

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОКИНЕМАТИКИ

Л.И. Четвериков

Воронежский государственный университет

Посвящается памяти  
моего учителя профессора  
И.И. Шафрановского

*В статье рассматриваются теоретические основы геокинематики – нового научного направления в геологии. Определен методологический фундамент, аналитический аппарат и базовые законы геокинематики. Установлены познавательные возможности и ее место в рамках геологии. В заключении приводится пример геокинематического анализа железомарганцевых конкреций Мирового океана.*

“Кинематика” является разделом механики, в котором изучаются геометрические свойства движения тел без учета массы и природы, действующих на них сил (Советский энциклопедический словарь, 1987).

В отличие от кинематики, “геокинематика” представляет собой отдел “геодинамики”, в котором изучаются геометрические правильности в строении, морфологии и генезисе геологических объектов (ГО), без учета их природы, вещественного состава и размера, а также физико-химической стороны генетических процессов.

Геокинематика является самостоятельным научным направлением, имеющим свою методологию, свой аналитический аппарат и свои законы.

Для выражения геометрических правильностей ГО используются разные способы. В геохимии, геофизике, и при геометризации недр широко применяется метод изолинии, разработанный П.К. Соболевским. Для выражения закономерностей в ориентировке разрывных нарушений, трещиноватости и различных линияментов используется розы-диаграммы. Векторный метод позволяет моделировать геодинамические процессы. В последнее время получило широкое распространение изображение стрелками направления движения геологических масс и массивов, действия тектонических сил. Большую роль при геометрическом моделировании геологических структур играет понятие анизотропии и разработанный метод ее оценки [1-3].

о собственно аналитическим аппаратом геокинематики является аппарат симметрии. Понятие «симметрия» выступает здесь как в виде научной категории, так и, в первую очередь, в качестве метода аналитической характеристики геометрических правильностей и операций с ними. При этом в геокинематике симметрия рассматривается в понимании ее В.И. Вернадским – «Симметрия не есть дедуктивное

отвлеченное представление, как часто думают о симметрии натуралисты, а есть эмпирически выраженное вначале бессознательно... эмпирическое обобщение до известной степени бытовая точка зрения на окружающее, бытовое выражение, обработанной геометрической мыслью геометрических пространственных правильностей эмпирически наблюдаемых в земной природе, в природных телах (и явлениях)» [4, стр. 169].

Подобный взгляд на симметрию в сочетании с несовершенством геометрических правильностей, наблюдаемых у ГО, послужило основанием И.И. Шафрановскому [5] для введения понятия «статической симметрии», при которой большинство элементов морфологии и структуры ГО соответствуют требованиям симметрии, в то время как некоторые из них им не отвечают, а Д.В. Наливкину для введения понятия «криволинейной симметрии» [6] и В.И. Михеевым «гомологии кристаллов» [7].

Но наибольшее значение для практики геокинематики имеют представления о симметрии А.В. Шубникова [8] и в первую очередь разработанный им аппарат симметрии векторов и тензоров.

Наличие геологических правильностей у ГО не может возникнуть само по себе. Элементарная логика подсказывает, что это возможно только как следствие присутствия геометрических правильностей в генезисе данных объектов. В общефилософском плане это положение сформулировал П. Кюри [9] в виде своего знаменитого принципа, получившего название «универсального принципа симметрии П. Кюри [4,8,10], действие которого В.И. Вернадский распространяет на все «земные тела и явления» [4].

Методологической основой геокинематики служат представления П. Кюри о соотношении симметрий причины и следствия [9]. В общем виде данный принцип формулируется следующим образом. Когда некоторые причины производят известное следствие, то элементы симметрии причин должны проявляться в симметрии следствия. Характеристическая симметрия причин, есть максимальная сим-

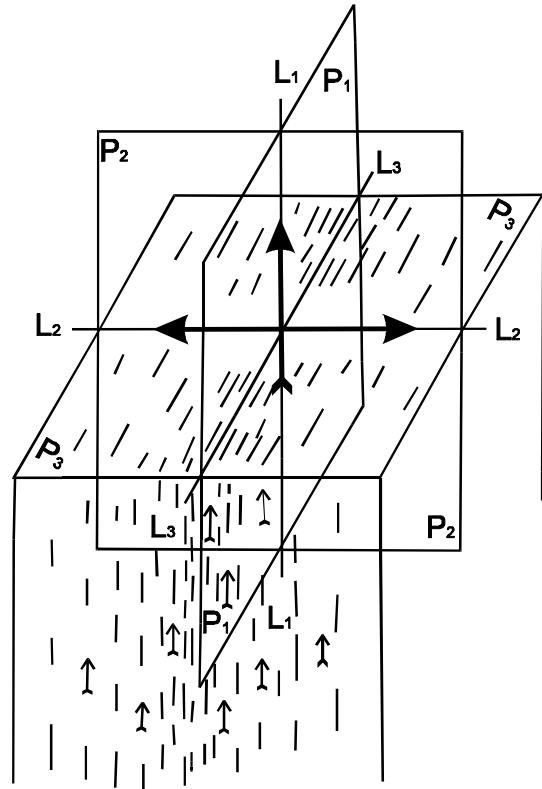
метрия, совместимая с существованием следствия (явления). Явление может существовать в условиях, обладающих характеристической симметрией или симметрией одной из ее подгрупп [9].

