

## СТРУКТУРНЫЕ АРХЕТИПЫ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И Т-УЗЕЛ Н.А. БУЛЬЕНКОВА

© 2023 г. В. И. Кузьмин<sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, Москва 119454, Россия

\*e-mail: vik271935@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.06.2022 г.

После доработки 01.06.2022 г.

Принята к публикации 10.06.2022 г.

Обсуждена взаимосвязь структуры Т-узла Н.А. Бульенкова и кольцевых геологических структур на поверхности Земли, сформировавшихся за всю историю. Позиции атомов в Т-узле Н.А. Бульенкова соответствуют вершинам тел Платона – двум тетраэдрам, икосаэдру и октаэдру (всего 27 позиций включая центральную). Если поместить центральный атом Т-узла Н.А. Бульенкова в центр сферы (геоид) и радиально спроецировать остальные позиции на ее поверхность, то, используя проекции как центры, на поверхности сферы можно восстановить классические кольцевые структуры известные в геологии. Использование Т-узла Н.А. Бульенкова позволило получить не только однозначную иерархическую взаимосвязь между икосаэдрической, октаэдрической и тетраэдрической моделями кольцевых структур Земли, но и определить/подтвердить критические зоны на Земле известные аномальными геологическими структурами и процессами.

*Ключевые слова:* тела Платона, тетраэдр, октаэдр, куб, икосаэдр, додекаэдр, Т-узел

DOI: 10.31857/S0044453723010156, EDN: VCBXQD

### ВВЕДЕНИЕ

Исследованию закономерностей в структуре земной поверхности посвящено большое количество работ, восходящих к античной Греции. Их основой была система правильных выпуклых многогранников (тела Платона – тетраэдр, куб, октаэдр, икосаэдр и додекаэдр), рис. 1. В процессе развития знаний об окружающем мире набор этих структур фигурировал как в мифологической трактовке (построение миров Демиургом/Творцом) [1], так и в естественнонаучных моделях, например, в предложенной И. Кеплером модели строения Солнечной системы [2].

В настоящее время тела Платона, Архимеда, параллелепипеды Е.С. Федорова [3] широко применяются для моделирования строения разнообразных объектов от нанометрового масштаба размеров, например, кластеры, наночастицы, нанокристаллы, на следующем уровне иерархии кристаллы и так вплоть до размеров космического масштаба – планеты, звезды, Вселенная.

Одним из важных научных достижений Н.А. Бульенкова является конструктивное/структурное решение проблемы квазикристаллической самоорганизации материи (квазикристаллы, структуры связанной воды) на основе модульного подхода. Долгое время он исследовал тетракоординированные структуры и обнаружил, что существует

“квазикристаллический” способ заполнения пространства. Это стало возможно с использованием нового для кристаллографии понятия кристаллический модуль, введенного Н.А. Бульенковым [4]. Используя модульные представления о самоорганизации материи в конденсированном состоянии, он построил кристаллические модули для ряда веществ. Для тетракоординированных структур Н.А. Бульенков, например, предложил

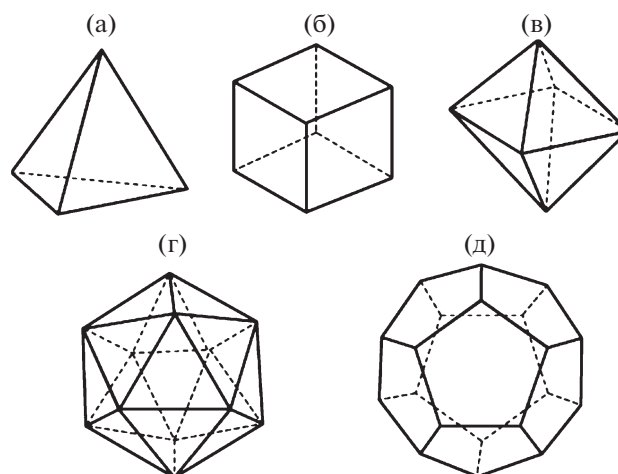
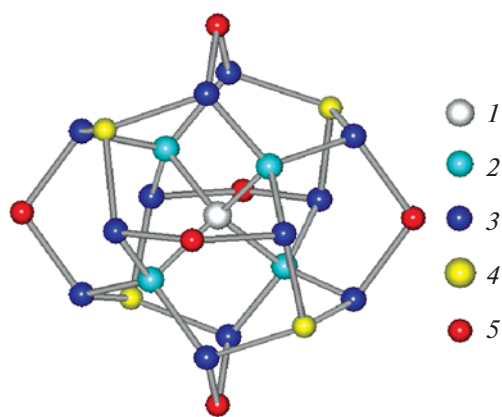


