинейный характер связей геометрических параметров структурного каркаса кластера, контролирующего распределение разномасштабных элементов в пространстве;
- синергизм как характерная форма пространственной (энергетической) кооперации монопризнаковых компонент геологической среды, когда эпицентры одномасштабных узлов фрактальных кластеров различных компонент среды не стремятся унаследовать друг друга, а взаимно тяготеют к градиентным зонам узлов соседствующих компонент геологической среды.

Выявление и использование этих свойств в качестве дополнительных и, возможно, более конструктивных критериев при прогнозировании, поисках и разведке полезных ископаемых, с нашей точки зрения, являются актуальными, в том числе и в области нефтегазовой геологии, где подобные исследования практически не проводились. Поэтому в данной статье осуждаются результаты проведенных нами исследований в обозначенном выше направлении, предусматривавших решение двух задач:

1. На примере достаточно детально изученных нефтегазоносных провинций показать возможность реального выявления диссипативных структур, контролирующих пространственное распределение скоплений углеводородов, дать сравнительную характеристику геометрических параметров и свойств этих структур;
2. Обосновать наиболее вероятные причины формирования выявленных структур.

Объекты и методика исследований. В качестве объектов исследований были выбраны три нефтегазоносные провинции (Амударьинская, Западно-Сибирская и Восточно-Сибирская). Все они характеризуются практически одинаковой и достаточно высокой степенью изученности и представляют различные геотектонические условия своей локализации. Амударьинская и Западно-Сибирская провинции – это типичные долгоживущие платформенные депрессии, осложненные поднятиями, а Восточно-Сибирская – представляет собой область преимущественного развития также долгоживущих платформенных поднятий, осложненных локальными прогибами. Это обстоятельство позволило установить черты сходства и различия выявленных структурных закономерностей в исследуемых провинциях в зависимости от геотектонических условий.

Исходным материалом для проведения исследований послужили опубликованные разномасштабные карты и разрезы по выбранным провинциям. Данные о характерных особенностях геологического строения выбранных для исследования объектов заимство-

вались из справочной литературы [5 и др.], кроме того, привлекалась вся доступная информация из последних источников, размещенных на соответствующих Интернет-сайтах. Эти данные отражены на схематизированных геологических картах и модельных разрезах (рис.1, сводная таблица 1). Как видно, каждая из провинций характеризуется широким спектром изменений всех ключевых характеристик геологических элементов, начиная от структурно-тектонических условий локализации залежей углеводородов, их размеров, типов ловушек и покрышек, литологического состава и коллекторских свойств вмещающих пород и кончая составом и свойствами самих углеводородов. Напрашивается вывод о наличии схожего разнообразия в их строении, что, как будет показано ниже, является вполне объективным фактором.

Концептуальной основой проведенных исследований являются представления о том, что исследуемые объекты – открытые природные системы, обменивающиеся энергией и веществом с окружающим пространством, что позволяет им создавать и удерживать состояние текущего равновесия в критически неустойчивых и крайне неравновесных термодинамических условиях окружающей геологической среды. Возникновение и дальнейшая эволюция таких систем и все структурно-вещественные преобразования в них происходят в режиме саморазвития с одновременным формированием диссипативных структур, о которых упоминалось выше [4,6 и др.].

Принципиальным моментом принятой базовой концепции является представление о внутрисистемном времени, которое существует на фоне абсолютного времени и тесно связано с пространственно структурированной системой через понятие «темпа хода времени», введенное в свое время Н.А. Козыревым [7]. Внутрисистемное время иерархично и структурировано адекватно связанному с ним пространству, в котором по мере перехода от общих к более детальным уровням его структурной организации темп хода времени нелинейно ускоряется. А это значит, что скорости процессов увеличиваются, удельная концентрация энергии структурно-вещественных преобразований также нелинейно растет. В таких условиях система может перейти в критически неустойчивое состояние и в соответствующий ему режим саморазвития.

В качестве основного методологического принципа исследований был выбран «принцип абстрагирования», или «принцип элементаризации», предложенный Ю.А. Косыгиным [8], с целью создания «конструктивного» геологического обоснования для проведения структурно-системного исследования объекта. Он предусматривает разбиение

сложной многокомпонентной геологической системы на монокомпонентные (элементарные) подсистемы и раздельное их изучение с последующим синтезом полученных результатов. В нашем случае основной «элементарной» подсистемой являлось поле локализации залежей углеводородов и их скоплений на территории каждой провинции. В качестве других подсистем можно использовать поднятия, впадины, разрывные нарушения и т.п. Однако при этом должно соблюдаться важное условие – наличие достаточного объема исходных данных для получения объективной информации на исследуемом масштабном уровне. Детальность изучения территорий или отдельных их частей на выбранных объектах вполне обеспечила это условие.

Основным методом исследования служил системно-структурный анализ прерывистости поля элементарной подсистемы распределения залежей углеводородов путем выделения последовательно входящих друг в друга разномасштабных их скоплений (таксонов) и установления многоуровневой модели структурной организации исследуемой подсистемы как единого целого в форме двухмерного пространственного кластера. Выделение и ограничение таксонов на каждом масштабном (иерархическом) уровне проводилось с соблюдением условия максимального их сближения (в соответствии с масштабом) и однородного расположения элементов, объединяемых в таксон.

Далее определялись средние длины ребер структурного каркаса модели, соединяющих эпицентры выделенных одномасштабных элементов или таксонов. Для подтверждения объективности выявленной структурной модели было дано расчетное обоснование их статистической устойчивости. В качестве количественного критерия статистической устойчивости принято условие – среднее должно быть равным или больше двойного стандартного отклонения (вероятность 95,0%), лучше, если оно будет равно или больше утроенного стандартного отклонения (вероятность 99,0%). Сопоставительный анализ полученных результатов сопровождался проверкой статистической гипотезы о равенстве средних значений показателей с использованием **t**-критерия Стьюдента.