В геокинематике универсальный принцип П. Кюри реализуется в виде ниже следующих базовых положений составляющих теоретическую основу геокинематики.

I. Симметрия геометрии генезиса ГО, иначе геометрических правильностей, имеющих место в его генезисе, находит свое выражения в симметрии геометрии ГО, иначе геометрических правильностях, наблюдающихся в его строении и форме. При этом симметрия геометрии ГО может полностью отвечать симметрии геометрии его генезиса или быть ниже ее, то есть в геометрии ГО не могут присутствовать элементы симметрии отсутствующие в геометрии его генезиса. Данное положение по существу является первым основным законом геокинематики.

II. Геометрия генезиса не оказывает влияние на вещественную, материальную природу ГО. Она проявляется исключительно в геометрических правильностях формы и строения ГО, иначе, его геометрии.

III. Если генезис ГО представляет собой систему взаимодействия нескольких генетических факторов, каждый из которых обладает собственной геометрией, со своей симметрией, в геометрии генезиса сохраняются только те элементы симметрии, которые оказываются общими для всех факторов. При этом определяющим оказывается геометрия фактора имеющего наименьшую симметрию. Например, в одном из двух генетических факторов один имел симметрию “кирпичика”, а второй только плоскость симметрии. Во втором случае соответственно сферы и одну плоскость симметрии. В том и другом случае геометрия генезиса оказывалась одинаковой, соответствующая плоскости симметрии, имею-



**Рис. 1.** Геокинематическая схема геометрии системы зоны дробления и проходящего по ней потока вещества.  $L_2, P_1, P_2$  - элементы симметрии геометрии системы.

щейся и у того и у другого генетического фактора.

IV. Генетические факторы разной природы, тем не менее, в геокинематическом плане, могут обладать одинаковой геометрией своего действия. Так действие силы тяжести, направленное движение флюидов и гидротерм, водный поток представляют собой в физико-химическом плане разные явления. В то же время у всех у них имеется общая геометрическая основа – все они имеют геометрию “потока” (по П. Кюри) или “полярного вектора” (по А.В. Шубникову), с симметрией конуса. То же самое имеет место и в отношении геометрии ГО разного вида. Русловая россыпь и гидротермальная жила, тем не менее, имеют одинаковую анизотропию своего строения [1, 11].

V. Генетические факторы одной природы и вещественного состава могут иметь разную геометрию. Аналогично и в отношении ГО. Геологические объекты одной природы и вещественного состава могут существенно отличаться по своей геометрии (внешней форме и анизотропии своего строения). Бокситовые залежи изометрической и линейно вытянутой в плане формы отличаются друг от друга не только по форме, но и по типу анизотропии своего строения; точно так же как и железомарганцевые конкреции, в рассматриваемом ниже примере.

Проиллюстрируем высказанные положения следующим простым геокинематическим примером. На рис. 1 показана вертикальная тектоническая зона дробления в однородном массиве горных пород. Зона имеет симметричное строение, выражающееся

в последовательном уменьшении трещиноватости в обе стороны от середины зоны. В общем случае, учитывая реально возможное наличие неоднородностей в строении зоны по ее падению и простиранию, ее геометрия может быть выражена тремя плоскостями симметрии  $P_1, P_2, P_3$  и тремя осями симметрии второго порядка  $L_1, L_2, L_3$  (рис. 1). Теоретически, в идеальном случае, когда зона имеет исключительно однородное строение, она будет обладать более высокой симметрией “цилиндра” состоящей из: оси симметрии бесконечного порядка, ориентированной по мощности зоны, бесконечного количества плоскостей симметрии, из которых одна ( $P_1$ ) ориентирована по простиранию зоны, и бесконечного количества осей симметрии второго порядка, из которых одна ( $L_1$ ) оказывается ориентированной вертикально. На рис. 1 этот случай симметрии зоны условно показан отрезком горизонтальной прямой, имеющим стрелки на двух концах.

