

ЛИНЗЫ И ЛИНЗОВЫЕ АНСАМБЛИ АРХЕЙСКИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СИСТЕМ¹

П.М.Горяинов

Геологический институт Кольского научного центра РАН, г.Апатиты

В традиционные трактовки тектонических линз (и линзования) предлагается "вписать" и такое важное свойство иерархических линзовых ансамблей как их гомеостазис, который не зависит ни от состава и набора пород, ни их географического положения, ни от возраста процесса. Специальные исследования, рекомендованные для выявления и тестирования хаотически-детерминированных систем, позволили установить в линзовых телах железистых кварцитов с характерным для них скейлингом неограниченную самосогласованность внутреннего строения, включая не только взаимоувязанность, когерентность состава собственно железистых кварцитов, но и "вторичных" процессов разлинзования, складчатости, блоковой делимости, и даже формирования роев даек. Линзовые ансамбли (ультра-) основных и железистых пород не имеют отношения ни к будинированию, ни к метасоматическому корродированию крупных масс в процессе гранитизации, а являются проявлением структурного гомеостаза - узнаваемости и повторяемости облика многих геологических ансамблей разного состава, возраста, парагенезисов - стремления системы к некоей стационарной, устойчивой организации, наиболее приспособленной к динамической среде. С позиций нелинейной геодинамики освещается механизм формирования линзовых ансамблей архейских тектонических структур. В этом механизме линзы и складки - это собственная реакция системы в ответ на неспецифическое воздействие внешних сил, это овеществленные автоволны с характерными для них разномасштабными модами и отсутствием признаков хаотизации вещества при образовании узора.

Введение

В литературе линзы большинства тектонических ансамблей, как, впрочем, и складки, принято рассматривать как показатель последующей тектонической переработки изначально недеформированной серии пород [1]. Их могут соотносить со сдвиговыми структурами (или "региональными сдвиговыми структурами" - РСС. - по Б.М.Чикову, [2]), со структурами типа вязких разломов (shear zone) [3], зонами скупивания и меланжа [4], смятия [5] и т.п. Отсюда совершенно ясно, что линзы в таких сценариях - это продукт пассивной реакции недеформированного субстрата на воздействие внешних, как правило, дифференциальных (т.е. организованных анизотропно и неоднородно) внешних тектонических сил. Внутренняя организация таких зон линзования обнаруживает признаки диссипативных структур (самоорганизации), выраженной, прежде всего в самоподобии [2]. Но эти явления обусловлены развитием таких процессов в локальных участках, а именно - в области приложения сдвиговых напряжений к остающемуся пассивным субстрату. Иными словами, известное открытие М.А.Садовского [6] об иерархии естественной кусковатости имеет в самых современных построениях, подобных названному, четкое ограничение "сверху" - самоорганизация осуществляется лишь ниже этого ограничения, обычно совпадающего с границами этих самых сдвиговых зон с пассивным субстратом.

Однако для структурно-вещественных комплексов раннего докембрия, т.е. для процессов глобального корообразования, этого ограничения как будто бы не существует - иерархическое самоподобие не имеет ограничений сверху и наблюдается как составной компонент планетарной перколяционной

системы [7]. Остается добавить существенную особенность этих комплексов: оказывается, что линзовые, складчатые и полосчатые ансамбли типа архейских тоналито-метабазитов-железорудных систем составляют единую, внутренне согласованную конструкцию [8,9]. Мотив дальнего порядка является достаточно неожиданным для тектонических построений любого масштаба, поскольку он означает, что в такой динамической среде ни один компонент (включая микро- и макроблоки) не имел возможности совершать независимые перемещения смежных и даже сколь бы ни было удаленных друг от друга блоков, составляющих такую высокоупорядоченную конструкцию. С таким сюрпризом современная геотектоника вряд ли способна развиваться, если кардинально не изменит свою парадигму. Принцип накопления деформаций со временем (в образном комментарии Якоба Седерхольма - "у старого солдата больше шрамов, чем у молодого"), на котором основаны все координатные, да и некоторые другие тектонические реконструкции, оказывается неадекватным.

В традиционные трактовки тектонических линз и линзования приходится "вписать" и такое важное свойство иерархических линзовых ансамблей как их гомеостазис, которое в данном случае выражается в стремлении создать *устойчиво* характерный и довольно выраженный морфологический стереотип линзового узора, который не зависит ни от состава и набора пород, ни их географического положения, ни от возраста процесса. Структурно-вещественная организация линзовых ансамблей на примере тектонотипичных архейских комплексов Кольского полуострова, их морфология и парагенезисы в свете возможной интерпретации - предметы рассмотрения настоящей статьи.

¹ Статья публикуется в дискуссионном порядке.

Линзы и линзование в традиционных моделях с “пассивным” вязким течением

Схема образования линз в этих моделях довольно очевидна, а по выражению Е.И.Паталахи [5] даже тривиальна. Рассмотрим ее в трактовке В.В.Белоусова [10], который, наряду со многими геологами-структурщиками, сводил весь процесс к растяжению более вязкого слоя, зажатого между менее вязкими (рис.1). На границах между слоями, подвергнутыми раздавливанию и испытывающими растекание, возникают силы трения, которые стремятся растянуть слой большей вязкости. Величина этих сил растет с ростом той площади, на которую они действуют. Это означает, что чем больше становится отрезок зажатого слоя в направлении растягивающих сил трения, тем большему растяжению он подвергается. Должен существовать критический размер отрезка последнего, когда силы растяжения оказываются достаточными, чтобы образовать шейку. Размером этого отрезка и определяется расстояние между смежными шейками (см. рис.1). И только после этого растягивающие силы, по В.В.Белоусову, разделятся по обе стороны от возникшей шейки. Затем произойдет еще одно разделение. И так, до тех пор, пока предел ползучести не будет превышен растягивающими силами.

