

Профессор Павел Стефанович Воронов (к 100-летию со дня рождения)

Н.Н. Шаталов, 2020



Воронов Павел Стефанович
(25.02.1920—26.02.2006)

Профессор П.С. Воронов (1920—2008) широко известен в бывшем СССР и за его пределами своими многочисленными исследованиями в разнообразных, но тесно связанных областях наук о Земле — геологии, географии, гляциологии, литологии, палеонтологии, стратиграфии, геохимии, геофизики. Однако наибольший научный вклад, на наш взгляд, он внес в область тектоники и планетарной геоморфологии. В 40-х и 50-х годах прошедшего века он участвовал в полевых геологических исследованиях — сначала в Арктике (Таймыр, Югорский полуостров), а затем в Антарктиде. При этом в Антарктике — он первопроходец, так как являлся участ-

ником первой и второй отечественных экспедиций. По проблемам Антарктиды и окружающих морских акваторий им опубликовано не менее 60 пионерских научных работ. Среди них отметим: «Предварительные данные о геологическом строении района советской южнополярной обсерватории Мирный», (1957); «Об одной возможности определения главных особенностей рельефа континентального склона и шельфа Антарктиды», (1957); «К геоморфологии Восточной Антарктиды», (1958); «Новые данные по геоморфологии Восточной Антарктиды» (1958); «Каменные узоры», (1958); «Краткая физико-географическая характеристика района южнополярной станции Лазарев», (1959); «О проявлении изостазии в Гренландии и Антарктиде» (1959); «Снежный «вулканизм»», (1959); «Симметричная секториальность распределения главных форм макрорельефа Арктики и Антарктиды в связи с глыбовой неотектоникой Земли» (1959); «О предполагаемой зоне погребенных глыбовых структур Восточной Антарктиды между Южным полюсом и Олаф Приуде» (1959); «Трансконтинентальная глыбовая структура Центрального сектора Восточной Антарктиды» (1959); «Облака — разрушители гор Антарктиды», (1960); «О структуре Антарктики» (1960); «Некоторые черты геоморфологии Антарктиды» (1960); «Опыт реставрации ледникового щита Антарктиды эпохи максимального оледенения Земли» (1960); «Схема новейшей тектоники Антарктиды» (1960); «О вероятности влияния ротационных сил Земли на размещение крупных мезокайнозойских разломов Арктики и Антарктики» (1960); «Гофрировка в ледяном панцире Антарктиды», (1961); «Абсолютный

возраст пород и структура Антарктиды» (1961); «О роли морфоструктур Арктики и Антарктики в выяснении некоторых закономерностей структурного плана Земли» (1961); «О четвертичных отложениях Антарктиды», (1961); «Главные итоги геоморфологических наблюдений в Первой советской антарктической экспедиции», (1961); «О ротационных тангенциальных напряжениях литосферы Земли (на примере морфоструктурных закономерностей Арктики и Антарктики)» (1962); «О зависимости морфоструктурного плана Арктики и Антарктики от ротационных сил Земли» (1962); «О возможном влиянии ротационных сил Земли на морфоструктуры Арктики и Антарктики» (1962); «Некоторые проблемы криотектоники Антарктиды» (1963); «О проблеме асейсмичности Антарктиды и Гренландии» (1963); «Ледяные «растения» Антарктиды», (1963); «Черный лед в Антарктике», (1963); «Опыт анализа соотношения площадей, высот и скорости денудации континентов» (1964); «К методике палео- и меллогеографического воссоздания морфометрии материков и покровных оледенений» (1964); «Взрыв антарктической наледи», (1964); «Волны антарктического припая», (1964); «О геологической природе соотношения основных морфометрических характеристик континентов Земли» (1964); «О размерах Антарктиды и характере ее денудации» (1964); «Общие закономерности ротационных региональных диаклиз Арктики и Антарктики» (1964); «О проблеме структуры Арктического бассейна и глобальных сдвиговых зонах Земли» (1964); «Криотектоника и ее роль в гляциологии и геологии» (1964); «Об особенностях пространственного соотношения континентальных плит» (1965); «Анализ максимальных высот и площадей тектонических областей континентов» (1965); «Мегарельеф Земли и ее некоторые глобальные процессы» (1965); «Морфометрический анализ мегарельефа как индикатор некоторых процессов в недрах Земли и других планет ее группы» (1965); «Биполярность закономерностей гипсометрии блоков континентальной ко-

ры и распад Гондваны» (1965); «Антарктида и проблема распада Гондваны» (1967); «Мобилистская реконструкция палеогеографии Гондваны» (1968) и др.

Обширный фактический материал, лично собранный П.С. Вороновым на противоположных полушариях Земли, и постоянное стремление к анализу и синтезу привели ученого к ряду оригинальных обобщений, касающихся строения Арктики, Антарктиды, а позднее — закономерностей формирования лика нашей планеты и глубинного ее строения. В молодые годы он широко использовал методы геоморфологии и морфометрии, множество разрозненных фактов связал в единую достаточно стройную концепцию, которая объяснила особенности мегарельефа Земли — ее континентов и океанов. Эти исследования позволили П.С. Воронову установить определенную систему во всем глобальном рельефе Земли, найти новые морфометрические доказательства реальности существования палеозойских мегаконтинентов Лавразии и Гондваны. Анализ геологического строения, геоморфологии и тектоники Антарктиды привел ученого к обсуждению в печати закономерностей формирования южнополярных океанов и морей, выяснению проблемы становления и распада гондванского мегаконтинента. В частности, П.С. Воронов предложил механизм распада мегаконтинента Гондваны: «С середины палеозоя после общей консолидации гигантского квазикратона Гондваны под ним начали развиваться восходящие токи вещества мантии, определившие собой местный разогрев субстрата и образование обширного сводового вздутия земной коры. Это вздутие имело в плане овальную форму с длинной осью субмеридионального простирания и вершиной в районе центральных областей мегаконтинента. Образование гигантского свода в центре Гондваны неизбежно повлекло за собой отток субстрата от периферических частей мегаконтинента и создало в них все необходимые условия для формирования обширного кольца компенсационных низменностей. Одновременно с