По данной зоне дробления происходит движение вверх потока вещества (флюидов, гидротерм, магмы и т.д.) или просто теплового потока. На рис. 1. это движение показано стрелками. Геометрия направленного движения имеет симметрию “потока” (по П. Кюри) или “конуса” (по А.В. Шубникову), включающую в себя ось симметрии бесконечного порядка, ориентированную по движению потока, и бесконечное количество вертикальных плоскостей симметрии, проходящих через данную ось симметрии. На рис. 1 геометрия подобного потока условно показана крупной стрелкой направленной вверх.

Наложение геометрии потока на геометрию зоны образует геокинематическую систему, геометрия которой описывается двумя вертикальными плоскостями симметрии ( $P_1$  и  $P_2$ ) и одной осью симметрии второго порядка ( $L_1$ ) (рис. 1). Интересно, что подобная симметрия системы оказывается одинаковой в независимости от двух рассмотренных случаев симметрии зоны. Дело в том, что при наложении геометрии потока на геометрию зоны, в том и другом случае, общими элементами симметрии оказываются вертикальная ось симметрии второго порядка ( $L_1$ ), которая совпадает с осью симметрии бесконечного порядка у потока, и две вертикальные плоскости симметрии ( $P_1$  и  $P_2$ ) зоны, которых совпадают с соответствующими плоскостями симметрии у потока. Остальные элементы симметрии зоны и потока как бы “взаимно уничтожают” друг друга, увеличивая тем самым на их количество “диссимметрию”<sup>1</sup> геокинематической системы.

Симметрия системы является “характеристической симметрией” для возникающих в подобных

геокинематических условиях ГО. Его симметрия может или полностью соответствовать характеристической симметрии (более редкий случай) или быть меньше (более частый случай).

Следует также отметить и то, что геометрия данной системы оказывается независимой от вещественного состава массива горных пород и потока вещества, а так же и от масштабов зоны дробления и самого процесса движения. В связи с этим, в рамках рассмотренной геокинематической схемы могут образовываться разные по своей природе и вещественному составу и, тем не менее, все они окажутся близкими по своей геометрии.

Проведенные геокинематические исследования морфологии, строения и генезиса разных геологических объектов позволяют говорить о наличии пяти основных законов составляющих теоретическую базу данного научного направления.

Первый закон геокинематики уже упоминался выше. Он является выражением ее методологической основы. Кратко он может быть сформулирован следующим образом. *Симметрия геометрии генезиса ГО находит свое выражение в симметрии его геометрии.*

Геометрия ГО представляет собой геометрические правильности в совокупности наблюдаемые в его внешней форме и внутреннем строении (структуре). Геометрия генезиса ГО выражает его геометрические правильности и имевшие место в процессе его образования.

Имеющиеся эмпирические данные показывают, что если форма ГО не претерпела изменения последующими дизъюнктивными нарушениями, эрозией и т.д., то существует тесная связь между его формой и анизотропией строения. Во-первых, оси анизотропии ориентируются по трем геометрическим характеристикам формы – длине, ширине и мощности тела. Во-вторых, существует прямая зависимость между анизотропией строения и формой тела. Чем более вытянутую форму имеет тело, тем анизотропнее его строение, т.е.  $A=KB$ , где  $A$  – показатель анизотропии,  $K$  – коэффициент пропорциональности и  $B$  – показатель вытянутости. При этом значение  $K$  практически постоянное для геологических тел одного генезиса и одинаковой геокинематики [1, 3].

Указанная связь между основной первичной формой ГО и анизотропией его внутреннего строения обусловлена геометрией генезиса ГО. Данное положение представляет собой второй закон геокинематики, который можно сформулировать следующим образом – *геометрия генезиса ГО определяет наличие связи между геометрией формы и геометрией строения ГО.*

Проведенные исследования позволяют утверждать, что теоретически все разнообразие характеристических симметрий ГО определяется семью типами предельных групп характеристической симметрии [1, 12], что представляет собой третий закон геокинематики, который можно сформулировать

<sup>1</sup> Термин “диссимметрия” употребляется здесь и далее, в трактовке его П. Кюри, который понимал под ним “набор элементов симметрии отсутствующих у явления” [9]. Сумма присутствующих и отсутствующих элементов симметрии образует теоретически возможную группу максимальной симметрии. Например, шар лишен элементов диссимметрии, а объект, у которого отсутствуют элементы симметрии обладает максимально возможной диссимметрией.

следующим образом. *Все разновидности симметрий возможных геометрий генезиса и строения ГО представляют собой варианты подгрупп семи типов предельных групп характеристической симметрии генезиса ГО.*

Подобное обстоятельство никак не сказывается на существующем разнообразии геометрии ГО. Дело в том, что согласно положению П. Кюри [9] симметрия следствия может соответствовать как в целом характеристической симметрии, так и одной из ее подгрупп.