Рис. 1. Тела Платона: тетраэдр (а), куб (б), октаэдр (в); икосаэдр (г), додекаэдр (д).



**Рис. 2.** Т-узел Н.А. Бульenkова. Цифрами обозначены позиции атомов в Т-узле, соответствующие вершинам многогранников: 1 – центральный атом, 2 – маленький тетраэдр, 3 – икосаэдр, 4 – большой тетраэдр, 5 – октаэдр.

кристаллические модули нескольких модификаций льда, однозначно выделяемые в структуре (кубическая и гексагональная модификации льда состоят либо только из “кресел”, либо из “кресел” и “ванн”<sup>1</sup> в определенной пропорции). Осуществляя топологические преобразования кристаллических модулей льдов, он нашел еще одну “ветвь” эволюции систем с тетракоординированными связями, основанную целиком на конформации в виде “твист-ванн” из шести атомов/молекул. Структуры на основе твист-ванн формируют объекты разной “мерности”, оставляя часть пространства незаполненным. Следует отметить, что в нанотехнологии большую роль играют “нульмерные” объекты кластеры/наночастицы. Структурное моделирование объектов большей “мерности” для систем с тетракоординированными связями: стержни (“одномерные”), поверхности (“двухмерные”), фрактал (трехмерные) – одна из заслуг Н.А. Бульenkова [5].

Одной из таких структур, о которой пойдет речь в дальнейшем изложении является Т-узел<sup>2</sup> [6, 7] (рис. 2) или кластер из 27 атомов/молекул. Н.А. Бульenkов обнаружил, что позиции атомов в этом кластере соответствуют вершинам нескольких тел Платона (тетраэдра, октаэдра и икосаэдра). При этом все атомы в Т-узле связаны между своими ближайшими соседями практически не искаженными тетраэдрическими связями с не-

<sup>1</sup> Ванна, кресло и твист-ванна – конформации из шести тетракоординированных молекул (в случае льда это молекулы воды, связанные водородными связями).

<sup>2</sup> В предложенном Н.А. Бульenkовым Т-узле икосаэдр, октаэдр и два тетраэдра выставлены так, что они имеют три общие для всех четырех многогранников двойные оси и четыре тройные оси. При этом атомы в вершинах икосаэдра лежат на его пятерных осях, а атомы в вершинах тетраэдров и октаэдра лежат на обших для всех многогранников тройных и двойных осях соответственно.

большим отклонением от идеального значения тетраэдрического угла 109.47°. В этом случае набор указанных тел Платона формируется из одного центра при правильной системе тетраэдрических связей. Предложено большее количество квазикристаллических структур, основа которых представлена Т-узлом [4, 5].

Статья посвящена изложению структурных иерархических взаимосвязей Т-узла Н.А. Бульenkова с моделями кольцевых структур Земли, обнаруженными на ее поверхности. Будут рассмотрены варианты кольцевых структур, определяемых тетраэдром, октаэдром и икосаэдром как центрами кольцевых покрытий.

## ТЕОРИЯ И МОДЕЛИ

Проблема обнаружения кольцевых структур, широко представленных в природе, давно обсуждается в геологии [8] и привела к созданию нескольких моделей строения поверхности Земли: икосаэдро-додекаэдрической, октаэдро-кубической и тетраэдрической [9]. При этом взаимосвязь между этими моделями не очевидна.