Столь подробное описание пассивного механизма линзования в представлениях известных тектонистов важно, чтобы представить и оценить физический смысл и адекватность этого и ему подобных объяснений [11,12]. Оказывается, если следовать такой схеме, линзовый ансамбль в рассмотренном механизме должен был бы состоять из разновозрастных, последовательно образованных линз. Таких признаков реальные линзовые ансамбли не несут, а, наоборот, являются, как мы увидим далее, согласованными и разновозрастными. Ясно, что такой механизм требует существенного изменения координат начала и конца движения, которое должно сопровождать 5-7, а иногда и 30-кратное изменение линейных размеров [13,14]. Учитывая огромные по площади ареалы ультраметаморфических комплексов с преобладающим типом подобных процессов (т.е. связанных с развитием дифференциального течения пород), можно было бы ожидать значительного сокращения исходной латерали с соответствующими значениями тектонического транспорта, что слабо согласовалось бы и с фиксированной идеологией авторов и, главное, с реальными фактами.

Другое дело мобилистские модели, в частности, тектонического скупивания неоднородно-слоистой литосферы, тектоники литосферных (микро-) плит. Линзовые или чешуйчато-линзовые ансамбли являются здесь тектонотипическим мотивом для зон меланжа, зон смятия или коллизионных швов, что в свою очередь являются органичным дополнением построений со значительными перемещениями блоков относительно друг друга. Так, в модели неоднородно-слоистой литосферы скупива-

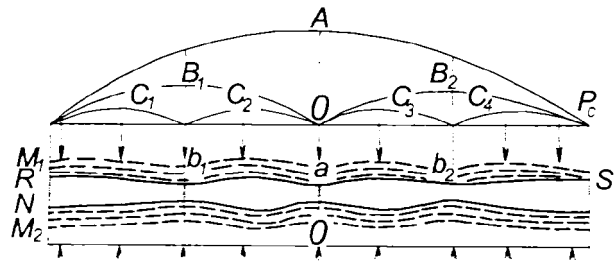


Рис.1. Механизм линзования более вязкого (твердого) слоя N между менее вязкими (мягкими) слоями, подвергнутыми нормальному сжатию. По В.В.Белоусову [10]. Поскольку сила A на оси O больше предела ползучести в слое N, в последнем образуется шейка a. После этого участки слоя Ra и Sa растягиваются силой, изображенной кривыми B1 и B2. Образуются новые шейки b1 и b2. И т.д. до тех пор, пока растягивающие силы будут ниже предела ползучести.

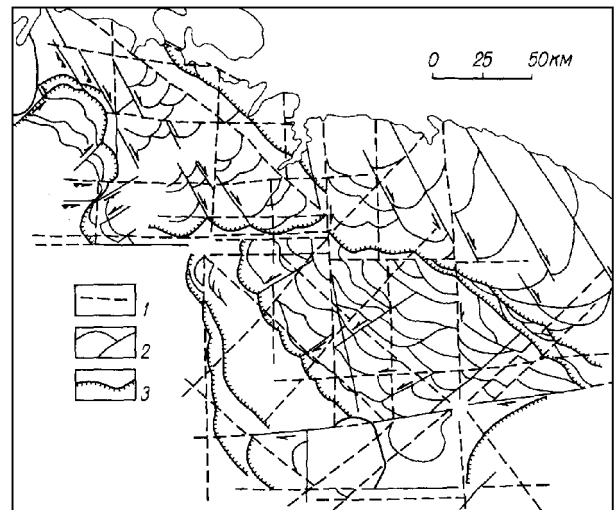


Рис.2. Иллюстрация идеи деструктивной тектоники (тектонического скупивания) в чешуйчато-линзовом комплексе кольских гнейсов. Интерпретация данных дистанционных наблюдений, по В.В.Баржицкому [16]: 1 – ортогональные зоны нарушений; 2 – проекции фронтальных зон надвигов на поверхность; 3 – глубокие зоны, крупные сутурные швы.

ние океанической коры должно приводить к образованию коры континентального типа, континентов в целом [4,15]. При этом линзы в широком интервале масштабов образуют тектонические агломераты с чешуйчатым стилем строения, призванные означать в данной модели проявление процессов нагромождения с одновременным формированием швов или поясов, как считается, коллизионного или сложно-сдвигового характера. В контексте настоящего материала показательна иллюстрация из работы В.В.Баржицкого [16], который зафиксировал линзово-чешуйчатый геометрический мотив в строении архейских пород Центрально-Кольского блока и рассмотрел его как показатель упомянутого выше механизма скупивания (рис.2). Многочисленные работы Е.И.Паталахи с коллегами могли бы рас-

смагиваться в качестве физико-механического обоснования механизмов пассивного вязкого течения вещества при формировании подобных чешуйчато-линзовых и микроскладчатых [17].

Нам не удалось найти в работах о тектоническом скучивании или сопровождающих его процессах вязкого течения ни одного упоминания о том, что же происходит при этом с системами, мысленно размещенными в координатах порядок - беспорядок. Это, однако, не мешает принимать версию о последовательной хаотизации, перемешивании некоей, как считается, изначально более упорядоченной (скорее всего, более понятной) конструкции. Данный подход отражен не только в таких специальных терминах как меланж, микстит, но даже и в самом общем понятии “деформация”, что независимо от воли и желания его создателей призвано указывать на потерю изначальной формы (“порядка”) в процессе тектонической эволюции [1].