Несмотря на ограниченное число типов предельных групп характеристической симметрии генезиса ГО она при своей реализации природных условиях дает достаточно большое разнообразие геометрий ГО. Дело в том, что реально в полной мере характеристическая симметрия проявляется в геометрии реального ГО крайне редко, особенно это касается первых пяти типов. Как правило, она наблюдается в геометрии ГО в виде той или иной из своих подгрупп. При этом оказывается, что чем выше характеристическая симметрия, т.е. чем меньше ее диссимметрия, тем реже она проявляется в геологической природе.

Но даже в пределах одного типа характеристической симметрии ее подгруппы реализуются по разному – чем ниже симметрия подгруппы, тем чаще она реализуется у ГО.

Данный факт позволяет утверждать, что и в геологии действует правило П. Кюри о том, что «диссимметрия творит явления» [9]. Данное положение можно рассматривать в качестве четвертого закона геокинематики: *чем ниже симметрия геометрии генезиса ГО, тем чаще он реализуется в реальных условиях.*

Пятый закон носит гносеологический характер, определяя познавательные возможности в геокинематике, не исключено, что и в геологии в целом. Он как следствие вытекает из четвертого и пятого положений геокинематики.

Анализируя следствия, вытекающие из «универсального принципа симметрии П. Кюри», А.В. Шубников впервые обратил внимание на одну особенность, которую ввиду ее значимости правильнее именовать «эффектом А.В. Шубникова». Его он кратко сформулировал в виде следующего примера... «Если нам известна симметрия деформированного кристалла и симметрия деформирующего напряжения, то по этим данным мы не можем решить, какую симметрию имеет кристалл до деформации...» [8, стр. 60], так как близкие формы могут принять после деформирующего напряжения кристаллы разного кристаллографического габитуса.

Применительно к геокинематике данный эффект можно сформулировать следующим образом в виде пятого закона геокинематики: *если ГО является следствием совместного действия двух и более генетических факторов, то знание геометрических правильностей, иначе геометрии (симметрии) ГО и геометрии (симметрии) действия одного из гене-*

*тических факторов не позволяет однозначно судить какой геометрией (симметрией) обладал другой или другие генетические факторы.*

Например, если известно строение тектонической зоны и исходное строение деформируемого комплекса пород, то это еще не позволяет однозначно говорить о кинематике действия тектонических сил. В равной мере невозможно однозначно судить об исходном строении деформируемого комплекса пород по характеру строения тектонической зоны и кинематике тектонических сил. Можно уверенно говорить только о тех вариантах, которые в данных конкретных условиях не могли иметь место [13].

Значение пятого закона этим не ограничивается. Он указывает на реальную возможность появления близкого геометрического облика у ГО разного генезиса и наоборот ощутимо разного у ГО одинакового генезиса, т.е. то чего так не любят признавать – наличия в геологии конвергенции и дивергенции.