**Кольцевые структуры на поверхности Земли.** Правильная система покрытия сферы кольцевыми структурами представлена телами Платона при использовании их вершин как центров окружностей. Платон так определил регулярную структуру разбиения поверхности Земли: “Та Земля, если взглянуть на нее сверху, похожа на мяч, сшитый из двенадцати кусков кожи и пестро расписанный разными цветами ... лик ее представляется единым и влияние нескончаемо разнообразным” [1]. Из тел Платона только додекаэдр имеет двенадцать граней, центры которых представлены двенадцатью вершинами икосаэдра.

У.Л. Брэгг, один из основателей рентгеноструктурного анализа, рассматривал связь тел Платона со структурой поверхности Земли: “Геометрия снова торжествует. Существование земной коры, из которой возможна жизнь, как видно, есть результат геометрических свойств тетраэдров и октаэдров” [10]. Тела Платона стали основой большого количества представлений о современном облике поверхности Земли [8].

Так, модели тетраэдрической структуры поверхности Земли разрабатывались с XIX века с выделением в рельефе вершин тетраэдра, приходящихся на Южный полюс, Скалистые горы в Северной Америке, Альпы и Гималаи. Одна из четырех осей тетраэдра совпадала при этом с осью вращения Земли [9]. Детальные исследования соответствия реальной структуры Земли “геокристаллическим” моделям (модели многогранников) привели к выводу о том, что кольцевые структуры Земли не описываются лишь одним многогранником (телом Платона) [9].

**Таблица 1.** Сопоставление первых нулей полиномов Лежандра в устойчивой области с половинами полярных углов тел Платона

Полиномы	Углы первых нулей в первой четверти	Половинный полярный угол тел Платона	Относительная погрешность	Тела Платона
$P_1$	$\pi/2 = 90^\circ$	$\pi/2 = 90^\circ$	0%	Октаэдр
$P_2$	$54.736^\circ$	$54.736^\circ$	0%	Тетраэдр
$P_3$	$39.23^\circ$	$35.3^\circ$	11%	Куб
$P_4$	$30.56^\circ$	$31.7^\circ$	3.6%	Икосаэдр

Очевидны экстремальные свойства таких покрытий, которые характеризуют последовательность кольцевых структур одного радиуса, занимающих максимальную поверхность при фиксированном их количестве. Фактически проблема сводится к решению задач о расстановке точек на сфере, образующих правильную структуру, основу которой составляет равная удаленность их друг от друга. Эта задача решена в “Началах” Евклида [11] как построение системы вписанных в сферу тел Платона (тетраэдра, куба, октаэдра, икосаэдра и додекаэдра). Отметим, что в связи с тем, что сферические треугольники в структуре покрытий имеют минимальное число сторон, можно ожидать повышенного ранга их значимости как геофизических аномалий по сравнению с другими типами покрытий.

Наиболее перспективным математическим аппаратом, описывающим формирование кольцевых структур на поверхности сферы (геоида) является аппарат специальных функций математической физики, в частности, сферические функции Лежандра [12]. При решении классической задачи деформации устойчивых сферических оболочек в [13] определена система устойчивых нулей полиномов Лежандра. Поверхность сферы корнями полиномов Лежандра разделяется по широте на зоны, в которых эти полиномы сохраняют знак. Показано (Приложение 1), что система устойчивых нулей полиномов Лежандра с хорошей точностью (Приложение 1, Таблица 1) соответствует половинным полярным углам тел Платона<sup>3</sup>. Следует отметить, что в случае геоида существенную роль играет гравитационное поле Солнца и планет Солнечной системы, которое определяет, в частности, ориентацию оси вращения, приливные явления литосферы и гидросферы Земли. Это может обуславливать конкретный физический механизм формирования регулярных кольцевых покрытий на поверхности сферы, соответствующих телам Платона. При этом оказалось, что взаимная ориентация кольцевых структур поверхности Земли, соответствующих тел Платона (икосаэдр, октаэдр,

тетраэдр) согласована с позициями атомов в Т-узле Н.А. Бульenkова [13].