Фрактальность выявленных кластеров подтверждалась ярко проявившимся свойством самоподобия относительно мотива порядка, при этом определялись размерности исследуемых подсистем для последующего проведения сопоставительного анализа результатов по трем изученным объектам. Для определения их характеристик нами принята наиболее простая и часто используемая метрика фрактальной геометрии – клеточная метрика Хаусдорфа. В этом случае фрактальная размерность представляет меру того,

насколько фрактальный объект заполняет занимаемое им целочисленное (в нашем случае – двумерное) пространство. Определение данной характеристики производилось путём последовательных покрытий изучаемой площади постепенно увеличивающимися по площади элементарными ячейками и подсчёта процентного отношения количества непустых ячеек к общему их количеству для каждого варианта покрытия. График зависимости данных отношений от размеров элементарной ячейки в билогарифмической системе координат, как правило, выражается прямой линией, численная характеристика тангенса угла наклона которой к горизонтальной линии системы координат выражает дробную часть фрактальной размерности. Для двумерного пространства целая часть размерности всегда равна 1.

Свойство нелинейности изменения геометрических параметров структурного каркаса кластера как диссипативной структуры выявлено путем расчета коэффициентов масштабного подобия. Их величины определялись как численные отношения средних размеров ребер структурных каркасов элементов смежных масштабных уровней.

Результаты исследований. Выполненный таксономический анализ размещения углеводородов в пределах выбранных нефтегазоносных провинций позволил в модельном формате установить закономерности структурной организации углеводородных подсистем на этих территориях (рис. 2). Как видно, полученные модели во многом схожи и представляют собой в плане многоуровневые закономерно-прерывистые конструкции (кластеры), порядок в которых задан мотивом решетки с треугольной ячейкой. Эти модели обладают ярко выраженным свойством самоподобия на всех иерархических уровнях их структурной организации. Данное свойство является одним из ключевых признаков, по которым выявленные конструкции могут быть классифицированы как диссипативные структуры.

Исследование геометрических характеристик выявленных структур на основе предварительного установления пространственного положения ребер структурных каркасов (рис.3) позволило получить необходимую информацию не только для индивидуального описания и подтверждения реальности конкретной структуры, но и для проведения сопоставительного анализа выявленных структур между собой (таблица 2).

Итак, использованная информационная основа позволила в процессе исследований установить в общем 6-ти уровневый иерархический диапазон фрактальной кластеризации скоплений углеводородов в пределах выбранных нефтегазоносных провинций.

Реальность установленных структурных закономерностей подтверждается тем, что во всех провинциях на всех иерархических уровнях средние значения длин рёбер структурных каркасов превышают утроенные значения стандартных отклонений.

Учитывая относительно близкие метрические характеристики структурных каркасов кластеров, была проведена проверка статистической гипотезы о равенстве средних размеров ребер по масштабным уровням структурных каркасов всех объектов, включая и усредненные данные по всем трем провинциям с использованием статистического критерия Стьюдента (таблица 3).

Для расчета данного критерия во всех вариантах сравнения были использованы данные таблицы 2.

Проверка показала, что из 29 сравнений в 22 (79,5%) гипотеза о равенстве средних размеров одномасштабных ребер структурных каркасов кластеров на всех трех объектах подтверждается.

Вычисленные коэффициенты масштабного подобия между смежными масштабными уровнями кластеров по всем трем провинциям близки между собой и колеблются в пределах 1,6–2,7 (см. табл.2). В целом это подтверждение нелинейного характера фрактального расширения выявленных структур, в основе которого лежит принцип удвоения. Этот принцип универсален и характерен для всех природных систем [9].

Для всех трех провинций графическим способом были определены фрактальные размерности (рис.4). Как видно, все три графика имеют близкие между собой углы наклона. Это значит, что фрактальные размерности выявленных структур практически равны. Дробная часть размерности равна тангенсу среднего угла наклона графиков, который составляет 22°. Таким образом, фрактальную размерность для кластеров всех трех провинций можно записать как 1,4040.

Обсуждение результатов. В итоге проведенных исследований в рамках поставленных задач мы имеем следующее.

Прежде всего, выявленные структурные закономерности в пространственном распределении залежей углеводородов и их скоплений на всех трех объектах действительно представляют собой диссипативные структуры, выраженные в форме фрактальных кластеров. Их реальность доказывается наличием характерных свойств, подтвержденных необходимыми графическими и расчетными данными (иерархическая упорядоченность, заданная мотивом «решетки» с треугольной формой ячейки, масштабное подобие в струк-

турной организации иерархических элементов, нелинейность фрактального расширения структурных каркасов кластеров по принципу удвоения).

Исследованиями установлено еще одно свойство, которое для месторождений нефти и газа ранее не было известно. Это – универсальный характер диссипативных структур, выраженный в проявлении ранговой изометрии геометрических характеристик одномасштабных иерархических элементов кластеров в разных провинциях. Такое же свойство также впервые было обнаружено нами на рудных месторождениях золота и урана [1–2 и др.]. Реальность наличия данного свойства в нашем случае подтверждается с вероятностью 79,5% (см. таблицу 3). Хотя это и не 100%, но мы считаем, что этого уже вполне достаточно, чтобы говорить о наличии такой закономерности, тем более, все отклонения коснулись лишь крайних иерархических уровней Амударьинской НГП. Эти отклонения могли возникнуть из-за неоптимального ограничения площади данной НГП, в рамках которой были проведены исследования, или более детальной степени изученности этой территории. Однако из-за того, что центральные иерархические уровни кластера этой НГП вполне согласуются с общими данными по всем изученным провинциям, можно утверждать о наличии этой универсальной закономерности. Такая закономерность наглядно подтверждается и равенством количественных характеристик фрактальной размерности кластеров по всем трем НГП (см. рис.4).

Теперь о генетической версии происхождения выявленных структур. Если о реальности самих структур можно судить, используя в качестве доказательной базы выявленные факты и подтверждающие их расчеты, то генетические аспекты происхождения этих структур, как и многих других в геологии, однозначно доказать невозможно. Поэтому предлагается одна из вероятных генетических версий.

Начнем с того, что выявленные диссипативные структуры представляют собой, скорее всего, одноэтапные по времени формирования, причинно связанные с событиями, происходящими в условиях критически неустойчивой геологической среды. Такие состояния характеризуются ускоренными режимами всех возникающих при этом геологических процессов или *иерархически структурированным ускорением темпа хода внутрисистемного времени*, существующего на фоне абсолютного времени и иерархически связанного с общепланетарным системным временем. Оно адекватно структурировано с пространством неустойчивого состояния планеты в целом. Поясним это в ходе небольшого

анализа последней версии Международной геохронологической шкалы за последний временной период в 252,17 млн лет в масштабе абсолютного времени [10].