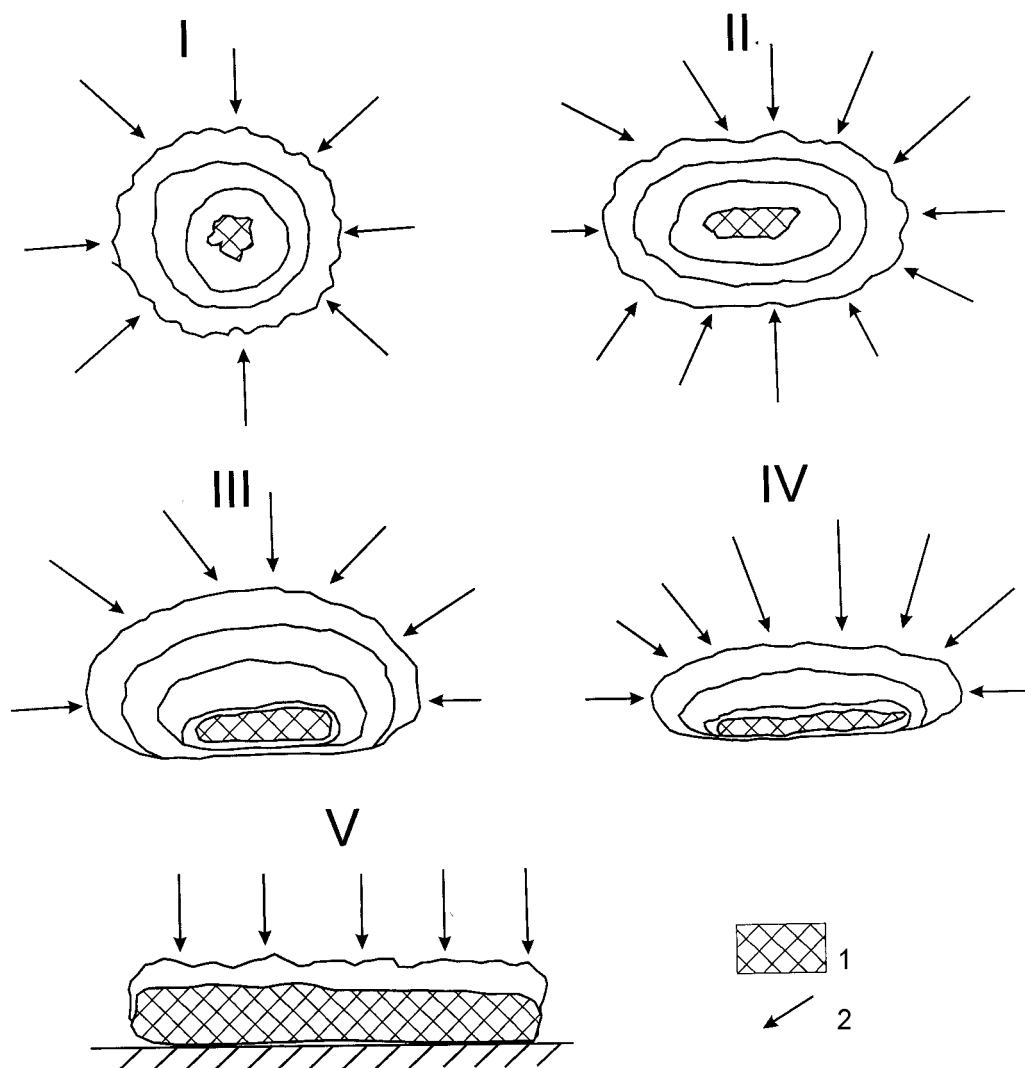
Геокинематика позволяет посмотреть на геологические объекты с новых позиций под совершенно новым углом зрения, что делает возможным обнаруживать геологические закономерности, которые невозможно установить иным путем, «... то есть находить признаки сходства и различия там, где ранее они не были замечены» [8].

Познавательные возможности в геологии данного нового научного направления далеко не исчерпываются изложенным материалом и сделанными на основании его научными выводами.

Оказывается, достаточно произвести несложный геокинематический анализ, чтобы получить новые нетрадиционные данные о ГО и их генезисе [1,12-16]. Для иллюстрации этого положения ограничимся только одним примером, в качестве которого возьмем такие «экзотические» ГО как железомарганцевые конкреции Мирового океана. Для этого воспользуемся фактическим материалом, изложенным в пяти фундаментальных монографиях [17-21], представляющих собой свод по железомарганцевым конкрециям. Единственный вопрос, который оказывается не затронутым при изучении данных ГО, это геометрия механизма процесса образования железомарганцевых конкреций.

Приступая к геокинематическому анализу железомарганцевых конкреций, напомним, что для него не имеет значение ни возраст, ни вещественный (химический или минералогический) состав, ни конкретное местоположение и нахождение конкреций, ни индивидуальные особенности отдельных конкреций. Значение имеет только их типовое строение и форма. В связи с ограниченностью размера статьи рассмотрим только «одноядерные конкреции» наиболее простого строения. Геокинематика «многоядерных конкреций», представляющих собой по сути дела «друзы» одноядерных конкреций имеет свои особенности и заслуживает самостоятельного изучения.





**Рис. 2. Типовые разрезы железомарганцевых конкреций (I, II, III, IV, V – типы конкреций): 1 – ядра конкреций; 2 – направления поступления вещества.**

Строение одноядерных конкреций состоит из ядра и обволакивающей его рудной оболочки. Различия заключаются в форме ядра, его размере, вещественном составе и местоположении внутри конкреции. Рудная оболочка имеет обычно слоистое строение, реже, на глаз, однородное и радиально лучистое строение.

Выделяется большое разнообразие видов конкреций по их размеру, особенностям морфологии и поверхности (гладкая или бугристая), количеству слоев, вещественному составу ядра и оболочки, количеству ядер и т.д. [17-21]. С позиции геокинематики все выделяемые разновидности одноядерных конкреций могут быть объединены в следующие четыре типа.

Первый тип. Для конкреций данного типа характерно наличие маленького ядра (занимающего до 10% от объема конкреции), расположенного в середине конкреции, и концентрически слоистое строение рудной оболочки, равномерно со всех сторон обволакивающее ядро (I, II, рис. 2). Количество слоев в данном случае значение не имеет также как и вид поверхности (гладкая, бугристая) конкреции.