развитием свода его поверхность покрывалась сложной радиально-концентрической сетью трещин. На их основе в силу имевшейся структурной предопределенности к середине мезозоя развилась система глубинных разломов, разорвавших периферию квазикратона Гондваны на целый ряд самостоятельных глыб континентальной коры, которые явились в дальнейшем остовами для членов современного семейства южных материков. По мере удаления от центральных областей Гондваны восходящие токи вещества мантии испытывали все большее центробежное отклонение в сторону краевых частей материка, так как там под более тонкой океанической корой происходило охлаждение вещества субстрата и образование нисходящих токов. В результате по мере удаления от центра этого праматерика и соответственно центра его гигантского сводового поднятия под воздействием развивающейся таким образом конвекции вещества мантии периферические части Гондваны начали испытывать все более и более сильные центробежные устремления. И к середине мезозоя, когда упомянутая выше сеть внутрикоровых глубинных разломов Гондваны окончательно сформировалась, разделенные ими глыбы праматерика начали свой центробежный дрейф. Он проходил в полном соответствии с величинами масс коры возникших осколков мегаконтинента, что находит сейчас отражение в соответствующем равновесии расстояний между центрами тяжести их континентальных плит. В процессе дрейфа вполне могли произойти некоторые перемещения по региональным сдвигам островных глыб Новой Гвинеи, Цейлона и Тасмании. Однако Африка, приспособившаяся как мы отмечали, фигуру своей континентальной плиты к длинной оси свода Гондваны, не смогла сколько-нибудь значительно изменить свое местоположение, поскольку основная часть ее площади попала в район «мертвого круга» равновесия векторов внутримантийных сил, растягивающих ее кору. «Парусность» Северной Африки, находящейся за пределами «мертвого круга»,

оказалась слишком малой, а наметившаяся к отколу по линии Камерунских разломов глыба Северо-Западной Африки была сразу же фиксирована напором с севера масс континентальной коры Европейского материка. Приблизительно то же испытала со стороны Азии и глыба Аравии. Вывод о вероятной практической неподвижности Африканской глыбы имеет существенное значение для рассмотрения проблемы дрейфа осколков Гондваны. С позиции механики, он позволит также в дальнейшем внести соответствующие коррективы в прежние представления. Вероятно, также с помощью механики удастся объяснить и отмеченную выше особенность в отношении направления поворотов осколков Гондваны, испытавших центробежный дрейф. Прежде всего потребуются установить причины поворотов по часовой стрелке глыб Южной Америки и Антарктиды» [Воронов, 1968, с. 91].

Своими исследованиями в 60-е годы XX столетия П.С. Воронов на новом уровне геологических материалов фактически подтвердил гипотезу мобилизма материков, ранее предложенную А. Вегенером. Став в ряды мобилистов, он затем изучал закономерности разломной тектоники не только Арктики, Антарктики, но и других континентов. В частности им был проведен анализ планетарной трещиноватости, крупных линейментов и сдвиговых зон Земли. С позиций мобилизма П.С. Воронов рассмотрел существующую проблему полюсобежных сил и ротационной динамики Земли, подчеркнул структурные различия и геологические особенности северного и южного полушарий, а также изучал сдвиговые зоны Земли.

В результате проведенных исследований он выяснил, что характер изменения средних высот и средних глубин континентов и океанов всецело определяется процессами изостатического выравнивания блоков земной коры и зависит от геофизических свойств ее континентального и океанического типов. С позиций изостазии стало очевидным, что чем больше континент, тем у него толще земная кора, тем

выше материковая глыба всплывает над субстратом и тем больше средняя высота его рельефа. У блоков океанической земной коры наблюдается обратная картина. Согласно П.С. Воронову, превышение максимальных значений средних высот континентов над минимальными средними глубинами океанов, равное 5 км, по-видимому, есть величина, близкая к предельной, ибо кривые, отражающие изменение средних высот континентов и средних глубин океанов, приближаются к параболам и, следовательно, выражают собой процессы, испытывающие насыщение. В связи с этим при существующих условиях средняя толщина значительных по размеру блоков континентальной земной коры не может быть больше 50 км, а океанической — 6 км. Наименьшая средняя мощность большого по площади автономного блока континентальной земной коры для того, чтобы он возвышался над уровнем океана, должна быть равной 33 км. Эту закономерность необходимо постоянно учитывать при классификации островов и выделять в качестве их главных типов острова на континентальной или океанической земной коре. Изменение толщины земной коры в зависимости от площади материков контролируется резким различием строения двух ее основных типов и зависящим от подобной дифференциации изменением глубинных теплофизических и петрологических процессов под ними. Те же процессы контролируют не только различие мощностей астеносферы под континентами и океанами, но также и различие ее мощностей под разными по величине материками.