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

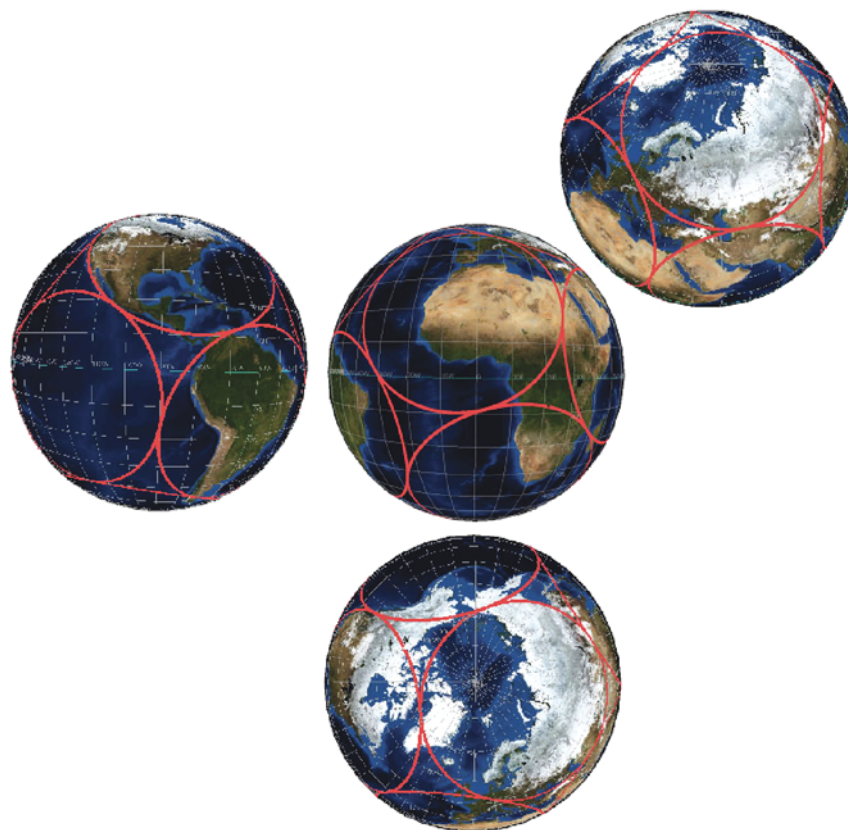
**Икосаэдрическая модель.** Первичная система реализованных в литосфере кольцевых структур представлена контурами западного побережья Северной Америки и Зондской дуги в Юго-Восточной Азии [14]. Кольцевые покрытия с центрами в вершинах икосаэдра составляют половину радиуса описанной сферы [11]. Отметим, что Зондская дуга относится к системе выявленных в геологии гигантских кольцевых структур [14, 15]. При этом центры указанных структур принадлежат к вершинам одного и того же икосаэдра. Это дает возможность определить полную структуру икосаэдрической плоскости покрытия, рис. 3. При этом экваториальная плоскость проходит через Панамский перешеек в Западном полушарии и поляризует положение Северной и Южной Америки, а в Восточном полушарии является огибающей южной оконечности азиатского континента. Таким образом, данная система координат привязана к наклону земного экватора относительно плоскости эклиптики (обращение Земли относительно Солнца).

В этой системе координат оказываются регулярно расположенными двенадцать вершин икосаэдра, являющиеся центрами окружностей, радиус которых равен половине радиуса земного шара.

Промежуткам между окружностями соответствуют бифуркации (турбулентности) в структуре океанических течений. Особая роль принадлежит также точкам, которые маркируются как вершины икосаэдра. В частности, в северной части Тихого океана такой точке соответствует центр образования цунами (район севернее Гавайских островов) [16]. Мировые центры грозовой активности в Экваториальной Африке и Центральной Америке располагаются непосредственно в треугольниках между кругами.

Представленные результаты покрытия поверхности Земли кольцевыми структурами с центрами, расположенными в вершинах икосаэдра, значимо проявлены в геологических структурах. Выявленные Н.И. Вавиловым [17] мировые очаги

<sup>3</sup> Половинный полярный угол — угол между нормалью к грани и радиус-вектором вершины тел Платона.



**Рис. 3.** Икосаэдрическая модель кольцевых структур на поверхности Земли. Показаны четыре проекции “поверхности Земли” с кольцевыми структурами, центры которых соответствуют икосаэдрическим позициям атомов в Т-узле (рис. 2, цифра 3).