По своей форме конкреции данного типа могут быть разделены на три группы: “шаровидные”, “сфероидальные” и “эллипсоидальные”.

К “шаровидным” относятся конкреции по форме близкие к шару. Для них характерно наличие изометрической формы ядра и оболочка правильного концентрически зонального строения (I, рис. 2).

Реже, макроскопически, рудная оболочка выглядит однородной или радиально лучистой. Как правило, это конкреции малого размера (2-3 см в диаметре), которые благодаря своей бугристой поверхности, получили название “малиновидных” конкреций [5]. В целом, без учета отдельных частных деталей, конкреции данной группы имеют геометрии (морфология и строение) с симметрией шара.

Сфероидальные конкреции отличаются от шаровидных несколько уплощенной, сплюснутой, в плане, округлой формой. Для них характерно наличие ядра имеющего дископодобную, монетообразную форму. В идеальном случае геометрия данной группы конкреций имеет симметрию сфероид - ось симметрии бесконечного порядка и бесконечное

количество плоскостей симметрии, проходящих через эту ось и одну продольную плоскость симметрии. В реальности в связи с неправильной, округлой, в плане, формы конкреций ось бесконечного порядка трансформируется в ось  $n$ -ного порядка и количество плоскостей симметрии уменьшается до  $n+1$  штук.

К “эллипсоидальным” относятся, так называемые, “картофельвидные конкреции”, имеющие, в общем форму слабо вытянутого овалоида (II, рис. 2). В одних случаях конкреции имеют, в поперечном сечении, округлую, в других эллипсоидальную форму. В первом случае ядро у конкреций имеет цилиндрически подобную форму, во втором форму вытянутой таблички. В первом случае, в идеале, геометрия конкреций соответствует симметрии с осью симметрии бесконечного порядка, ориентированной вдоль вытянутости конкреции. Реально это оказывается ось симметрии  $n$ -ного порядка и соответственно уменьшается количество осей второго порядка и плоскостей симметрии. Во втором случае геометрия конкреций имеет в пределе симметрию “кирпичика” (три взаимно перпендикулярных оси симметрии второго порядка и три плоскости симметрии).

Ко второму типу относятся, так называемые “дисковидные конкреции”, которые обладают караваеподобной и лепешковидной формой (III, IV, рис. 2). В отличие от конкреций первого типа для конкреций второго типа отчетливо фиксируется наличие верха и низа. Верхняя поверхность конкреций более выпуклая, шероховатая или бугорчатая. Нижняя, которой конкреции лежат на дне, плоская и ровная. Конкреции отличаются средними и большими размерами, наличием большого плоского ядра, занимающего до 30 % от всего объема конкреции, и асимметричным внутренним строением, которое обусловлено смещением ядра к нижней поверхности конкреции (рис. 2). Причем под ядром наблюдается только один, два тонких слоя [20, 21]. В краевых частях у караваеподобных конкреций часто имеет место как бы наплывание верхней части на нижнюю или своего рода выступ, проходящий по краю конкреции.

Геометрия конкреции определяется формой ядра и его асимметричным расположением. Если плоское ядро в плане округлой формы, то геометрия конкреции имеет, в идеале, симметрию конуса с осью симметрии бесконечного порядка ориентированной перпендикулярно продольной плоскости конкреции. Реально это ось симметрии  $n$ -ного порядка. Конкреция в целом оказывается “караваеподобной” формы. Когда плоское ядро имеет в плане вытянутую форму, конкреция приобретает вид вытянутой лепешки обладающей, в лучшем случае, одной осью симметрии второго порядка и двумя плоскостями симметрии, а в худшем случае, только одной плоскостью симметрии, как, например, у конкреций “сердцевидной” формы, обусловленной ядром, представленным зубом акулы.

Третий тип включает в себя большие по размеру “плитчатые конкреции”. Это плитчатой формы

ядро, покрытое с верхней его стороны “коркой” (слоем или слоями) гидроокислов железа и марганца. На ядро приходится до и более 50 % от подобного образования. Нижняя поверхность практически лишена минерализации (V, рис. 2). Геометрия конкреции целиком определяется формой ядра и может меняться от симметрии конуса, если ядро в плане имеет форму близкую к кругу, до полного отсутствия элементов симметрии, когда оно оказывается весьма правильной формы.

Четвертый тип составляют, по сути дела, не до оформившиеся конкреции неправильной формы с тонкой рудной оболочкой, сквозь которую отчетливо проступают контуры ядра. Геометрия конкреций целиком определяется формой ядра и часто характеризуется отсутствием элементов симметрии. Когда ядром является зуб акулы, конкреция имеет плоскость симметрии.