По мнению ученого, астеносфера представляет собой хотя и неоднородную, но, вероятно, единую оболочку внутри верхней мантии в силу своей повышенной пластичности, играющую важную роль в глобальной изостазии, тангенциальном смещении континентальных глыб земной коры, в приливообразующих и других важнейших общепланетарных процессах. Важно при этом помнить, что суммарная мощность вышележащего над астеносфе-

рой твердого слоя мантии и земной коры в 6 раз меньше средней мощности астеносферы. В связи с этим, если даже твердая земная кора заметно реагирует на приливообразующие силы, то тем более вероятно, что аналогичные явления должны наблюдаться и в астеносфере.

Анализ некоторых параметров континентов позволил П.С. Воронову выделить в их составе два семейства, представленных северными (Европа, Северная Америка и Азия) и южными (Австралия, Южная Америка, Африка и Антарктида) материками. Эти два семейства континентальной земной коры четко обособляются друг от друга различием закономерностей прироста длины своих побережий, изменениями величины средних высот, площадей шельфовых зон, геофизическими свойствами, закономерностями размещения центров тяжести материковых плит относительно градусной сети и др. Все геоморфологические различия макрорельефа континентов хорошо подтвердили известные геологам представления о существовании в прошлом двух гигантских праматериков (Лавразии и Гондваны) и, следовательно, биполярном ходе развития континентальной земной коры, а также возможность горизонтального дрейфа ее крупных блоков. При этом установлено, что площади северных материков и отдельных блоков земной коры закономерно нарастают в зависимости от площади этих материков, а площади южных материков аналогичным образом сокращаются. Этот факт наиболее естественно объясняется сравнительно недавним обособлением южных континентов в качестве самостоятельных глыб континентальной земной коры и тем, что эти глыбы выкалывались из вполне определенных мест палеоконтинента Гондваны с установившимися характерными особенностями макрорельефа и геологической структуры, прежде всего из гигантского сводового поднятия, занимавшего перед началом распада этого праматерика большую часть его площади. Что же касается закономерности, наблюдаемой в расстояниях между центрами тяжести континентальных плит

земной коры смежных южных материков, сводящейся к тенденции типа пропорциональной зависимости этих расстояний от площадей (масс) континентальных плит, то она указывает на существование определенного равновесия. Предполагается, что в равновесии такого рода конечный результат зависит от тангенциальных перемещений осколков Гондваны под влиянием подкорковых сил. Как предполагают неомобилисты, это — результат силового воздействия со стороны конвекционных токов вещества мантии.

Вместе с тем, внутримантийный мобилизм такого рода, по мнению П.С. Воронова, следует отличать от внутрикорового мобилизма, представленного в пределах литосферы прежде всего различной протяженностью сдвиговых тектонических нарушений Земли. Последние могут развиваться в земной коре не только под воздействием внутримантийных сил, но также и под влиянием энергии, свойственной самим глыбам литосферы в результате трансформации ротационных сил Земли и формирования при этом ламинарного тангенциального пластического смещения вещества литосферы, определяемого явлением его ползучести в масштабах геологического времени. Кроме того, одной из важных производных ротационных сил Земли являются так называемые полюсобежные силы, которые, тангенциально воздействуя на континентальную земную кору на протяжении сотен миллионов лет в одном и том же направлении, приводят посредством сдвиговых деформаций к серьезным деструктивным процессам, ярко выраженным в макрорельефе Северной Америки, Азии, дна Атлантического, Тихого и Индийского океанов. Вероятно, воздействием тех же полюсобежных сил необходимо объяснять и возникновение специфических островных дуг между Азией и Австралией, Южной Америкой и Антарктидой, Южной Америкой и Северной Америкой. Другим проявлением ротационных сил в структуре и макрорельефе литосферы Земли является наличие в сетке морфогенной планетарной трещиновато-

сти шести главных систем, симметрично расположенных относительно меридианов и широт. По этой же сетке развиваются многочисленные сбросы и сдвиги, четко выраженные в макрорельефе и структуре литосферы. Эта общепланетарная сетка разрывных нарушений постоянно используется для разрядки планетарных, региональных и местных тектонических напряжений литосферы, определяющих собой структурное развитие отдельных участков нашей планеты.

В современном рельефе Земли, по П.С. Воронову, можно наблюдать целый ряд весьма протяженных прямых линий, выраженных в плане очертаний побережий крупных материков, горных цепей, речных долин и водоразделов. Полевые наблюдения показывают, что подавляющее большинство таких спрямленных линий планетарного рельефа имеет дизъюнктивную природу. Степень вероятности дизъюнктивного происхождения этих линий возрастает в прямом соответствии с увеличением их длины, ибо экзогенные факторы морфогенеза в силу своего непостоянства не в состоянии создавать достаточно протяженные прямолинейные образования рельефа. Следовательно, наиболее решающими факторами морфогенеза являются внутрикоровые напряжения, проявляющиеся в современном рельефе в виде различного рода тектонической трещиноватости твердой оболочки Земли. Отчетливая прямолинейность оро- и гидрографических линий рельефа планеты не оставляет сомнений в том, что они связаны с такими разрывами сплошности ее коры, которые имеют крутое, близкое к вертикальному падению. Эти дизъюнктивные нарушения могут быть представлены как трещинами растяжения без смещения по ним блоков земной коры, так и активными разломами с различными знаками движения их крыльев — сбросы, сдвиги, взбросы, сбросо-сдвиги и др. Можно смело утверждать, что основные черты современного планетарного рельефа являются в значительной степени суммарным эффектом проявления трещиноватости земной