Как отмечает Б.М.Чиков [2], на породном уровне сдвиговое течение выражено в рассланцевании, образовании характерных (микро-)структур разлинзования, проскальзывания, мелких складок течения и пр. Сдвиговые течения литосферных уровней определяются трансляцией породных масс по разломам, изменением формы геологических тел и их координат. В этой трактовке морфологическое проявление сдвигового течения (будинаж сжатия, трансляционное скольжение, пластическое течение в ламинарных и турбулентных формах) вполне отвечает “пассивной” динамике. Вместе с тем Б.М.Чиков принимает два важных дополнения. Одно касается идеи стесненного сдвига литосферы (тем самым как бы обходя проблему тектонического транспорта на макроуровне при активных признаках движения на микроуровнях). Второе дополнение, более для нас важное, касается возможности самоструктурирования, самоорганизации, т.е. упорядочивания, признаки которого содержатся в повсеместно наблюдаемой линзовидно-ячеистой структуре.

Все сказанное относится к РСС, которые в своем обзоре Б.М.Чиков склонен считать все же, несмотря на определенную противоречивость сделанных выше дополнений, результатом кооперативного действия нескольких взаимосвязанных геодинамических механизмов, обеспечивающих их саморазвитие в понимании И.Р.Пригожина. Но эти процессы в рассматриваемом обзоре локализованы зоной подкачки тектонической энергии, т.е. зоной РСС, имеющей четкие границы с субстратом (рамой), на который эти процессы не распространяются (рис.3). К сожалению, отсутствие данных о геометрии РСС, взаимоотношениях последней с субстратом не позволяет понять, какие признаки нелинейной динамики в этом содержатся, и какие признаки диссипативных структур сами РСС несут. Заметим, что только простое разлинзование, будинирование, меланжирование, которые Б.М.Чиков включает в качестве признаков самоорганизации, без раскрытия

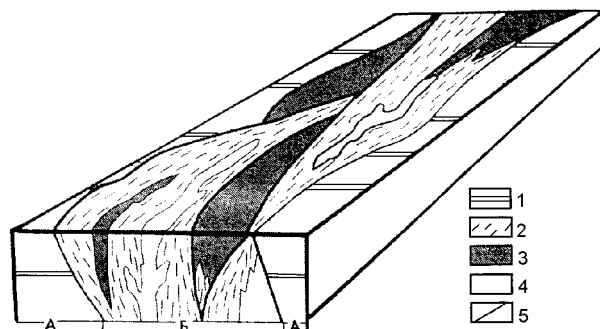


Рис.3. Схема типовой структурной неоднородности региональной системы сдвига: 1 - субстрат, на основе которого формируется сдвиговая система (А); 2 - 5 - структурно-породные комплексы зоны сдвига (Б): 2 - тектониты (тектоно-микститы, катаклазит-милонитовая ассоциация), 3 - реликтовые блоки субстрата; 4 - дайково-плутонические “тела включения”; 5 - морфологически выраженные разломы. Субстрат и сдвиговый комплекс аддитивны.

сущности их нелинейно-динамической эволюции, могут относиться к разным динамическим сценариям (как к пассивному, так и активному - самоорганизационному), но, все же, оставаясь частью традиционной пассивной версии вязко-сдвиговой тектоники.

По существу трактовки Б.М.Чикова его РСС не обладают признаками дальнего порядка, а самоподобные элементы свойственны лишь определенной части их ансамбля, скорее как частный, а не общий случай. В настоящей статье мы хотели бы рассмотреть некоторые общие признаки тектонического линзования, особый характер отношений между линзованием, полосчатостью и складчатостью. Это могло бы свидетельствовать о некоторых универсальных особенностях архейских (если не литосферных в целом) линзовых ансамблей, инвариантных ни по масштабу, ни по вещественному составу субстрата, ни по его возрасту. Толчком для нашего пристального внимания к проблеме линз стало открытие иерархической линзовой структуры Кировогорского месторождения железистых кварцитов в архее Кольского полуострова (“структуры Кировогорского типа”) [18].

Иерархия самоподобных линз Кировогорского месторождения - новый тип структурной организации месторождений полосчатых железных руд

Кировогорское месторождение железистых кварцитов, открытое в 1932 г. и эксплуатируемое с 1976 г., находится в Примандровском железорудном районе, где кроме него разрабатываются 4 других месторождения, включая Оленегорское. Основным структурообразующим мотивом района является сочетание линзово-овальных блоков тоналито-гнейсовых пород с породами контрастной по составу гнейсо-железорудной толщи [19]. Железистые кварциты занимают в ней центральную зону, находясь в “рубашке” кислых гнейсов - лептитов и глиноземистых гнейсов. По краям продуктивной зоны