культурных растений располагаются в основной части вдоль границ икосаэдрической модели.

Таким образом, икосаэдрическое разбиение отражает структуру геолого-географических и природно-климатических показателей.

В Европе икосаэдрическая кольцевая структура проходит по Кавказскому хребту, Крыму, Карпатам, Центральной Европе, оставляя справа Русскую плиту, а слева от нее – Альпийскую и Герцинскую складчатости. Очевидно, именно это предопределило совпадение указанной границы с границей Римской империи за все время ее существования.

Икосаэдр, наряду с тетраэдром и октаэдром, формирует согласованную структуру, представленную Т-узлом Н.А. Бульenkова [6, 7]. По привязке икосаэдра к земной системе координат можно определить положение вершин октаэдров и тетраэдров как центров кольцевых структур, реализующих правильное покрытие сферы.

**Октаэдрическая модель.** В соответствии с Т-узлом Н.А. Бульenkова, синхронизирующим взаимное расположение тетраэдра, октаэдра и икосаэдра, при представленном выше положении центров окружностей, как вершин икосаэдра, положение вершин октаэдра определяет дискрет-

ный набор вполне определенных кольцевых структур, рис. 4.

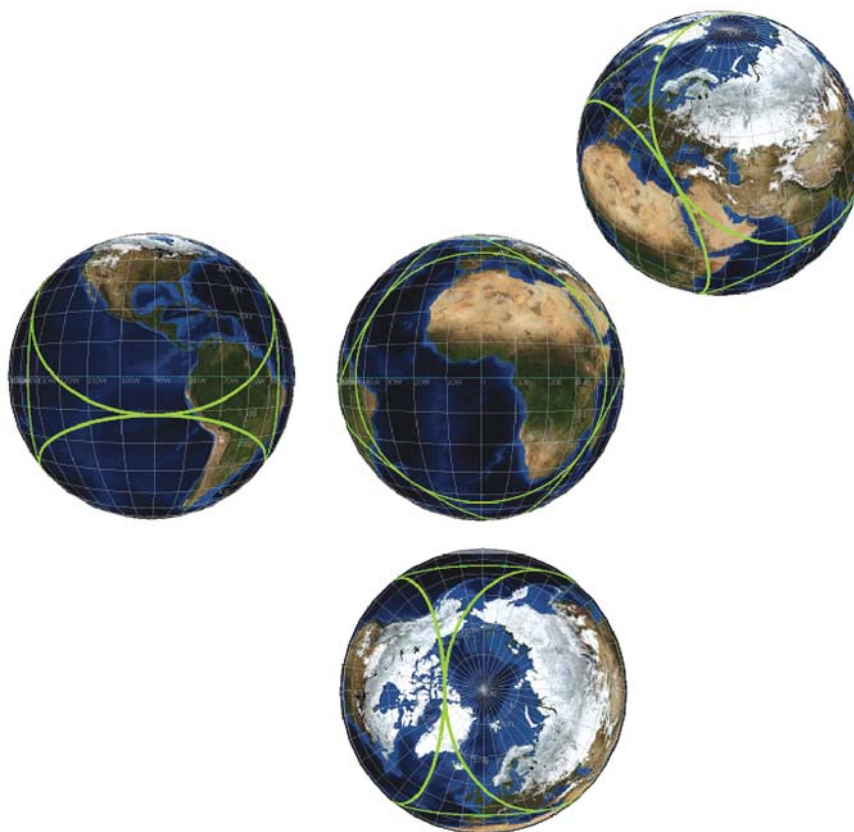
В этом случае, два из этих центров находятся на экваторе и соответствуют нулевому меридиану и оппозиции к нему ( $180^\circ$ ), а еще два располагаются на тропиках Рака ( $B = 23.5^\circ$  с.ш.) и Козерога ( $B = 23.5^\circ$  ю.ш.) и ( $L = 90^\circ$  западной и восточной) долготы, а оставшиеся два располагаются на северном ( $B = 66.5^\circ$  с.ш.) и южном ( $B = 66.5^\circ$  ю.ш.) полярных кругах и ( $L = 90^\circ$  западной и восточной) долготы).