коры. Поскольку упомянутые оро- и гидрографические линии отчетливо выражены в современном рельефе, то это убедительно доказывает их молодость и, следовательно, в большинстве случаев самую тесную связь с новейшими тектоническими движениями земной коры. При этом неотектонические процессы могут быть обусловлены как региональными, так и общепланетарными причинами. Совершенно очевидно, что чем протяженнее разрывы земной коры, чем в меньшей степени они зависят от особенностей строения наиболее крупных геоструктурных элементов (платформ, гор, складчатых хон, континентов и океанов), тем больше мы имеем оснований утверждать, что такие разломы связаны с явлениями, охватывающими всю Землю в целом. Это утверждение будет выглядеть более правдоподобно, если удастся доказать, что в простирании упомянутых разрывов коры имеется вполне определенная система, свойственная всей планете как единому целому. Учение о линеаентах и планетарной трещиноватости в последнее время тесно переплетается с учением о глубинных разломах и планетарной сети разрывных нарушений, разбивающих литосферу Земли на совокупность полигональных глыб (блоков).

В связи с этим на примере арктических регионов рассмотрим вначале фактический материал, свидетельствующий в пользу реальности существования ортогональной системы линеаентов. Разломы субмеридиональной ориентировки в северном полушарии контролируют простирание восточных склонов Урала и восточного побережья Гренландии, восточного и западного побережий п-ова Ямал, разрывы, определяющие собой ориентировку прямолинейных участков долин рек Печоры, Оби, Пура, Пясины, Енисея, Лены, Яны, Омолона и др. Среди меридиональных разрывов следует упомянуть Енисейский разлом, отделяющий поднятия Среднесибирского плоскогорья и Западного Таймыра от обширных погружений Западно-Сибирской низменности, Котуйско-Нижнетаймырский и Анабарский разломы

Средне-Сибирского плоскогорья и Таймыра, разломы грабена Шокальского на Северной Земле. Влияние меридиональных разрывов земной коры, безусловно, сказывается и на очертаниях многих проливов и побережий Канадского архипелага.

Очень четко в рельефе и структуре Арктики выражены также широтные и субширотные разломы. Им подчинены уступы и линии побережья Западного Таймыра, Ямала, Гренландии и северного побережья о-ва Врангеля. Многочисленные разрывы этого направления определяют очертания северной границы Средне-Сибирского плоскогорья и южной границы горной области Таймыра, проливов Ланкастер, Мелвилл и Мак-Клур в Канадском архипелаге, пролива Вилькицкого между Таймыром и Северной Землей, спрямленные участки речных долин — в низовьях Оби и Пясины, в верховьях Хеты и др. Меридиональные и широтные разрывы имеют значительную протяженность, большую глубину заложения, обычно сопряжены друг с другом и имеют сложную радиально-концентрическую сеть вокруг северного географического полюса.

По данным П.С. Воронова, аналогичная радиально-концентрическая сеть разломов земной коры существует также и вокруг южного географического полюса в Антарктике. Субмеридиональные и меридиональные разрывы большой протяженности подчеркиваются здесь поясами глыбовых гор Великого антарктического горста на Землях Виктории и Котса, а также в центральных секторах Восточной и Западной Антарктиды, очертаниями морей Росса, Уэдделла и Амудсена, блоковыми структурами подводных поднятий и желобов, грабеном ледника Ламберта, а также целым рядом фиордов и впадин южно-полярного материка. Широтные и субширотные разломы определили собой очертания всего континентального склона Антарктиды, внутришельфового желоба Лазарева и обширной системы глыбовых гор, опоясывающих все побережье Восточной Антарктиды. Разрывы указанной ориентировки хорошо проявлены также в концентричности

расположения обширных глубоководных котловин (Африкано-Антарктической, Австрало-Антарктической и Беллинсгаузена), опоясывающих на океаническом дне дальние подступы к южнополярному континенту. При этом приполярная радиально-концентрическая система разрывов в Антарктиде выражена не менее отчетливо, чем в Арктике. Следовательно, оба полюса Земли действительно являются своеобразными центрами симметрии наиболее протяженных и отчетливо выраженных разломов земной коры в Арктике и Антарктике.

Разломы ортогональной системы, по мнению П.С. Воронова, далеко выходят за пределы полярных кругов и охватывают все межполярные зоны Земли, что свидетельствует о единой общепланетарной закономерности. Меридиональное простираение в целом имеет зона Восточно-Африканских глубинных разломов, длина которой равна одной пятой окружности нашей планеты. Разрывы меридионального направления также выдерживают экстрополярности за пределы полярного круга. В частности, продолжение системы меридиональных разломов подводного хребта Ломоносова обнаруживается на северном борту Охотского моря и прослеживается южнее в виде глубинного разлома Татарского пролива, отделяющего мезозойские структуры Сихоте-Алиня от кайнозойских структур Сахалина. Далее к югу эта меридиональная зона разрывов земной коры проходит через о-ва Хоккайдо и Хонсю в направлении о. Бонии. Система разломов подводного хребта Ломоносова прослеживается также по побережью Земли Элсмira в Канадском архипелаге и далее через северный полюс до широты южного побережья о. Хонсю в архипелаге Японских островов. Системы разломов меридиональной ориентировки также достаточно четко проявлены на примере трансформных разломов и трещин Срединноатлантического подводного хребта, а также подводного хребта Индийского океана. Что касается глубинных разломов широтного направления, то они отчетливо прослеживаются не только в высоких, но и в средних и низких

широтах. Достаточно вспомнить о сейсмогенном разломе в Монголии длиной свыше 500 км, совпадающем с 50° с.ш., а также упомянуть о широтных разрывах Средиземноморского и Гвинейского побережий Африки, широтном участке 6000-километровой трещины земной коры вдоль Африкано-Антарктической и Австрало-Антарктической подводных возвышенностей, северном и южном побережий п-вов Малая Азия, Перинейского и др. Планетарное значение имеют субширотные глубинные разломы длиной до 5000 км, установленные в северо-восточной части Тихого океана. В южной части Тихого океана установлены разломы Сала и Голец протяженностью около 4000 км. Системы разломов широтной ориентировки обнаружены также в приэкваториальной части Атлантического подводного хребта.