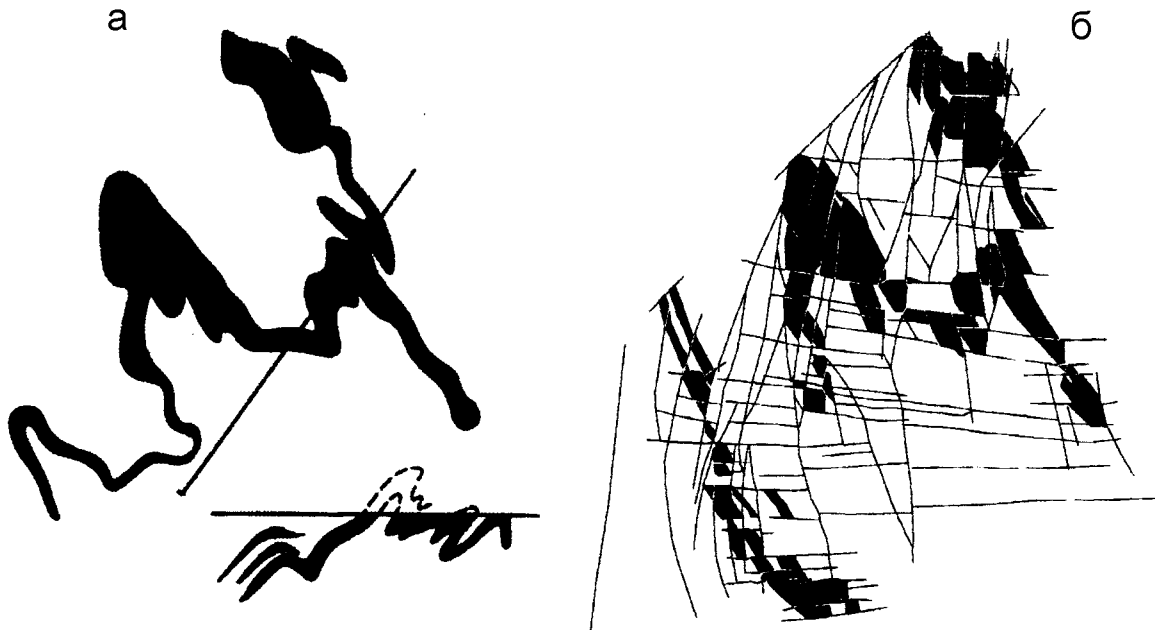


Рис.4. Кировогорское месторождение железистых кварцитов (варианты геологической интерпретации): а - изоклиально-складчатый мотив (интерпретация Е.А.Гедовиуса [20]); б - деструктивно-блоковый (интерпретация П.М.Горяинова [22]).

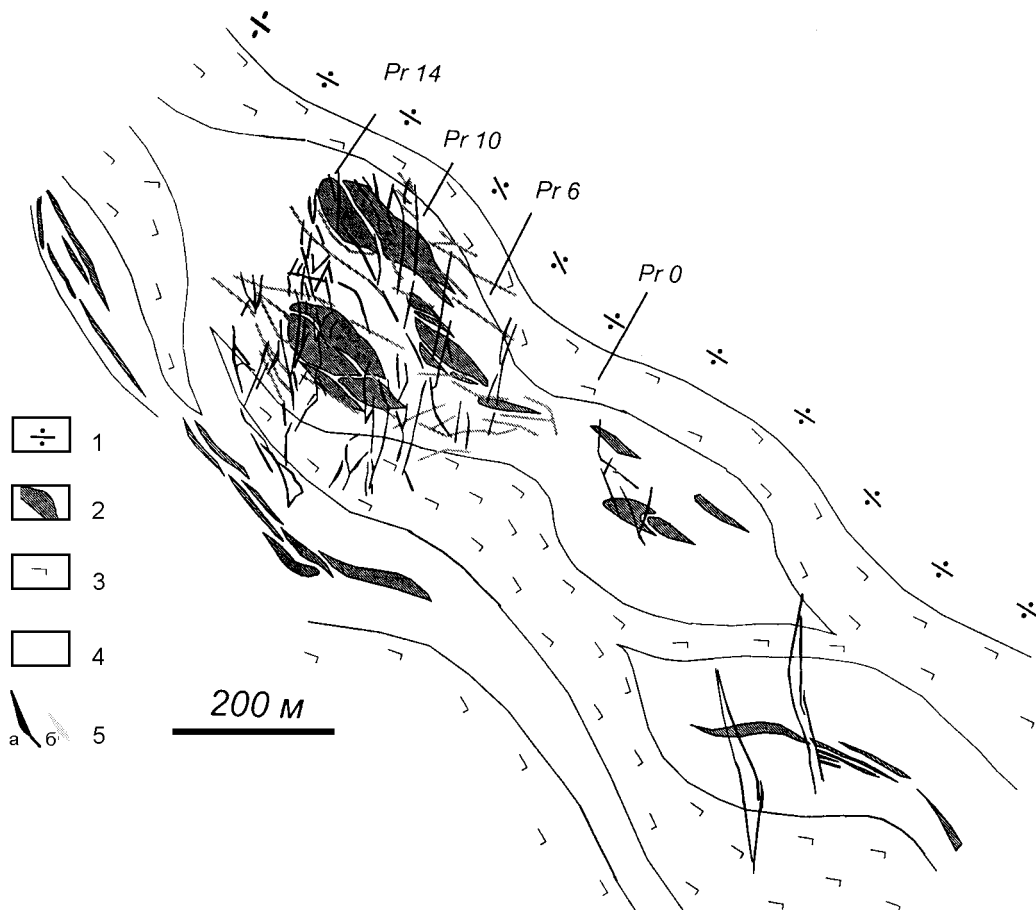


Рис.5. Геологическая схема Кировогорского месторождения: 1 – тоналиты, 2 - железистые кварциты, 3 – амфиболиты, 4 – лептитовые гнейсы, 5 – дайки: а – диабазов, б - пегматитов.

расположены амфиболиты, непосредственно примыкающие к гнейсо-тоналитам. Само рудное тело при этом может быть представлено или монолитным

пластом (как на Оленегорском месторождении), или быть диспергированным на несколько частей, как на Кировогорском месторождении. В любом случае

характерная симметрия разреза рудовмещающей толщи сохраняется довольно четко.

Месторождение состоит из нескольких частей, известных еще с 1932 года, которые считались Д.В.Шифриным отдельными изолированными линзовидными телами осадочной природы. После детальной разведки 1947-1948 гг. структура была переинтерпретирована - все фрагменты были объединены предположительно¹ в единый пласт, смятый в серию знакопеременных изоклиналей (рис.4,а) [20]. Более того, этот разрез приобрел статус тектонотипического для изоклинально-складчатой кольской серии архея [21]. Много позже было установлено, что продуктивная толща имеет чешуйчато-моноклиналиное строение, а признаки, изоклиналиной складчатости оказались ложными [19]. В рамках следствия из доминирующего представления об осадочном генезисе железистых кварцитов - все разновидности породной ассоциации изначально должны залегать горизонтально - пришлось усиленно искать альтернативу структурной интерпретации вне изоклиналино-складчатой, а внутри чешуйчато-моноклиналиной идеи. Появилась схема блоковой деструкции, объясняемой участием архейских гнейсов в беломорско-карельской активизации (рис.4,б) [22].