Как известно, в основу шкалы принята постепенно раскручивающаяся от прошлого к будущему спираль в масштабе абсолютного времени, что объективно отображает общий режим расширения планеты и ускорения темпа хода собственного планетарного (внутри-системного) времени. Если принять во внимание последовательные отношения нижних границ периодов и эпох в абсолютном времени и выразить их в виде графика, то можно получить информацию о вероятной динамике ускорения темпа хода времени в масштабе планеты за рассматриваемый временной отрезок 252,17 млн лет (рис.5).

Из полученного графика следует, что на фоне общего нелинейного тренда увеличения темпа хода времени (коэффициент увеличения в пределах 1,25-4,3) четко проявляется периодичность последовательно возрастающих одиночных его всплесков. Один из них характерен для верхнемелового периода и начала палеоценовой эпохи ($K=2,2$), а второй, более мощный ($K=4,3$), – для эпохи плиоцена. Второй всплеск был почти в два раза интенсивнее по сравнению с первым, и, вероятнее всего, именно с ним следует связывать энергетически нестабильное состояние планеты, а также критическую неустойчивость отдельных ее областей, которая, в частности, и привела к формированию нефтяных и газовых месторождений и самих НГП.

С увеличением скорости опускания территорий связывали происхождение месторождений углеводородов Е.В. Артюшков и М.А.Беэр [11]. На примере нефтегазовых провинций Западно-Сибирской плиты и Русской платформы они показали, что формирование скоплений углеводородов связано с этапами аномально скоростных погружений территорий. Такой режим динамических процессов они объясняют влиянием плюмтектоники.

В ходе наших исследований палеотектонических условий Сирийской территории Аравийского полуострова также были зафиксированы всплески ускорения погружения территории в верхнемеловое время (относительно слабый) и в плиоцене (сильный) [3]. Вполне возможно, что наблюдаемые современные неотектонические процессы, в том числе и на территориях известных НГП, являются продолжением повышенной активности в областях неустойчивого состояния земной коры [12].

Все вышесказанное отражает наше видение причинной обусловленности развития диссипативных структур. Но теперь возникают вопросы о том, как функционирует крити-

чески неравновесная среда и почему возникают именно фрактальные структуры с явными признаками универсальности.

Ответ на первый вопрос наиболее реально представлен в работе Г.А. Беленицкой [13]. На примере нефтегазоносного бассейна в пределах Мексиканской впадины (акватория Мексиканского залива) показан, как нам представляется, достаточно близкий к истинному режим современного развития (а, точнее, саморазвития) части геологической среды, находящейся в критически неустойчивом состоянии. Характерной особенностью режима является то, что в движении одновременно находится вся среда, т.е. все ее компоненты (свободный газ, газово-жидкий углеводородный флюид, подземные минерализованные воды и солевые рассолы, насыщенные газовыми и газово-жидкими флюидами, пластично-текущие породные массы и др.). За счет их кооперативного энергетического взаимодействия вся неустойчивая система в целом стремится к состоянию текущего равновесия.

Движение при таком режиме сопровождается различными явлениями разгрузки напряженных состояний. Разные виды очагов разгрузки обычно образуют сочетания – парагенезы, включающие диапиры, вулканы в осадочных породах, восходящие источники газов, нефтей, подземных вод и их смесей. Локализация данных объектов в одних и тех же регионах отражает разномасштабные сгущения – «узлы разгрузки». Мексиканский залив в целом можно рассматривать как «суперузел» разгрузки, в котором широко и масштабно представлены все типы подводных и наземных выходов на поверхность внутриземных систем: и высокодебитные источники, и озера-разливы (рассольные и нефтяные), и поля газогидратов, и вулканические проявления в осадочных породах с грязевыми и уникальными соляными и нефтеасфальтовыми излияниями, и ядра протыкания открытых диапиров. Внутри же этого суперузла прослеживаются многочисленные более локальные сгущения – узлы разгрузки меньших масштабов [13, стр. 201].

Как следует из [13], компоненты среды четко следуют принципу синергизма (кооперативного поведения). И в итоге неустойчивая среда формирует диссипативную структуру, хотя автор [13] прямо об этом не говорит. При исследовании рассмотренных выше НГП мы фиксируем признаки таких же разномасштабных узлов разгрузки, в которых кооперируются между собой локальные поднятия и погружения, разрывная тектоника, залежи углеводородов и их скопления, изменчивость коллекторских свойств пород и покрышек и др. Все они формируются в одно время и образуют самостоятельные подсистемы в виде иерархически упорядоченных структур, подобных углеводородным кластерам. Ча-

стично такие структуры просматриваются на представленных схематизированных картах (см. рис. 1).

Классическая геология не дает удовлетворительного корректного ответа на вопросы: почему выявленные диссипативные структуры являются фрактальными кластерами и почему они стремятся к универсальности. Если рассматривать их с точки зрения синергетической концепции, то здесь существуют, по крайней мере, две альтернативные интерпретации данного феномена.

Первая основана на идеях «теории протекания» («percolation theory»), основателями которой являются английские ученые: физик и химик S.R. Broadbent и математик J.M. Hammersley. Основы этой теории популярно изложены в работе А.Л. Эфроса [14]. Согласно этой теории мерой порядка вблизи критического порога протекания (или критического состояния системы) является бесконечный кластер, геометрическую основу которого составляет решетка Бете как решетка с бесконечным числом измерений, имеющая многоуровневую бесконечно расщепляющуюся конструкцию с элементами самоподобия. Основываясь на этом, авторы данной интерпретации происхождения диссипативных структур П.М. Горяинов и Г.Ю. Иванюк ввели понятие «перколяционный кластер» и связали его формирование с течением вещества на относительно локальных, а энергии – на более региональных масштабных уровнях в условиях критической неустойчивости геологической среды [15]. Это – основополагающий механизм упорядоченного структурирования в условиях самоорганизации в предлагаемой этими авторами доктрине. Безусловно, данный вариант интерпретации прогрессивен, обладает своей логикой и во многом согласуется с фактами, открытыми авторами в процессе своих исследований. Однако он не объясняет установленную нами тенденцию выявленных структур к универсальности.