Исследуя зависимость систем диагональных трещин от направления меридианов, П.С. Воронов полагал, что все такого рода системы трещин генетически обусловлены изменениями поля напряжения литосферы под воздействием ротационных сил Земли. Нет никакого сомнения в том, что признание ведущей роли ротационных сил в формировании сети планетарной трещиноватости весьма плодотворно. Живя на вращающемся шаре, созданном в основном ротационными силами в комбинации с силами гравитации, трудно игнорировать их важную роль в геотектонических построениях. Земля круглая, она вертится миллиарды лет и всегда необходимо задумываться над физическим и геологическим смыслом ротационных сил. В частности, тангенциальные напряжения и движения в земной коре, которые многими отрицаются, на самом деле являются реальностью. Они возникают в конечном счете как механическая реакция литосферы Земли на изменения скорости вращения и положения оси вращения. Земная кора, благодаря своей исключительной дезинтегрированности всеми категориями трещиноватости, ведет себя в масштабах геологического времени в отношении действующих на нее ротационных силовых

полей далеко не так, как испытываемый в лабораторных условиях монолитный образец той или иной горной породы. Как может протекать такое взаимодействие в природе, экспериментально установить крайне трудно, если вообще возможно. Остается только недоумевать, почему в руководствах по геотектонике либо совсем не учитываются возможности проявления ротационных сил в структуре литосферы, либо все ограничивается хотя и острыми, но мало аргументированными нападками на сторонников необходимости учета таких сил. Вместе с тем необходимо признать, что к категориям трещиноватости литосферы (литологической, структурной, региональной и др.) необходимо добавить еще одну — планетарную, создающуюся ротационными силами Земли.

Под воздействием ротационных, гравитационных, приливообразующих, а также внутри- и подкорковых сил литосфера Земли постоянно пребывает в напряженном состоянии. Как известно, Земля представляет собой во втором приближении двусный эллипсоид, фигура которого по законам гидростатики находится в соответствии с моментом вращения нашей планеты. Однако на кратковременные напряжения Земля отвечает не как жидкое, а как твердое тело. При этом наиболее напряженными являются ее верхние слои (до 20 км), ниже которых вещество литосферы под влиянием высокой температуры и давления недр обладает повышенной способностью к пластическим деформациям. В твердом верхнем слое земной коры под действием ротационных и других сил возникает геометрически правильная сетка поверхностей скольжения, симметрично ориентированная относительно главного вектора сил, вызывающих эти деформации. Рисунок такой сетки весьма близок сети диагональных линеаментов, наблюдаемых в природе. Как уже отмечалось выше, статистический анализ выявляет шесть систем простираний линеаментов, обладающих следующими средними значениями азимутов: 270 (90), 305, 325, 360 (0), 35 и 55°. По мнению П.С. Воронова,

выделяемые некоторыми исследователями системы со средними азимутами 315 и 45° являются, скорее всего, производными (среднеарифметическими) систем 305—325 и 35—55°, а главными являются именно 6 перечисленных систем. При этом система 305° симметрична относительно меридиана системе 55°, а система 325° — системе 35°. Эти две пары диагональных систем разломов следует считать генетически взаимосвязанными друг с другом.

Рассматривая вопрос о соотношении орто- и диагональных систем линеаментов, П.С. Воронов отмечал, что если наибольшие из субширотных и субмеридиональных разрывов (ортогональные системы) измеряются по протяженности сотнями и тысячами километров (разломы северо-западной части Тихого океана, Среднеатлантический разлом, Уральский глубинный разлом и др.) и встречаются сравнительно редко, то численность разрывов в пределах диагональных систем по крайней мере на порядок, если не на два, больше. Однако такого рода разломы уступают по своей протяженности ортогональным разрывам, по крайней мере, также на порядок. Полевые наблюдения показывают, что диагональные разрывные нарушения измеряются десятками и сотнями километров. Таким образом, ортогональные системы разрывов лучше выражены в геоструктуре земной коры качественно, а диагональной — количественно. На Земле не существует диагональных разрывов, равных по длине глубинным разломам Мендосино, Муррей и другим составляющим ортогональных систем.