Совершенно неожиданные результаты дало детальное картирование глубоких горизонтов обработки месторождения. Для него характерно изобилие межблоковых дизъюнктивов, хорошо выраженных в магнитном поле в виде относительно прямых секущих отрезков и фиксируемых не только дайками пегматитов и диабазов, но и новообразованиями крупнозернистого пироксена с магнетитом, метаморфически изофациальными с вмещающими железистыми кварцитами². Тем не менее, в очертаниях тел железистых кварцитов абсолютно отсутствуют угловато-ступенчатые линии (рис.5). Прослеживание границ выявило удивительную, никогда ранее не отмечаемую форму рудных ансамблей, и не только на Кольском полуострове, но и в других регионах с архейскими железорудными комплексами. Оказалось, что плавно-криволинейные границы железистых кварцитов очерчивают контуры линз разного порядка или скопления последних (гломеры). На Кировогорском месторождении их три, сгруппированные в самоподобный ансамбль. Все линзы в плане и разрезах диссимметричны (рис.6,7). Они напоминают падающие капли: их голова на планах обращена на СЗ, а в продольных разрезах обращена к поверхности, по восстанию залежи. Размеры "участников" линзовой иерархии заключены в пределах от 1,8-2 км до нескольких сантиметров. Такую линзоч-

ку отпрепарировал и ошибочно описал как колчано-видную складку В.В.Балаганский [24].

В продольном сечении можно видеть, что размер линз уменьшается, крупная гломера рассыпается на несколько все более мелких и выклинивается к хвосту (рис.7). Никаких признаков межблочных шеек и теней давления в линзах нет. Склонение (погружение) линзового пакета 30-35° на юг, что совпадает с многочисленными замерами минеральной В-линейности на поверхности.

Продольный разрез продуктивной толщи следующего масштабного уровня (Айварское - Оленегорское - Комсомольское месторождение) имеет сходный мотив (рис.8). Обращает внимание взаимоотношение современной эрозионной поверхности с линзовым ансамблем разного масштаба: во всех случаях эрозия "скользит" вдоль их контура, не подвергая головную, приповерхностную часть скользко-нибудь значительному срезанию. Та же закономерность прослеживается и на поперечных разрезах. Но в этом сечении линзы и их гломеры обнаруживают ряд новых и весьма содержательных элементов, особенно ярко проявленных на выходе рудного тела к поверхности (профили 14-9, см. продольный разрез месторождения, рис.7).

При юго-западном падении в линзах наблюдаются "листрические" изгибы (рис.9), завихрения, причем столь резкие, что в ряде сечений (профиль 14), линза имеет обратное СВ падение, напоминая гребень штормовой волны. Зоны завихрения сопровождаются срывами (как и положено, для гребней волн), которые материализуются в виде пологих тектонических поверхностей со смещениями, и идентифицируются как надвиги. Это последнее было ошибочно истолковано как проявление беломорско-карельской тектонической активизации [22]. Их влияние лишь на основании наблюдений поверхностных частей рудных тел было распространено на всю глубину (см.рис.4, б), им была придана роль деструктивных факторов. Ошибку удалось исправить после вскрытия глубоких горизонтов: "надвиги" встречены только вблизи поверхности, и, судя по наблюдаемому узору, являются неотъемлемой частью последнего, иными словами они составляют сущность основного структурирующего события - нелинейного возрастания скорости разгрузки энергопотока у поверхности, а не аддитивны к нему.

При всей экзотичности структурного узора - он совсем "не-осадочный" и даже "не-деформационный" - четко узнаваемая зональность вмещающих гнейсов от него не зависит ни в какой степени. Последнее требует пояснения. Многократно установлено [1,8], что рудовмещающая толща с характерной для нее зональностью (тоналиты - амфиболиты - лептиты - железистые кварциты - лептиты - амфиболиты - тоналиты) не перемешивается при появлении в ней диспергированных на линзовые гломеры и мелкие линзы рудных тел, как, впрочем, и появлении складчатых зон в железистых кварцитах.

¹ в процессе той разведки проследить связи изолированных линз между собой не удалось.

² они по ошибке отнесены к реликтам пироксенитового субстрата [23].