Подводя итог можно констатировать, что в геометрии конкреций всех типов решающую роль играет форма и расположение ядра, которые определяют одинаковую симметрию у внешней формы и у внутреннего строения конкреции. Исключением из данного правила являются случаи, когда отдельные конкреции второго типа, имеющие вытянутой цилиндрической формы асимметрично расположенное ядро, обволакиваются сверху и с боков настолько мощной рудной оболочкой, что приобретают вид “картофелины”. Данное обстоятельство приводит к тому, что симметрия формы конкреции оказывается выше симметрии ее строения.

Не вызывает сомнения что геометрия механизма образования конкреций определяется двумя факторами: геометрией формы ядра и геометрией, поступления к нему вещества, иначе геометрией “питающей среды” [16].

В случае конкреций первого типа равноостроннее, концентрически зональное и радиально лучистое строение говорит о том, что поступление вещества происходило одинаково со всех сторон (I, II, рис. 2). Другими словами геометрия питающей среды имела симметрию шара [16]. При наличии изометрической шаровидной формы ядра геометрия механизма роста конкреции также имела симметрию шара, что и обусловило шаровидную форму и концентрически зональное строение у конкреций первой группы.

В тех случаях, когда ядро оказывалось иной формы, именно она определяла симметрию геометрии образования конкреции. В результате геометрия механизма образования соответствовала симметрии сфероида, при дисковидной форме ядра; симметрии цилиндра, при цилиндрической форме ядра и симметрии “кирпичика”, при форме ядра в виде вытянутой таблички, что и обусловило все разновидности “сфероидальных” и “эллипсоидальных” конкреций. Геометрия механизма образования конкреций первого типа очевидна. Интересно другое – реализация, геометрия питающей среды шаровидной симметрии возможна только в однородной среде

жидкой или твердой, т.е., если конкреции в момент роста или находились во взвешенном состоянии над грунтом или залежали внутри рыхлого грунта. Во втором случае они оказывались на поверхности дна “промоин” в результате размыва рыхлого грунта течениями [20, 21]. Теоретически возможен и вариант когда в процессе своего образования конкреции перекачивались по твердому дну течениями, что и обуславливало всестороннее поступление к ним вещества. На возможность последнего варианта указывает наличие существенных придонных течений [20, 21] и присутствие в качестве ядра обломков ранее образованных конкреций. Решить, что же в действительности имело место посредством геокинематического анализа невозможно (ввиду наличия эффекта А.В. Шубникова [8]). В равной мере могло быть и первое, и второе и третье.

Строение конкреций второго типа показывает, что в процессе роста, конкреции вещество поступало равномерно сверху и боков (III, IV, рис. 2). Геометрия подобного поступления вещества имеет геометрию полусферы с симметрией конуса [16], ось симметрии которого ориентирована вертикально. В данных условиях поступления вещества возможны два разных симметрии геометрии механизма образования конкреций в зависимости от исходной формы ядра.

В тех случаях, когда плоское горизонтально залегающее ядро имело в плане округлую форму симметрии геометрии генезиса, соответствовала симметрии конуса или одной из ее подгрупп с вертикально ориентированной осью симметрии  $n$ -ного порядка, что и определило караваеподобную форму конкреций соответствующей симметрии. Если плоское ядро имело вытянутую форму, симметрия геометрии механизма образования целиком определялась симметрией формы ядра и могла состоять максимально, из вертикальной оси симметрии второго порядка и двух вертикальных взаимно перпендикулярных плоскостей симметрии; минимально, только из одной вертикальной плоскости симметрии. В результате конкреция приобретала лепешковидную форму соответствующей симметрии.

Рассмотрим еще один случай интересный, в первую очередь, в чисто геокинематическом плане. Иногда ядро конкреции имеет цилиндрическую или близкую к ней форму. В этом случае симметрия геометрии генезиса образуется наложением друг на друга симметрии конуса, которой обладает геометрия питающей среды, на симметрию цилиндра, которую имеет форма ядра. В результате возникает геокинематическая схема аналогичная показанной на рис. 1, с элементами симметрии: вертикально ориентированной осью симметрии второго порядка и двух вертикальных плоскостей симметрии. Такую же симметрию получает и конкреция, приобретающая форму “пирожка” с “начинкой” (ядром), смещенным к его нижней поверхности, т.е. имеющим асимметричное строение. Данный случай интересен тем, что он является наглядным примером возмож-

ности возникновения одной и той же геокинематики при совершенно разных геологических обстоятельствах.

Геометрии генезиса конкреций второго типа говорят о том, что образование данных конкреций происходило в жидкой среде на границе ее с твердой средой [16], другими словами конкреции во время их роста лежали на поверхности дна океана, не углубляясь в него.