На основании перечисленных фактов П.С. Воронов выдвинул свою гипотезу развития линеаментов Земли. В общем виде она выглядит так: *«Географические полюса практически не меняли своего положения на протяжении последних 150 млн лет и, следовательно, напряженный слой литосферы должен был бы испытать за этот отрезок геологического времени миллиарды меридианально направленных тангенциальных сжатий и растяжений за счет короткопериодических и скачкообразных*

изменений скорости вращения Земли, а также приливных деформаций ее фигуры. Несмотря на относительную слабость, огромное количество таких напряжений создавало исключительно благоприятные условия для постепенного развития явлений усталости в напряженном слое литосферы, представляющем собой не более чем пленку по сравнению с гигантскими размерами планеты. Эти явления усталости, накапливавшиеся в условиях сравнительно стабильного (относительно географических полюсов планеты) суммарного поля ротационных тангенциальных напряжений, и привели в конце концов к возникновению той геометрически правильной сети планетарной трещиноватости, которая практически повсеместно проявляется сейчас на поверхности Земли в виде линеаментов. Напряжения меридиально направленного тангенциального сжатия порождали системы с простиранием по средним азимутам 325 и 35° и углом между этими направлениями в 70°, а напряжения аналогично ориентированного растяжения создавали системы с простиранием по средним азимутам 305 и 55° и соответственно углом в 110°. Одновременно с этим в напряженном слое литосферы развивались ортогональные системы линеаментов с азимутами 360° (0°) и 270° (90°). Следует еще раз подчеркнуть, что если ортогональные системы лучше всего представлены в геоструктуре качественно, то диагональные — количественно. Объяснение этому факту следует, очевидно, искать в относительно большой стабильности пространственной ориентировки векторов напряжений, порождающих ортогональные системы, по сравнению с векторами диагональных систем. Кроме того, большому развитию диагональных систем линеаментов в центральных областях Азии и Северной Америки, по-видимому, немало способствовали и так называемые полюсобежные силы. С точки зрения сказанного нами в отношении генезиса значений углов в 70 и 110° между направлениями диагональных систем линеаментов понятнее становит-

ся и причина присутствия этих углов в талассо- и геократических секторах полярных областей, сопряженных, как мы видели, с большой и малой экваториальными осями трехосного эллипсоида Земли. Дело в том, что, согласно В.А. Магницкому, «геоид лучше может быть представлен не эллипсоидом вращения, а трехосным эллипсоидом с большой осью, выходящей в Тихий океан. Между тем, как указывалось, фигурой равновесия для Земли является сфероид. Естественно, что трехосность должна создавать напряжения в теле Земли, так как массы ее стремятся «растечься» из области Тихого океана, чтобы принять форму фигуры равновесия. По подсчетам Джеффриса, трехосность, выражаемая формулой Хейсканена, создает напряжения порядка $2 \cdot 10^7$ дин/см²». В соответствии с приведенной цитатой следует ожидать, что в пределах талассократических секторов литосферы должны наблюдаться меридионально ориентированные стрессы сжатия, а в геократических — стрессы растяжения. В силу этих же причин между ротационно обусловленными трещинами скалывания литосферы в них соответственно должны доминировать углы в 70° и 110°. Именно это явление мы, вероятно, и наблюдаем в упомянутых секторах. Вместе с тем между рассматриваемыми секторами взаимонаправленные тангенциальные напряжения должны обуславливать возникновение глобальных систем левых и правых сдвигов. Относительно времени зарождения планетарной трещиноватости в слоях осадочных горных пород и о взаимоотношении между линеаменами и сдвиговой тектоникой Земли необходимо сказать следующее. По мнению автора, микро- и макродислокации вещества литосферы могут переходить из категории слепых в категорию открытых трещин, а следовательно, и быть наиболее хорошо выраженными в рельефе лишь на стадии эпигенеза, а не диагенеза осадочных пород, поскольку порождающие такие трещины упругие силы могут свободно развиваться в окончательно затвердевшем осадке. Что касается проблем сдвиговой текто-

ники, то следует всемерно развивать это очень перспективное направление исследований» [Воронов, 1968, с. 47].

П.С. Воронов высказал также свои оригинальные идеи относительно характера локализации глобальных сдвиговых зон вокруг Тихого океана. Он показал, что основные закономерности в ориентировке глобальных сдвиговых зон и направлений смещений по ним предопределяются трехосностью фигуры нашей планеты. В соответствии с его концепцией в северном полушарии Земли вдоль американского побережья Тихого океана должна существовать зона региональных правых сдвигов, а вдоль азиатского побережья Тихого океана — зона региональных левых сдвигов. Кроме того, согласно той же концепции, крупные региональные сдвиги правой направленности должны наблюдаться в северном полушарии в секторе $50\text{--}70^\circ$ в.д. (Урал, Средняя Азия, Иран), а сдвиги левой направленности — в секторе $20\text{--}40^\circ$ з.д. (Атлантика). Именно в указанных секторах северного полушария происходит разрядка тектонических напряжений литосферы, возникающих в результате стремления вращающегося трехосного эллипсоида Земли приобрести более устойчивую фигуру двухосного эллипсоида вращения. Господство правых сдвиговых зон на американском побережье Тихого океана к настоящему времени не вызывает сомнений. Геологами здесь изучены серии крупных правых сдвигов Сан-Андреас, Феруэтер и многих других. На азиатском побережье в 60-е годы прошлого века учеными разных стран были описаны гигантские левые сдвиги Сихотэ-Алиня, Тайваня, Филиппинских островов, являющиеся продолжением друг друга. Если учесть, что имеются указания на существование аналогичных сдвигов на юго-востоке п-ова Корея, в Японии и на северо-востоке СССР, то можно полагать, что все упомянутые региональные сдвиги составляют единую глобальную зону левых региональных сдвигов, простирающуюся вдоль азиатского побережья Тихого океана от Филиппинских островов до Берингова