Второй вариант – наша интерпретация феномена фрактальности диссипативных структур на основе соблюдения, как мы полагаем, главного условия, при котором могут возникнуть открытые нами диссипативные структуры. Первый вариант интерпретации не учитывает данное условие, суть которого состоит в том, что неустойчивость геологической системы – это плотностная или гравитационная неустойчивость структурно-вещественных комплексов геологической среды. Она нейтрализуется процессами гравитационного расширения, или разуплотнения (и связанного с ним выделения свободной энергии), и синхронными с ними процессами гравитационного сжатия (и связанным с ним

переходом выделившейся свободной энергии в новую потенциальную форму структурно-вещественных комплексов в виде рождения диссипативных структур).

Данный вариант интерпретации основан на модели формирования астрофизических объектов в условиях гравитационной неустойчивости космического пространства Вселенной. Эта модель была разработана Е.М. Лившицем еще в 1946 г., она популярно изложена в работе Л.Э. Гуревича и А.Д. Чернина [16]. основополагающим механизмом упорядоченного структурирования в данном варианте интерпретации следует считать явление «каскадной фрагментации» в условиях гравитационной неустойчивости среды. Применительно к геологической среде оно подробно рассмотрено в нашей работе [17]. Сам механизм этого явления хорошо согласуется с нашей концептуальной позицией относительно нелинейного и скачкообразного ускорения темпа хода внутрисистемного времени в условиях, адекватных всеобщему расширению планеты, а также он объясняет все ключевые свойства выявленных диссипативных структур, включая и их универсальность. Последнее связано со скоростным режимом «каскадной фрагментации» и существованием соответствующих этим скоростям критических размеров неустойчивого пространства, в котором это явление может произойти.

В нашем случае площади Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской нефтегазоносных провинций (несмотря на некоторые различия в геотектоническом режиме их развития, в период неустойчивого состояния в плейстоцене) близки по размерам и, если эти размеры считать критическими, то, скоростной режим и вся энергетика структурообразования относительно масштабов внутрисистемного времени на этих территориях были схожими. Получается, что именно эти факторы управляли процессами структурообразования, что и объясняет универсальный характер фрактальных кластеров, контролирующих размещение залежей и месторождений углеводородов в этих провинциях. Что касается Амударьинской НГП, то размер ее площади оказался несопоставимым с размерами Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской провинций и, возможно, искусственно усечен. Поэтому и возникли соответствующие отклонения.

Научную и практическую значимость полученных результатов можно прокомментировать следующим образом.

В научном плане проведенные нами исследования демонстрируют попытку изучить проблему геологии и генезиса месторождений углеводородов несколько с иной позиций и увидеть то, что ранее не попадало в поле зрения исследователей. Полученные ре-

зультаты, с одной стороны, показывают новые закономерности геологического строения нефтегазоносных провинций (фрактальность, синергизм и т.п.), а с другой, – определяют необходимость уточнения существующих представлений по ключевым проблемам, в частности генезиса месторождений углеводородов.

В прикладном плане полученные эмпирические результаты (как открытые факты) могут быть использованы в качестве конструктивной основы для более эффективного разномасштабного прогнозирования локализации залежей и месторождений углеводородов в условиях их упорядоченной дискретности. Это может быть выполнено на основе использования принципа структурной гомологии, обусловленного феноменом фрактальности структурных каркасов, контролирующих размещение месторождений углеводородов в пространстве.

Выводы

1. В пределах территорий исследованных Амударьинской, Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской нефтегазоносных провинций распределение залежей и месторождений углеводородов обладает универсальной структурной закономерностью. Оно контролируется диссипативными структурами в форме фрактальных кластеров, обладающими всеми ключевыми свойствами, характерными для данного типа структур (структурная и иерархическая упорядоченность, масштабное подобие разноуровневых элементов, нелинейность, синергизм, ранговая изометрия).
2. Формирование выявленных структур, вероятнее всего, проходило в одно время и было связано с резким (скачкообразным) переходом нашей планеты в эпоху плиоцена в состояние энергетической нестабильности, сопровождавшееся появлением территорий с критическим уровнем неустойчивости, переходящих в режим саморазвития. Именно в подобных условиях могут возникнуть энергетически обусловленные диссипативные структуры, обладающие свойством универсальности.

Статья написана по результатам выполнения научно-исследовательской работы № 1418 в рамках госзадания Министерства образования и науки РФ ГЗ № 2014/53 за 2014 год.

ЛИТЕРАТУРА

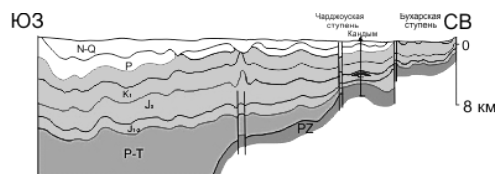
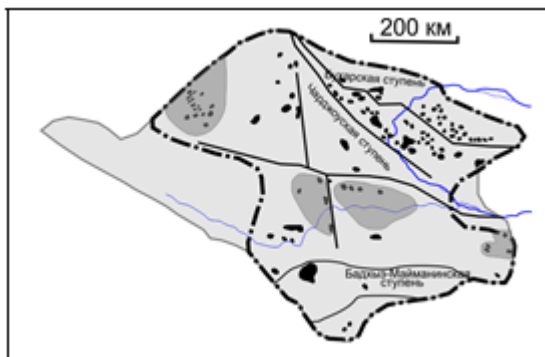
1. *Корнаков В.В.* Исследование закономерностей структурной организации золотого и уранового оруденения // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН «Геология, поиски и разведка рудных месторождений». Иркутск, 2010. Вып. 37. С.193-203.
2. *Филонюк В.А., Корнаков В.В.* Фрактальные кластеры в геологических системах и гипотеза о процессах многоуровневого структурообразования в геологической среде // Известия Сибирского отд. Секции наук о Земле РАЕН «Геология, поиски и разведка рудных месторождений». 2011. Вып. 39.. С. 232-248.
3. *Филонюк В.А., Муса Кхалаф.* Мегакластерные углеводородные системы в геологической среде и их вероятная природа // Вестник ИрГТУ. 2002. № 12. С. 24-31.
4. *Филонюк В.А.* Структурные признаки саморазвития рудогенных процессов во времени и пространстве // Докл. АН СССР. 1984. Т. 275, № 2. С. 442-445.
5. *Бурштар М.С., Львов М.С.* География и геология нефти и газа СССР и зарубежных стран // Справочная книга. М.: Недра, 1979. 369 с.
6. *Дмитриевский А.Н., Володин И.А., Шипов Г.И.* Энергоструктура Земли и геодинамика. М.: Наука, 1993. 154 с.
7. *Козырев Н.А.* Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. Пулковое: Главная астрономическая обсерватория РАН, 1958.
8. *Косыгин Ю.А.* Тектоника. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: Недра, 1983. 536 с.
9. *Фейгенбаум М.* Универсальное поведение в нелинейных системах // Успехи физических наук, 1983. № 4. С. 343-374.
10. *Международная стратиграфическая шкала* (версия на январь 2014г.) // Международная комиссия по стратиграфии. – Режим доступа: www.vsegei.com/ru/info/stratigrafic.scale/str-scale2-preview.jpg
11. *Артюшков Е.В., Беэр М.А.* О механизме образования нефтегазоносных бассейнов Западно-Сибирской плиты и Русской платформы // Геология и геофизика. 1987. № 11. С. 25-36.
12. *Аржанникова А.В.* Тектонические деформации в рыхлых отложениях юга иркутского амфитеатра (юг Сибирской платформы. Иркутск: .Институт земной

коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН). – Режим доступа: arzhan@crustr.irk.ru

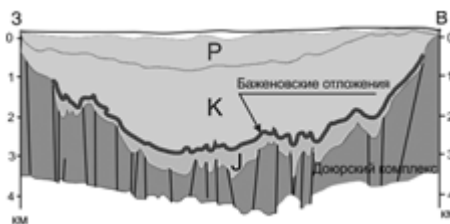
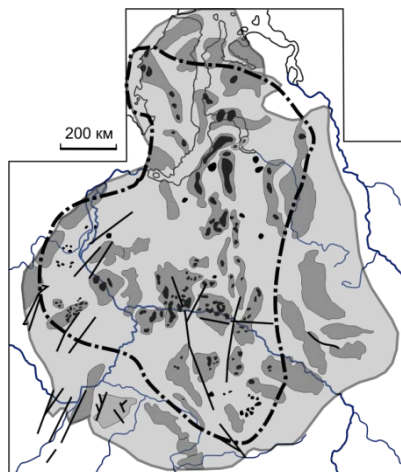
13. *Беленицкая Г.А.* Природные соляно-нафтидные узлы – глобальные центры надежд и угроз (на примере бассейна Мексиканского залива) // *Пространство и Время.* 2012. № 3. С. 193-207.
14. *Эфрос А.Л.* Физика и геометрия беспорядка. М.: Наука, 1982. 260 с.
15. *Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю.* Перколяционные тектонические системы – главный динамический мотив структурирования литосферы // *Теория диссипативных структур в геологическом анализе: Материалы IV Всероссийской конференции по геологической синергетике.* Апатиты, 1998. С. 35-40.
16. *Гуревич Л.Э., Чернин А.Д.* Происхождение галактики и звезд. М.: Наука, 1983. 193 с.
17. *Филонюк В.А.* Исследование причинной динамики синергетического развития рудогенных процессов // *Рудная синергетика: Труды ЦНИГРИ.* (Центральный научно-исследовательский геолого-разведочный институт). М. 1990. Вып. 244. С. 88-100.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Амударьинская НГП



Западно-Сибирская НГП



Восточно-Сибирская НГП

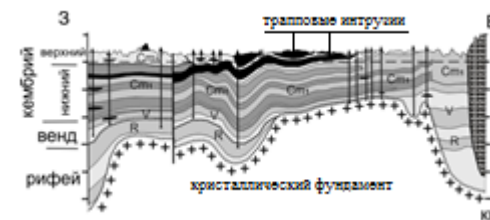
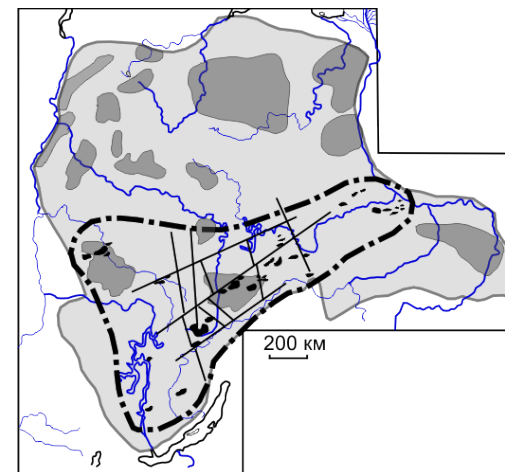


Рис.1. Схематизированные геолого-структурные карты с распределением месторождений углеводородов и модельные разрезы, отображающие глубинное строение территорий исследованных нефтегазоносных провинций

Условные обозначения к схематизированным геолого-структурным картам НГП:

- 1 – территории НГП в современных границах; 2 - поднятия; 3 – месторождения углеводородов; 4 – тектонические нарушения; 5 – границы участков территорий НГП, по которым были проведены исследования закономерностей распределения месторождений углеводородов и их скоплений

Таблица 1.