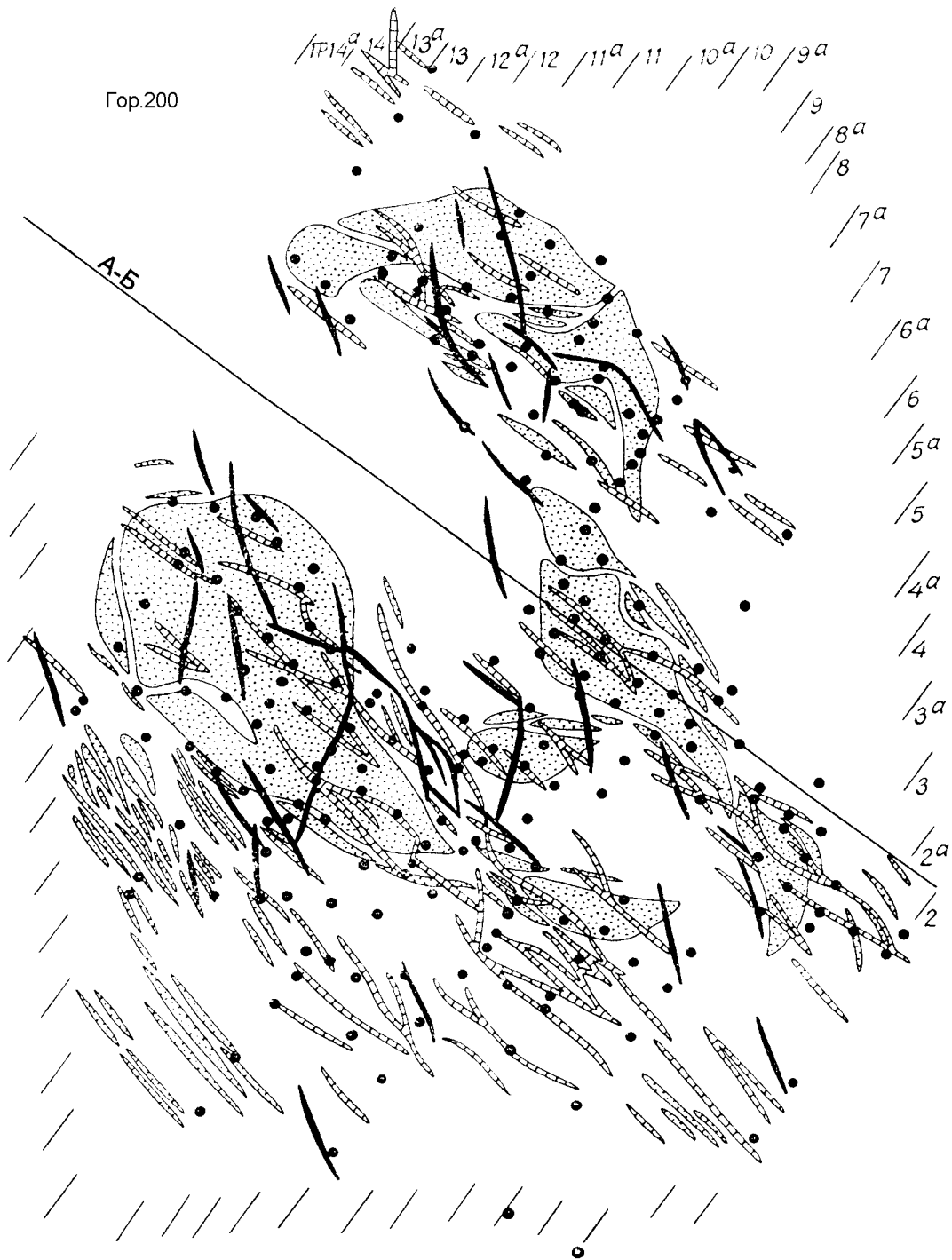


Рис.6. Организация линзового ансамбля Кировогорского месторождения на горизонте 200 м. Пегматиты – штриховка, диабазы – черная заливка. Расстояние между профилями 14-12-10 – 200 м

Сами же железистые кварциты, формирующие линзы, обладают аутигенной зональностью (силикаты-сульфиды-магнетит-гематит), и не фрагментированной, как следовало бы ожидать при разлинзовании и интенсивной складчатости исходного пласта, а завершенной, порой идеальной, литотипичной для любых (!) джеспилитовых комплексов мира, в том числе таких, как Верхнее озеро – эталон «осадочной» зональности [19].

Специальные исследования, рекомендованные для выявления и тестирования хаотически-детерминированных систем, позволили установить в

железистых кварцитах неограниченную самосогласованность внутреннего строения (Горяинов и др., 1997). Она подразумевает взаимосвязанность, когерентность не только компонентов собственно железистых кварцитов – их химического и минерального состава, но и «вторичных» процессов разлинзования, складчатости, блоковой делимости, и даже формирования роев даек.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что кировогорский тип организации железорудных ансамблей не является исключительным явлением. Он проявлен, как кажется, повсеместно, но на Киро-