Здесь кольцевые структуры соответствуют Северной Америке, Тихому океану, Африке, основной части Азии, основной части Южной Америки и Антарктиде. При этом особенно примечательно, что граница кольцевой структуры, выделяющая Африку, проходит непосредственно по Красному морю, а также вдоль восточной и юго-восточной части Африки.

Отметим также, что переходные зоны в восточном и австрало-папуасском царстве, так же, как и в северо-западной части Аравийского полуострова, приходятся на треугольники между кольцевыми структурами.

Рассмотренные данные показывают, что октаэдрические кольцевые структуры значительно





**Рис. 4.** Октаэдрическая модель кольцевых структур на поверхности Земли. Показаны четыре проекции “поверхности Земли” с кольцевыми структурами, центры которых соответствуют октаэдрическим позициям атомов в Т-узле (рис. 2, цифра 5).

проявлены в земной коре, например, в характеристиках геомагнитного поля и распределении флористических и фаунистических царств.

**Тетраэдрическая модель.** Расстановка вершин октаэдра и икосаэдра, являющихся центрами для кольцевых структур (в соответствии с Т-узлом Н.А. Бульenkова, рис. 2), определяют положение вершин тетраэдров, являющихся центрами для соответствующих кольцевых покрытий геоида (рис. 5). При этом центры вершин тетраэдра (на рис. 2, цифра 4) приходятся на полуостров Крым, в Тихом океане на тропик Рака и  $132^\circ$  западной долготы, между Австралией и Зондской дугой с координатами  $B = 11^\circ$  ю.ш. и  $L = 123^\circ$ . В этом случае выделяются кольцевые структуры, включающие – Северную Америку и большую часть Тихого океана; вторая – Юго-Восточную Азию, Австралию и Океанию; третья – Европу, Центральную, Южную и Западную Азии и основную часть Африки (исключая ее южную часть) и четвертая – Южную Африку и основную часть Южной Америки (от Амазонки и южнее), а также Антарктиду.

Совокупность моделей типа тетраэдрических, октаэдрической и икосаэдрической, согласованных по расположению центров кольцевых струк-

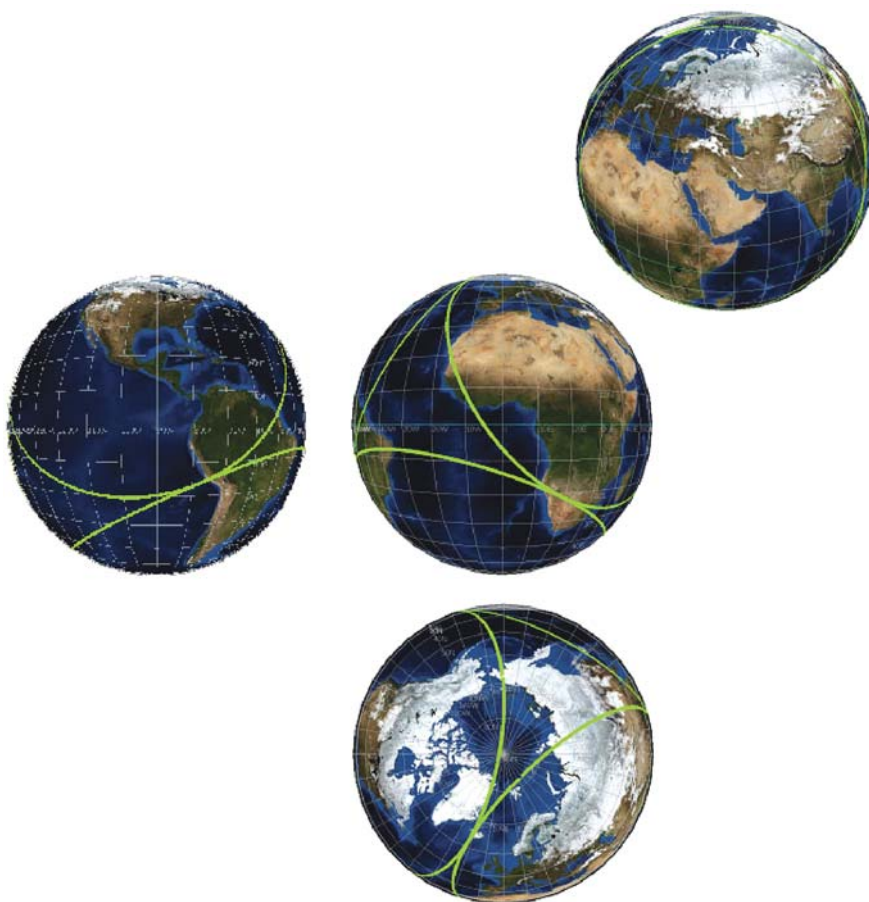
тур в соответствии с Т-узлом Н.А. Бульenkова, определяет систему выявленных к настоящему времени разломов земной коры верхнего ранга значимости.