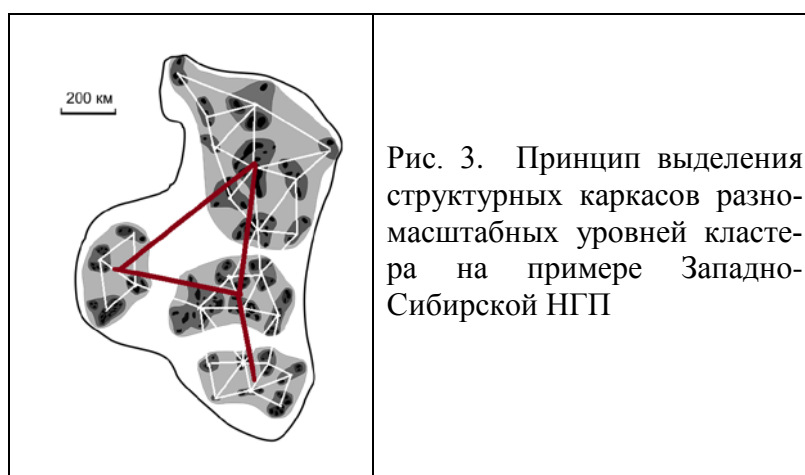
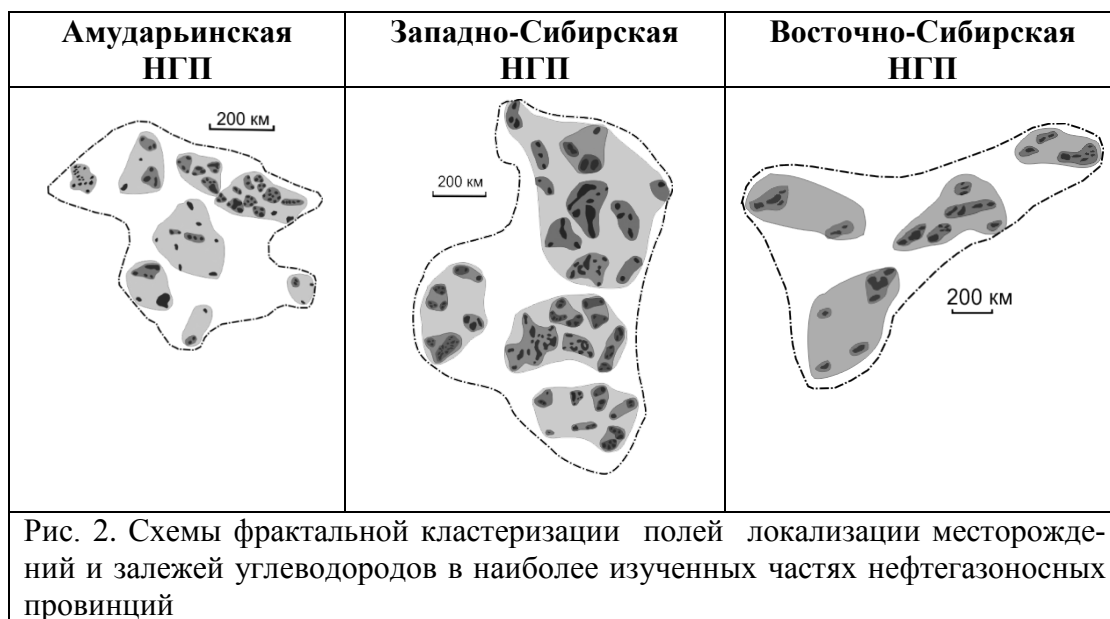
Обобщенная геологическая характеристика нефтегазоносных провинций [4 и др.]

| Геологические характеристики | Нефтегазоносные провинции | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Амударьинская | Западно-Сибирская | Восточно-Сибирская |
| Общая структурно-геологическая позиция провинции | Юго-восточная часть Туранской плиты и Предкопетдагский краевой прогиб, Туранская, Амударьинская впадины. Ступени: чарджоуская, бухарская | Нефтегазоносная провинция локализована в пределах Западно-Сибирской плиты с палеозойско-среднетриасовым фундаментом и среднетриасово-кайнозойским платформенным чехлом. Раннетриасовый рифтогенез положил начало общему прогибанию северных и центральных районов Западной Сибири и формированию Западно-Сибирского седиментационного бассейна, включающего Западно-Сибирскую, Средне-Обскую синеклизы, и образованию крупных сводов: Сургутского и Нижневартовского | В пределах западной и центральной частей платформы находится Среднесибирская плита, где фундамент расположен на глубинах 1,5- 8 км. Наиболее опущенные участки поверхности фундамента приурочены к западным (Тунгусская синеклиза, Тасеевская впадина) и восточным (Виллойская синеклиза) районам плиты. В разрезе платформенного чехла выделяется два комплекса: доплитный (раннерифейский и плитный (среднерифейский-фанерозойский), к которым приурочены основные нефтегазоносные комплексы |
| Открыто месторождений | Выявлено свыше 130 месторождений | Открыто свыше 849 месторождений (5041 залежей) | Открыто более 60 месторождений |
| Структурная позиция месторождений и их скопления | Все месторождения и их скопления сосредоточены в пределах Амударьинской <u>синеклизы</u> , характерно ее ступенчатое строение. В пределах ее восточного борта выделены Бухарская и Чарджоуская ступени и Багаджинско-Малайский выступ, западного — Беурдешикская ступень и Кирпичлинский выступ. В центре – Учаджинский свод и | В платформенном чехле выделяется ряд крупных геоструктурных элементов: антеклиз, синеклиз, зон поднятий, сводов, валов, впадин и прогибов. Наиболее погруженная часть платформы - Средне-Обская синеклиза субмеридионального простирания на расстояние 900-1000 км при ширине 350 км. В ее пределах выделяются два крупных свода: Сургутский и Нижневартовский. Они разделены неглубоким и узким Ярсомовским прогибом. Сургутский свод имеет размеры 325x125 км. Амплитуда свода по отношению | На территории платформы выделяются три нефтегазоносные провинции: самая крупная - Лено-Тунгусская, которая в структурном плане совпадает с Лено-Тунгусской и Виллойской синеклизами, расположенными на Средне-Сибирской плите Сибирской платформы, включающей всю ее площадь, за исключением Анабарского и Алданского щитов. Тектонически Лено-Тунгусская провинция занимает большую часть платформы и включает 13 нефтегазоносных областей, крупнейшие из которых Байкитская и Непско-Ботуобинская, приуро- |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ряд тектонических ступеней, впадин, прогибов, осложненных более чем 650 локальными поднятиями (от 2х4 км до 35х25 км, амплитуда от десятков м до сотен метров). Месторождения газа в основном приурочены к Центрально-Каракумскому своду, где контролируются куполовидным поднятием, осложненным небольшими антиклинальными складками | к депрессионным участкам 350 м. Размеры Нижневартовского свода 230 х 200 км, амплитуда 300—450 м. Своды осложнены валами, состоящими из многочисленных локальных складок, к которым приурочены все известные нефтяные месторождения | ченные к одноименным антеклизам, осложненным множеством сводов и поднятий, разбитых сложной системой разломов разных рангов, размеров и ориентации |
| Разломная и галокинетическая тектоника | Выявлены региональные разломы фундамента, разграничивающие пликативные тектонические элементы осадочного чехла. К ним приурочены Вост.-Унгузская зона поднятий, образованная цепью линейных приразломных валов. Амплитуды нарушений по фундаменту измеряются сотнями, в осадочном чехле – десятками, реже – сотнями метров. Известны галокинетические структуры: соляные диапиры, криптодиапиры, соляные антиклинали. | Установлены крупные (региональные) разломы. Большинство из них ориентированы в северо-западном и северо-восточном направлениях, встречаются разломы и субширотного простирания. В фундаменте региональные разломы создают зоны дробления, которые отражаются в осадочном чехле цепочками локальных поднятий. Большинство крупных разломов Западно-Сибирской плиты заложилось уже на геосинклинальном этапе развития региона, и в период формирования осадочного чехла они проявлялись конседиментационно и практически постоянно. | Имеется целый ряд разрывных нарушений на поверхности фундамента и в осадочном чехле. Часть из них прослеживается только в подсолевой и солевой частях разреза, часть затрагивает весь разрез. Нарушения образуют сложную систему зон северо-западного, северо-восточного, субширотного и субмеридионального простирания. Наиболее высокими амплитудами смещения характеризуются Могинско-Ленской разлом, Верхнечонско-Талаканский и Усольский грабены. Лишь некоторые из малоамплитудных разрывных нарушений являются нефтегазоконтролирующими. |
| Возраст и мощность осадочного чехла, в котором локализованы ме- | Продуктивные отложения юры и мела находятся на глубине 0,2-4 км. Продуктивные отложения палеогена и не- | Промышленные залежи обнаружены в широком стратиграфическом диапазоне от зоны дезинтеграции пород палеозоя до сеномана включительно. Глубина залегания продук- | Платформенный чехол представлен 4 крупными комплексами терригенных, карбонатных и карбонатно-галогенных отложений: рифейским, венд-нижнепалеозойским, верхнепалеозойско- |

| | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| сторождения УВ | гена имеют мощность до 2200 м | тивных пластов от 600 до 4000 м. Общая толщина нефтегазоносных отложений более 3000 м., а суммарная мощность продуктивных отложений юры, мела, палеогена колеблется от 2-4 до 10-15 км. | триасовым и мезозойско-кайнозойским. Мощность чехла на наиболее погруженных участках достигает 9 км. |
| Типы ловушек | Ловушки преимущественно структурного, реже – структурно-литологического и литологического типов | | |
| Типы залежей | Залежи пластовые сводовые, массивные, иногда тектонически, литологически и стратиграфически экранированные, залежи структурно-литологического типа со стратиграфическим выклиниванием и пластового структурно-литологического типа с тектоническим экранированием и дизъюнктивным разграничением блоков | | |
| Состав коллекторов | Песчаники с прослоями глин и алевролитов. В некоторых месторождениях залежи связаны с рифогенными известняками. | Пески, песчаники, алевролиты | Песчаники, карбонаты. |
| Состав, толщина флюидоупоров | Глины, аргиллиты; 15-20м | | Аргиллиты 12,2 -24.6 м; плотные серые ангидритизированные, иногда засоленные доломиты, толщина 1,0-11 м, галитовые флюидоупоры. |
| Характеристика залежей | | | |
| Состав залежей | Свыше 85% газовые и газоконденсатные, около 15% газонефтяные. | Нефтяные – 69,7%, нефтегазоконденсатные – 13,5%, нефтегазовые – 3,5%, газоконденсатные – 7,1%, газовые – 6,2% | Нефтяные, газонефтяные, газоконденсатные |
| Нефтегазонасыщенная толщина (м) | 1,4 – 26,0 | 1,3 – 16,0 | 1,0 – 17,0 |
| Площадь (км ²) | До 100 | От 0,5x4,25 до 8,1x14 | (25-30) x (65-70) |
| Высота (м) | до 40 | 5 – 35 | 5 – 38 |

| | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Характеристика нефти и газа:</p> | <p>Нефти малосернистые, парафина до 13%, Газы сухие, метановые, N₂ — 0,1-5%, CO₂ — 0,02-4%. Иногда повышенная концентрация H₂S (до 5-6%). Содержание конденсата 10-60 г/м³, плотность нефтей 770-900 кг/м³.</p> | <p>Нефть нафтено-метановая, плотность изменяется в пределах 827–858 кг/м³. Содержание серы от 0,32 до 0,64 %, силикагелевых смол от 4,8 до 11,1 %. Газ содержит 97,5–99 % метана, плотность 813-941 кг/м³, вязкость 3,3 - 67,7 мПа*с.</p> | <p>Нефти легкие сернистые и парафинистые, смолистые, малосмолистые. Свободные газы метановые, обычно жирные, с низким содержанием азота и углекислого газа. Плотность 850 кг/м³; вязкость 30мПа*с</p> |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



| Таблица 2. | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Статистические характеристики углеводородных кластеров нефтегазоносных провинций | | | | | | |
| Статистические параметры кластера, км | Иерархические уровни фрактального кластера | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI |
| Амударьинская НГП | | | | | | |
| Число замеров, n | 13 | 12 | 26 | 10 | 8 | |
| Среднее значение длины ребра, R | 10 | 24 | 59 | 160 | 355 | |
| Среднеквадратическое откл. , σ | 2 | 6 | 10 | 47 | 67 | |
| Утроенное значение $\sigma\sigma\sigma$ | 6 | 18 | 30 | 161 | 201 | |
| Коэффициент масштабного подобия | 2,4 | 2,5 | 2,7 | 2,2 | | |
| Западно-Сибирская НГП | | | | | | |
| Число замеров, n | 25 | 5 | 14 | 26 | 7 | 4 |
| Среднее значение длины ребра, R | 12 | 30 | 61 | 156 | 256 | 500 |
| Среднеквадратическое откл. , σ | 3 | 4 | 16 | 25 | 32 | 125 |
| Утроенное значение $\sigma\sigma\sigma$ | 9 | 12 | 48 | 75 | 66 | 375 |
| Коэффициент масштабного подобия | 2,5 | 2 | 2,6 | 1,6 | 2 | |
| Восточно-Сибирская НГП | | | | | | |
| Число замеров, n | | 10 | 16 | 3 | 9 | 4 |
| Среднее значение длины ребра, R | | 33 | 64 | 140 | 268 | 620 |
| Среднеквадратическое откл. , σ | | 5 | 15 | 20 | 41 | 63 |
| Утроенное значение $\sigma\sigma\sigma$ | | 15 | 45 | 60 | 123 | 189 |
| Коэффициент масштабного подобия | | 1,9 | 2,2 | 1,9 | 2,3 | |
| Средние значения по трем провинциям | | | | | | |
| Число замеров, n | 38 | 27 | 58 | 40 | 24 | 8 |
| Среднее значение длины ребра, R | 12 | 29 | 61 | 156 | 293 | 560 |
| Среднеквадратическое откл. , σ | 3 | 7 | 13 | 31 | 65 | 112 |
| Утроенное значение $\sigma\sigma\sigma$ | 9 | 21 | 39 | 93 | 195 | 336 |
| Коэффициент масштабного подобия | 2,4 | 2,1 | 2,6 | 1,9 | 1,9 | |