моря. Особого внимания заслуживает ориентировка и порядок нарастания радиусов главных островных дуг, расположенных вблизи глобальной сдвиговой зоны Тихого океана. Анализ структур региона свидетельствует о том, что радиусы главных восточноазиатских островных дуг закономерно увеличиваются в северо-восточном направлении в соответствии с направлением движения масс вдоль океанического крыла рассматриваемой сдвиговой зоны. Так как именно в этом направлении происходит накопление тангенциальных напряжений в региональных участках литосферы Тихого океана, можно предположить, что такого рода движение масс в условиях переходной зоны между континентальной и океанической земной корой вполне могло вызвать те конические трещины-сколы, с которыми связаны структуры местных островных дуг японской группы. Формирование японской группы дуг можно объяснить также сжатием в меридиональном направлении, действующем в добавление к продвижению дуг на восток. С учетом направления движения масс океанического крыла северо-тихоокеанской сдвиговой зоны в Беринговом море в районе, несколько южнее Чукотского полуострова, можно наблюдать наибольшее развитие тангенциальных напряжений земной коры. Вероятно, с этим обстоятельством связаны также симметрия алеутской островной дуги относительно указанного района и наличие внутри нее меридионально ориентированных структурных рубцов сжатия типа подводного хребта Ширшова.

В соответствии с предложенной П.С. Вороновым концепцией континентальное крыло рассматриваемой сдвиговой зоны в районе Берингова пролива должно иметь наибольшее растяжение. Зона растяжения такого рода должна иметь меридиональную или субмеридиональную ориентировку, трассироваться эпицентрами землетрясений и простираться через район северного географического полюса в сторону северной Атлантики. Намеченная ученым трансполярная зона растяжения действительно существует и подтверждается фак-

тическим материалом. Так, в Беринговом проливе и к северу от него зафиксирована цепочка эпицентров землетрясений, в центральной части Арктического бассейна, в районе Северного полюса и в море Бофорта отмечались очаги проявлений подводного вулканизма, а вдоль подводного хребта Менделеева прослежена громадная расщелина субмеридионального простира-ния протяженностью около 1500 км. Для обширного района северной Атлантики между Шпицбергенем и Норвегией, с одной стороны, и между Гренландией и Исландией, с другой, зафиксированы проявления молодого вулканизма и современной сейсмичности.

Рассмотренные выше глобальные сдвиговые зоны Тихого океана имеют структурный аналог в Юго-Западной Азии и Европе. Региональные сдвиговые зоны фиксируются вдоль всего Кавказа и Копет-Дага. Большая группа правосторонних сдвигов зафиксирована в пределах Кавказа, Малой Азии и Иранского плоскогорья. При этом правые сдвиги здесь имеют необычную для этих мест меридиональную и субмеридиональную ориентировку, т. е. проходят вкрест простираения альпийской складчатой зоны. Наличие правосторонних сдвигов в альпийской складчатой зоне может служить подтверждением, что континентальные массы почти всей Европы и Азии, так же как и Северной Америки, очевидно, действительно имеют реальную тенденцию к сползанию в сторону экватора под воздействием постоянно действующих на протяжении миллионов лет так называемых полюсобежных сил. На возможность существования подобного рода тангенциальных напряжений литосферы ранее указывали А. Вегенер, Б. Гутенберг, Р. Штауб и др. Вероятно, что эффект сползания действительно существует в земной коре северного полушария и выражается в ней в виде достаточно ощутимых геоструктурных проявлений.

Наличием упомянутого эффекта легче всего объяснить и значительные морфологические различия, существующие в облике островных дуг восточноазиатского

и индонезийско-антильского типов. Если восточноазиатский тип характеризуется относительной простотой конфигурации в плане, то второй скорее напоминает петли с ориентировкой осей симметрии вдоль параллелей. Подобного рода ориентировку и форму островных дуг второго типа, очевидно, легче всего объяснить местным меридионально направленным сдавливанием приповерхностных зон земной коры сползающими к экватору континентальными массами. Как известно, петлевидные островные дуги наблюдаются в трех областях Земли: Индонезийском архипелаге, Карибском море и проливе Дрейка. Все они находятся между крупными материковыми глыбами континентальной земной коры. В первом случае это Азия и Австралия, во втором — Северная и Южная Америка и в третьем — Антарктида и Южная Америка. При этом главный вектор сжимающих сил несомненно имел во всех трех регионах меридиональную или субмеридиональную ориентировку. Со всей очевидностью на это указывает ориентировка всех петлевидных островных дуг в направлении параллелей или близким им. Подобный характер пространственной ориентировки векторов главных тектонических напряжений подтверждается также другими основными особенностями структурного плана петлевидных островных дуг, обнаруживающих в своих пределах отчетливые следы бокового сдавливания и ламинарного движения коровых масс.

Происхождение петлевидных островных дуг, согласно П.С. Воронову, можно объяснить, прежде всего, влиянием полюсобежных сил: *«Сползающие к экватору под непрерывным воздействием этих сил континентальные массивы Азии, Северной Америки, Австралии и Антарктиды вполне могли создавать в приповерхностных зонах литосферы районов Индонезийского архипелага, Карибского моря и пролива Дрейка те значительные боковые сжатия, на которые земная кора в свою очередь отвечала образованием петлевидно ориентированных глубинных разломов и возникновением на их месте островных дуг*

индонезийско-анtilьского типа. Таким образом, существенные различия, которые усматриваются сейчас в строении современных островных дуг индонезийско-анtilьского и восточно-азиатского типов, имеют, по-видимому, в своей основе достаточно глубокие генетические корни, что необходимо постоянно учитывать при всякого рода попытках экстраполяции этих современных структурных образований литосферы в прошлое. В соответствии с развиваемой нами гипотезой результирующие векторы полюсобежных сил должны иметь субмеридиональную ориентировку в сторону экватора и располагаться где-то в осевой части материковых глыб Европы, Азии и Северной Америки. Признавая влияние тангенциально направленных полюсобежных сил на материки, естественно ожидать, что в масштабах геологического времени влияние таких сил может существенно отразиться и на структурном плане центральных регионов этих континентальных глыб, т. е. тектонически наиболее стабильных участках коры» [Воронов, 1968, с. 68].