Очевидно, принадлежность разлома к определенному типу разбиения из указанного набора моделей определяет его индивидуальные специфические свойства, существенно более сильно проявленные в геологических, географических, природно-климатических, флористических и фаунистических характеристиках.

Подводя итоги, следует отметить, что рассматриваемая структура разбиений поверхности земного шара выделяет ряд существенных особенностей геологических структур.

На земной поверхности выявляется иерархия структур, базовые характеристики которых связаны с икосаэдрической моделью, ориентированной по положению Земли относительно Солнца в день зимнего солнцестояния.

Вершины тел Платона, как центры кольцевых покрытий сферы, формируют иерархию кольцевых структур, значимо представленных на поверхности Земли. Кроме того, различные тела Платона формируют при кольцевых покрытиях



**Рис. 5.** Тетраэдрическая модель кольцевых структур на поверхности Земли. Показаны четыре проекции “поверхности Земли” с кольцевыми структурами, центры которых соответствуют тетраэдрическим позициям атомов в Т-узле (рис. 2, большой тетраэдр, цифра 4).

сферические треугольники, в которых проявлены специфические экстремальные физико-географические и физико-химические характеристики [13].

Икосаэдрическая модель выделяет сферические треугольники, в которых наиболее сильно проявлены климатические и гидрологические экстремизмы (например, атмосферное давление, воздушные и океанические течения, тепловые потоки в литосфере и др.) [13].

Октаэдрическая модель выделяет специфику структуры континентов, геомагнитного поля, флористических и фаунистических царств и др. [17].

Тетраэдрическая модель отражает положение границ основных глобальных тепловых зон, а также карту магнитного склонения и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Т-узел, подаренный мне Н.А. Бульенковым, стоял у меня дома, и представленные выше результаты были для меня полной неожиданностью. Однажды я увидел глобус диаметром около

1.5 м, который помещался на трех подшипниках, в результате чего была возможность непосредственно общаться с любой его частью. Я начал его вращать и увидел, что западное побережье Северной Америки представлено идеальной дугой окружности. Тряпка и мел позволили мне соорудить подобие циркуля и нарисовать такую окружность. Продолжая вращать глобус, я увидел дугу такой же окружности в Юго-Восточной Азии. Сфотографировав эти две окружности, я убедился, что они имеют одинаковые радиусы, равные половине радиуса глобуса. Мне было известно, что, по Евклиду, такие радиусы соответствуют икосаэдрическому покрытию сферы. Осталось проверить, принадлежат ли центры рассмотренных окружностей вершинам одного икосаэдра. Оказалось, что принадлежат. Т-узел Н.А. Бульенкова позволил по известному икосаэдрическому покрытию воспроизвести структуру октаэдрического и тетраэдрического покрытий.

И. Кеплер использовал совокупность тел Платона для определения расстояний планет от Солнца. Однако при этом ему не требовалась взаимная пространственная привязка тел Платона

друг к другу. Замечательной особенностью Т-узла является наличие такой привязки. Очевидно, структура Т-узла Н.А. Бульenkова будет выявляться в разных областях естествознания.