Особенно контрастно проявляется влияние формы ядра на геометрию генезиса в случаях “плитчатых” конкреций третьего типа. Горизонтально слоистое строение данных конкреций и отсутствие минерализации на нижней поверхности плоского большого ядра говорит о том, что во время образования ядро плотно лежало на твердом грунте, а вещество поступало на него только сверху и имело геометрию “потока” [4, 8, 16] с симметрией конуса. В этих условиях конечная симметрия геометрии генезиса целиком определялась исходной формой ядра и могла быть разной от, максимальной, характеристической симметрии конуса при круглой форме “плитки”, до отсутствия элементов симметрии при весьма неправильной форме ядра в плане.

То же самое имеет место и в случае конкреций четвертого типа представляющих собой ядра разных форм покрытых тонким слоем рудных образований.

Рассмотренные геокинематические схемы механизма образования конкреций в известной мере являются идеализированными. Все частные отклонения в форме (неправильная бугристость поверхности, наличие отдельных наростов и выступов) и строения конкреции (не одинаковая толщина слоя и слоев, разная их протяженность и структура) связаны с имевшими место локальными отклонениями от общей схемы образования конкреций: неравномерным поступлением вещества, как в пространстве, так и во времени, появление на поверхности конкреции дополнительных микроцентров “кристаллизации”, выступов на поверхности ядра и т.п.

Данный пример интересен тем, что он наглядно иллюстрирует справедливость основных положений геокинематики:

1. наличие тесной связи между морфологией и строением ГО;
2. влияние геометрии генезиса на геометрию ГО;
3. возможности наличия различных геометрий генезиса у ГО одной природы и, как следствие, наличие у них разных геометрий;
4. возможность наличия одинаковых геокинематических схем при разных ГО;
5. возможность получения в результате применения геокинематического анализа новой интересной информации о ГО, которая иным путем нельзя получить;
6. “интернациональность” геокинематического анализа, т.е. возможность применения его к ГО самой разной геологической природы.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Четвериков Л.И. Теоретические основы моделирования тел твердых полезных ископаемых. - Воронеж, 1968. - 151с.
2. Четвериков Л.И. Основные типы анизотропии строения тел полезных ископаемых // Геологический сборник. - Воронеж, 1968. - С.5-19.
3. Четвериков Л.И. Оценка анизотропии геологических объектов. // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. -2000. -№9. -С. 26-31.
4. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. - М., 1965. - 374 с.
5. Шафрановский И.И. Группы симметрий в структурной петрологии. // Зап. Всесоюз. минер. общества. -1956. - Ч.85, вып.4. - С. 491-497.
6. Наливкин Д.В. Криволинейная симметрия // Кристаллография. - 1951 -С. 15-23.
7. Михеев В.И. Гомология кристаллов. - Л., 1961. -208 с.
8. Шубников А.В. Избранные труды по кристаллографии. - М., 1973. - 551с.
9. Кюри П. Избранные труды. - М., 1966. - 400 с.
10. Четвериков Л.И. Универсальный принцип симметрии П. Кюри применительно к геометрии генезиса тел полезных ископаемых // Тр. III совещ. по проблемам изучения Воронежской антеклизы. - Воронеж, 1966. - С. 310-323.
11. Четвериков Л.И. Геокинематика // Отеч. геология. - 1993, -№7. - С. 86-90.
12. Четвериков Л.И. Симметрия анизотропии геологических тел // Симметрия в природе. - Л., 1971. - С. 207-210.
13. Четвериков Л.И. Геокинематика тектонических зон // Вестн. Воронеж.ун-та. Сер. естественных наук. - 1996. - №2. - С. 63-77.
14. Четвериков Л.И. Анизотропия тел полезных ископаемых как фактор прогнозирования // Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. - Л., 1971. - С. 50-52.
15. Четвериков Л.И. Геокинематика кольцевых структур // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. - 1996. №1. - С. 25-29.
16. Шафрановский И.И. Внешняя симметрия реальных кристаллов и симметрия питающей среды // Зап. Всесоюз. минер. общества. -1954. Ч.83, вып.3. - С. 198-211.
17. Авдонин В.В., Кругляков В.В., Понамарев И.Н., Титова Е.В. Полезные ископаемые Мирового океана. - М., 2000, - 158 с.
18. Железомарганцевые конкреции Тихого океана. - М., 1976. - 300 с.
19. Железомарганцевые конкреции Мирового океана. - М., 1984. - 175 с.
20. Железомарганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана. - М., 1990. - 228 с.
21. Железомарганцевые конкреции центральной части Тихого океана. - М., 1986. - 343 с.