Наличие в структуре литосферы планеты срединно-океанических трансформных разломов и хребтов, а также достигнутые успехи в изучении их морфологии, позволили ученому утверждать, что Земля в областях развития океанической коры испытывает устойчивое пульсационное растяжение, что подкрепляется палеомагнитными и астрофизическими данными, в частности фактом современного расширения Вселенной. При этом, по мнению П.С. Воронова, возникает проблема исследования соотношения гипотез расширения Земли и дрейфа материков. Попытка объяснить расхождение континентальных плит только за счет расширения нашей планеты выглядит совершенно несостоятельной. Расширение Вселенной является длительным космогеническим процессом, захватывающим миллиарды лет, а дрейф континентов Земли — явление эпизодическое, развивающееся под действием конвекции на протяжении нескольких десятков миллионов лет. Распад Гондваны и

дрейф ее осколков возник лишь после того, как под ней развился мощный восходящий тепловой поток, способствующий сначала вспучиванию, а затем испариванию континентальной коры и растаскиванию далеко в стороны от центра праматерика его периферических обломков. Следовательно, необходимым условием для возникновения дрейфа должна была быть большая площадь материка, обеспечивавшая соответствующую возможность для активизации его центральных частей под действием восходящих конвекционных потоков из глубинных частей планеты.

Родился Павел Стефанович Воронов 25 февраля 1920 г. в Белоруссии, а жил — в Ленинграде. В 1938 г. поступил в Ленинградский горный институт. Годы учебы П.С. Воронова в Горном институте совпали с войной. С первого до последнего дня войны Павел Стефанович принимал участие в подготовке офицерских кадров артиллеристов и сам участвовал в боевых операциях на фронте. На войну был призван рядовым, а демобилизовался в звании «капитана». Если бы остался в армии, как ему настойчиво предлагали, то, несомненно, страна имела бы стройного боевого генерала. Но он предпочел геологию. Награжден многими орденами и медалями. После окончания Горного института получил диплом горный инженер-геолог (1948) и работал научным сотрудником в геологическом институте Арктики (НИИГА), а после защиты кандидатской диссертации в 1952 г. перешел на преподавательскую работу в Ленинградский горный институт. В 1970 г. П.С. Воронов защитил докторскую диссертацию, а с 1972 г. был утвержден в звании профессора. Преподавал студентам Горного института цикл геологических дисциплин, определяющих инженерную подготовку в области геотектоники, структурной, морской и региональной геологии. Исключительно много сил предпринял по организации в Горном институте новой кафедры структурной и морской геологии (заведовал ею с 1970 по 1995 г.), впервые в стране организовал подготовку инженеров — морских геологов.

Профессор П.С. Воронов был выдающимся ученым, геологом и естествоиспытателем, по натуре был интеллигент-педант и первооткрыватель, обладал хорошим чувством юмора. Широта и кругозор его научных интересов затрагивали практически все научные направления геологических знаний с космогении и планетарной геологии до геологического изучения отдельных регионов и месторождений полезных ископаемых. Много сил и энергии отдал он геологическому изучению районов сектора советской Арктики. Был также в числе членов-зимовщиков первой и второй экспедиции в Антарктиду. Скрупулезно собранный и обобщенный геологический материал позволил Павлу Стефановичу Воронову стать одним из ведущих ученых-геологов нашей планеты. Особое значение приобрели его работы по сдвиговой тектонике в связи с проявлением ротационных сил Земли. Он был одним из активных участников воскрешения в бывшем СССР мобилистских идей Альфреда Вегенера о дрейфе континентов.

Перу П.С. Воронова принадлежит около

250 научных работ, среди которых 12 монографий, I том советского «Атласа Антарктики», более десятка учебников и учебно-методических пособий. Основные труды: «Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли» (1968); «Человек и Земля в структуре Вселенной» (1988); «Принципы сдвиговой тектоники и ротационные силы Земли» (1991); «Роль сдвиговой тектоники в структуре литосфер Земли и планет земной группы» (1997). Особое внимание занимает работа последних лет: капитальный труд по сдвиговой тектонике, созданию которой он отдал много сил. В 1988 г. он провел в Ленинграде Всесоюзный симпозиум по сдвиговой тектонике, участником которого являлся и автор этих строк. Талантливый ученый П.С. Воронов был активным деятелем Географического общества и Тектонического комитета бывшего СССР, членом многих спецсоветов, научных и научно-технических обществ России и зарубежья. Имя П.С. Воронова занесено в сборник «Живые легенды», выпущенный в 2004 г. Кембриджским международным биографическим центром.

Список литературы

Воронов П.С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Москва: Наука, 1968. 122 с.

Воронов П.С. Человек и Земля в структуре Вселенной. Ленинград: Изд-во Ленинградского ин-та, 1988. 175 с.

Voronov P.S. Essays and patterns of morphometry of the global relief of the Earth. Publishing House «Science». 1968. 122 p. (in Russian).

Voronov P.S. Man and the Earth in the structure of the Universe. Publishing House of the Leningrad Mining Institute. 1988. 175 p. (in Russian).