Автор выражает благодарность Д.Л. Тытику за творческое обсуждение результатов.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Устойчивые углы полиномов Лежандра и половинные полярные углы тел Платона.** Уравнение Лежандра, имеющее решениями полиномы Лежандра первого рода,  $n$ -й степени, представлено в виде [13]

$$(1 - x^2) \frac{d^2 P_n}{dx^2} - 2x \frac{dP_n}{dx} + n(n+1)P_n = 0.$$

Полином Лежандра  $P_n(\cos \Theta)$  имеет  $n$  корней, в результате чего поверхность сферы разделяется по широте на  $(n+1)$ -зону, в каждый из которых полином Лежандра сохраняет знак.

Исследуем устойчивость уравнения Лежандра вторым методом А.М. Ляпунова [18]. Обозначим  $P_n = y$ . На основе интегрирования крайних членов уравнения Лежандра найдем выражение для функции Ляпунова [18]

$$y' = z,$$

$$z' = -n(n+1)y.$$

Переводя систему в фазовую плоскость

$$\frac{dy}{dz} = -\frac{z}{n(n+1)y},$$

разделяя переменные

$$ydy = -\frac{1}{n(n+1)} z dz$$

и интегрируя,

$$\frac{\xi^2}{2} = \frac{y^2}{2} + \frac{z^2}{2n(n+1)},$$

получим положительно определенную функцию, которая является функцией Ляпунова для уравнения Лежандра.

Ее производная в силу системы

$$\xi \xi' = yy' + zz' / [n(n+1)] =$$

$$= yz - \text{ctg} \Theta z^2 / [n(n+1)] - yz = -\text{ctg} \Theta z^2 / [n(n+1)].$$

Система устойчива по Ляпунову, если производная функции Ляпунова в силу системы отрицательна. Это условие выполняется при  $\text{ctg} \Theta > 0$ , что соответствует положению полярного угла в

первой и третьей четвертях  $0 < \theta < \pi/2$  и  $\pi < \theta < 3\pi/2$ .

В результате первые нули полиномов Лежандра в сопоставлении с половинными полярными углами тел Платона представлены в табл. 1.

Таким образом, из первых четырех устойчивых нулей полиномов Лежандра три соответствуют углам между нормалью к грани и радиусом вектором вершины для тел Платона (октаэдру, тетраэдру и икосаэдру) с точностью, не превышающей 3.6%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платон. Федон. Соч. в четырех томах. Т. 2. М.: Мысль, 1970, 611 с.
2. Белый Ю.А. Иоганн Кеплер, 1571–1630. У истоков современной астрономии. М.: URSS, 2013. 292 с.
3. Шубников А.В., Копцик В.А. Симметрия в науке и искусстве. М.: Наука, 1972. 339 с.
4. Бульenkов Н.А. // Вестн. нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер. Физика тв. тела. 1998. Вып. 1. С. 19.
5. Bulienkov N.A. // Fields Institute Monographs. V. 10. Quasicrystals and Discrete Geometry. J. Patera, Editor. American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 1998. P. 67.
6. Бульenkов Н.А. Кристаллография. 1990. Т. 35. № 1. С. 147.
7. Бульenkов Н.А. Биофизика. 1991. Т. 36. № 2. С. 181.
8. Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И. и др. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность. М.: Наука, 1989. 188 с.
9. Юшкин Н.П., Шафрановский И.И., Якулов К.П. Законы симметрии в минералогии. Л.: Наука, 1987. 297 с.
10. Брегг У.Л. Исследование минерального царства рентгеновскими лучами. Л.: НКТП Главгеоидрогеодезия, 1934. 14 с.
11. Ващенко-Захарченко М.Е. Начала Евклида с пояснительным введением и толкованиями. Киев: изд. Университета Св. Владимира, 1880. 748 с.
12. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. М.: Наука, 1964. 344 с.
13. Кузьмин В.И., Галуша Н.А., Яровой А.Н. Структурные архетипы поверхности Земли. М.: АВН, 2002. 127 с.
14. Ситтер де Л.У. Структурная геология. М.: ИЛ, 1960. 473 с.
15. Уолтхэм Т. Катастрофы: неистовая Земля. Л.: Недра, 1982. 223 с.
16. Степанов В.Н. Мировой океан. Динамика и свойства вод. М.: Знание, 1974. 256 с.
17. Вавилов Н.И. Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука, 1987. 440 с.
18. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. М.-Л.: ГИТТЛ, 1950. 472 с.