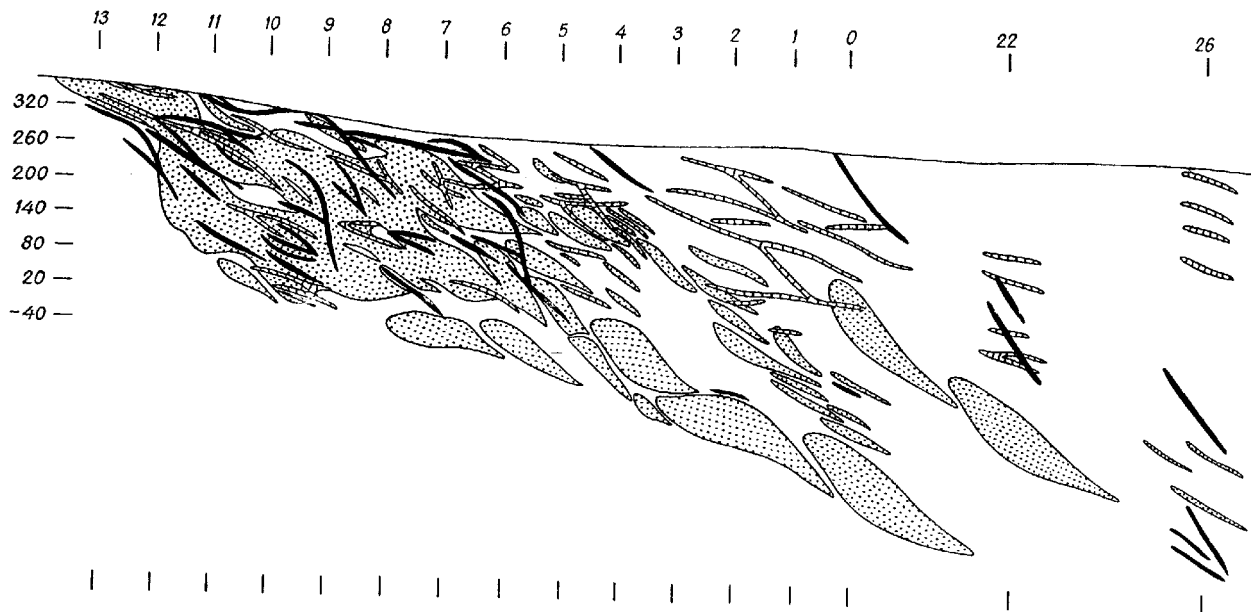


Рис.7. Продольный разрез Кировогорского месторождения. Рудные линзы погружаются на ЮВ и в этом направлении выклиниваются, распадаясь на все более многочисленные, но мелкие линзы. Секции тела пегматитов и диабазов (см. рис. 6) наиболее плотно заселяют верхние горизонты и исчезающе редки на самых нижних горизонтах. На вертикальной оси показаны высотные отметки от уровня моря.

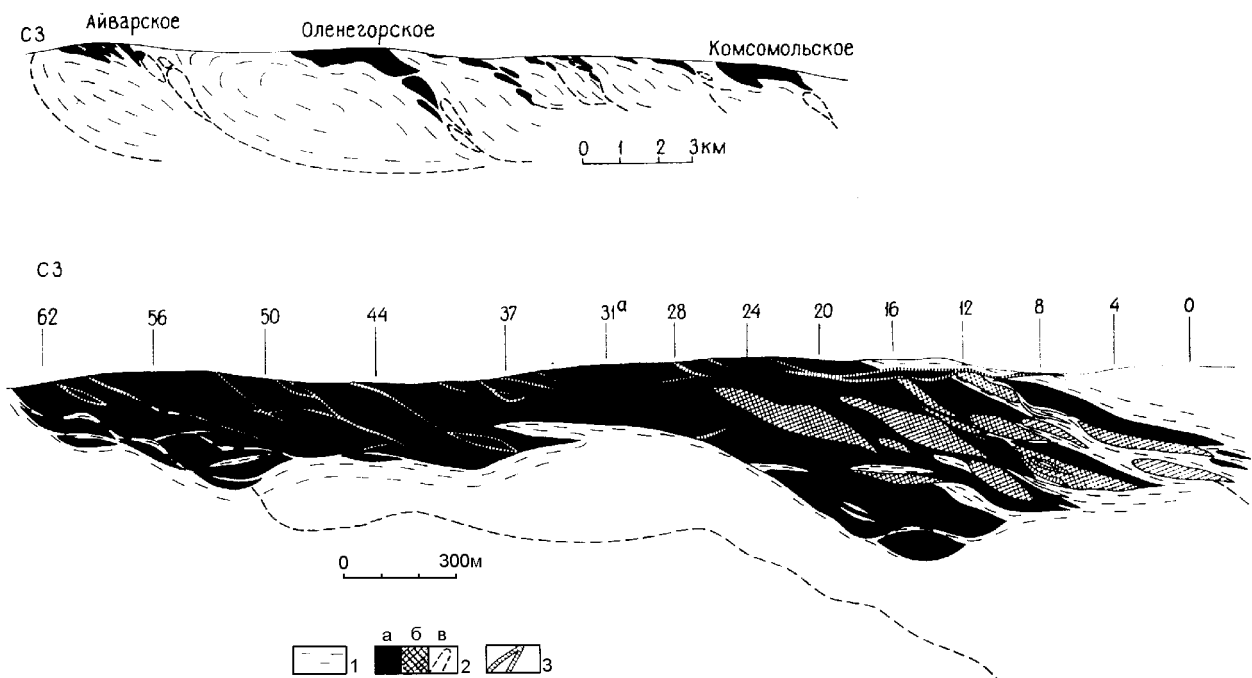


Рис.8. Продольный разрез СВ шва Главного Примандровского овала и расположенного в нем Оленегорского месторождения. Самоподобные линзы в обоих разрезах (как и на рис.7) погружаются на ЮВ примерно одинаково: 1-вещающий гнейсо-амфиболитовый комплекс; 2 - железистые кварциты: а - рудные гематито-магнетитовые, б - слаборудные магнетито-сульфидно-силикатные, в - предполагаемые границы нижних ограничений рудных линз; 3 - пегматиты.

вогорском месторождении этот тип выражен полнее и поэтому был, наконец, выделен и описан. Он позволил понять, что фрактальность и “синергичность” железорудных линзовых систем существенно меняет представление о динамической среде зарождения линз. Когерентность, как следствие кооперативного поведения элементов и подсистем, не оставляет возможности для осуществления “коорди-

натного” анализа: ни количественных оценок амплитуд тектонического транспорта в так называемых вязких потоках, ни даже степени деформированности ансамбля. Чтобы несколько прояснить вопрос, рассмотрим особенности узоров в породных комплексах архея, имеющих в разрезе железорудные тела различной мощности, т.е. региональный структурный мотив.