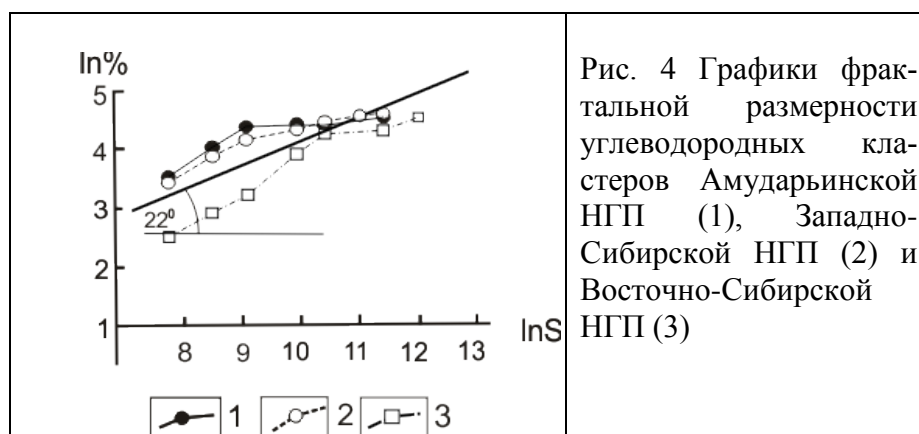


Таблица 3

Результаты проверки гипотезы о равенстве средних размеров ребер структурных каркасов фрактальных кластеров изученных НГП с использованием критерия Стьюдента (t-критерия)

| Варианты сравнения данных | | Иерархические уровни фрактальных кластеров | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|--------------------------------------------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|----|
| | | I | | | II | | | III | | | IV | | | V | | | VI | | |
| | | t расч | t табл | К | t расч | t табл | К | t расч | t табл | К | t расч | t табл | К | t расч | t табл | К | t расч | t табл | К |
| Амударьинская НГП | Западно-Сиб. НГП | 2,39 | 2,03 | 36 | 2,30 | 2,13 | 15 | 0,47 | 2,02 | 38 | 0,12 | 2,02 | 34 | | | | | | |
| | Восточно-Сиб. НГП | | | | 3,66 | 2,09 | 20 | 1,15 | 2,03 | 40 | 0,98 | 2,2 | 11 | 2,99 | 2,13 | 15 | | | |
| | по трем НГП | 2,66 | 2 | 49 | 2,22 | 2,04 | 37 | 0,76 | 1,99 | 82 | 0,25 | 2,01 | 48 | 2,21 | 2,04 | 30 | | | |
| Западно-Сибирская НГП | Восточно-Сиб. НГП | | | | 0,98 | 2,16 | 13 | 0,51 | 2,04 | 28 | 1,23 | 2,05 | 27 | 0,61 | 2,14 | 14 | 0,99 | 2,45 | 6 |
| | по трем НГП | 1,27 | 2 | 61 | 0,43 | 2,04 | 30 | 0,21 | 1,99 | 70 | 0,14 | 2 | 64 | 1,99 | 2,04 | 29 | 0,74 | 2,23 | 10 |
| Вост.-Сиб. НГП | по трем НГП | | | | 1,87 | 2,03 | 35 | 0,72 | 1,99 | 72 | 1,24 | 2,02 | 41 | 1,27 | 2,04 | 31 | 1,08 | 2,23 | 10 |

Примечание: К – число степеней свободы

А

| Эон (эоногема) | Эра (эратема) | Период (система) | Эпоха (отдел) | Начало, лет назад |
|-------------------|------------------|----------------------------------|------------------|----------------------|
| Фанерозой | Кайнозой | Четвертичный (антропогеновый) | Голоцен | 11,7 тыс. |
| | | | Плейстоцен | 2,588 млн |
| | | Неогеновый | Плиоцен | 5,333 млн |
| | | | Миоцен | 23,03 млн |
| | | Палеогеновый | Олигоцен | 33,9 млн |
| | | | Эоцен | 56,0 млн |
| | Мезозой | Меловой | Палеоцен | 66,0 млн |
| | | | Меловой | 145,0 млн |
| | | | Юрский | 201,3 ± 0,2 млн |
| | | | Триасовый | 252,17 ± 0,06 млн |

Б

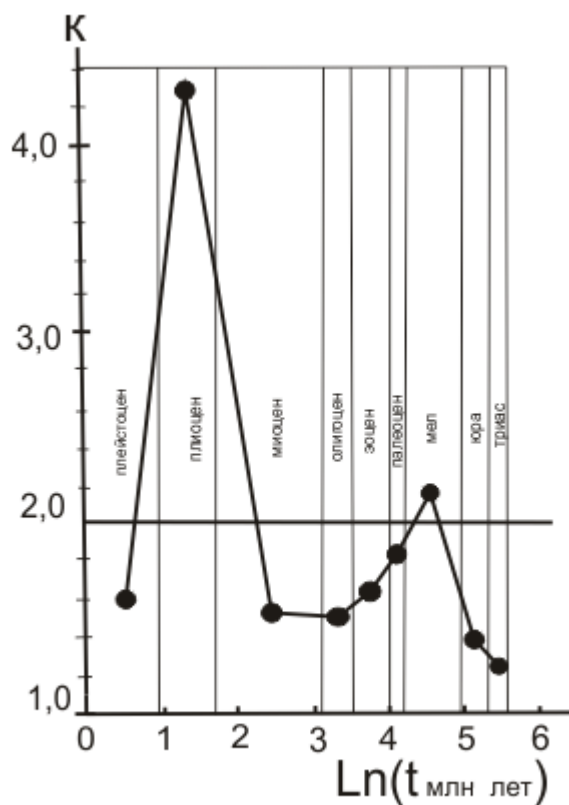


Рис. 5. Фрагмент Международной стратиграфической шкалы в масштабе абсолютного времени (версия на январь 2014 г. [10]) – (А) и вероятная динамика ускорения темпа хода внутрисистемного времени в процессе развития Земли за последние 252,17 млн лет – (Б)
К – коэффициент последовательного увеличения темпа хода внутрисистемного времени