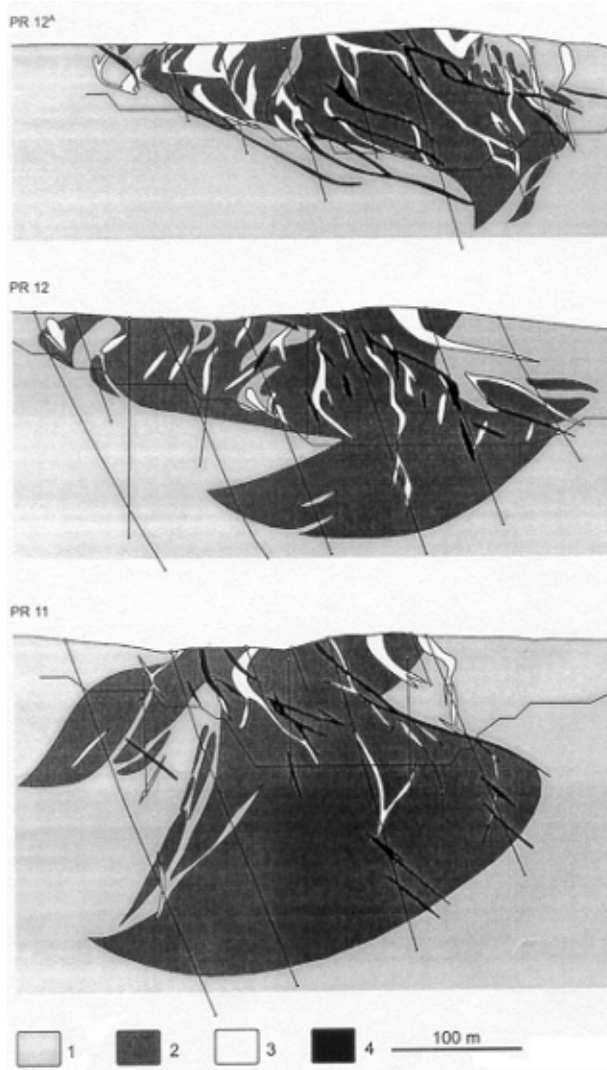


Рис.9. Геологические разрезы Кировогорского месторождения железистых кварцитов. Примандровский район, Кольский п-ов: 1 – лейкократовые биотитовые гнейсы (лептиниты), 2 – железистые кварциты, 3 – пегматиты, 4 – диабазы. Расстояния между профилями 100 м. Головная часть рудных гломеров сорвана по листрическим поверхностям (локальные или бестранспортные надвиги).

Линзовые структуры в железорудных ансамблях регионального уровня

Чешуйчато-линзовый мотив гнейсовой толщи Кольско-Норвежского мегаблока (ареала Кольской железорудной провинции) четко морфологически выражен как в данных дистанционных наблюдений (аэро- и космических снимков), так и в узоре аномального магнитного поля. Следуя традиции, этот мотив обычно рассматривался в объеме концепции латерального сгруживания (“скупивания”), допускающего значительные горизонтальные перемещения - до сотен километров для структур рассматриваемого мегаблока (см. выше [16]). Однако анализ показал, что глубинный магматизм в течении более чем 2 млрд. лет фиксирует одни и те же зоны, что не допускает значимых перемещений (Gogainov, 1990).

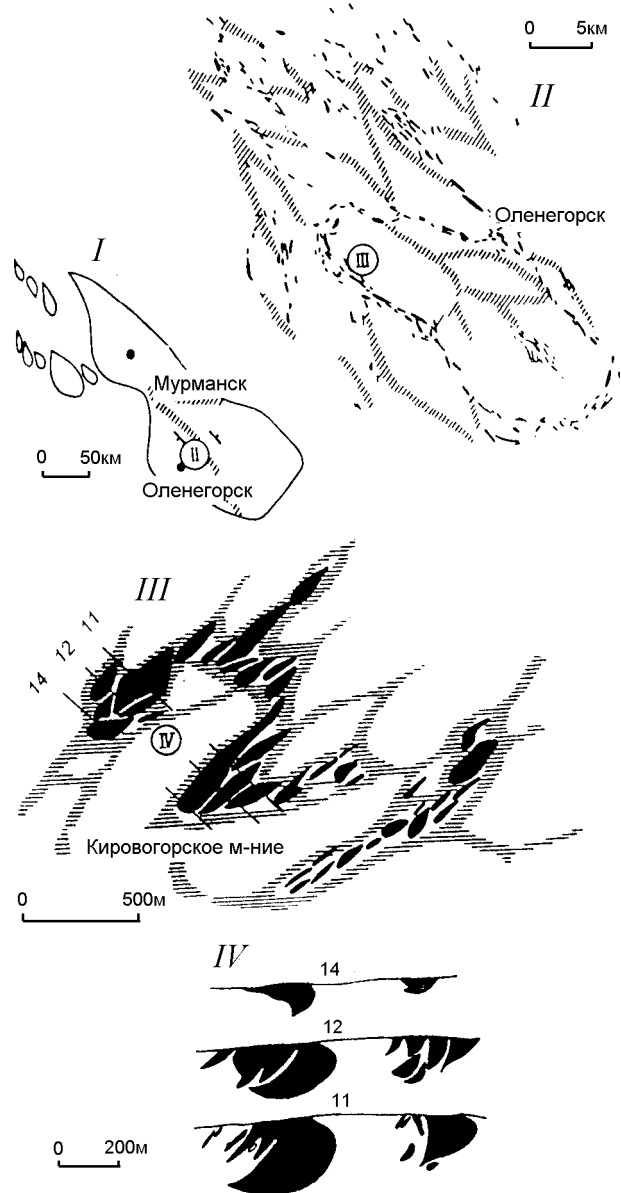


Рис.10. Проявление масштабной инвариантности в организации архейских гнейсо-железорудных комплексов Кольского полуострова: I - Кольско-Норвежский мегаблок, II - Примандровский (Оленегорский) район, III - линзовый ансамбль Кировогорского месторождения, IV - он же, в разрезах (черное - железистые кварциты).

Такой же вывод следует из рассмотрения все более мелко масштабных (относительно линзового ансамбля Кировогорского месторождения) структур, в формировании которых участвуют гнейсо-железородная толща (рис.10).

Иерархический линзовый ансамбль Кировогорского месторождения расположен в юго-западном обрамлении тоналитового овала размером 15 x 25 км (рис.10, II). Он сложен гнейсовидными известково-щелочными породами (тоналитами) с 65-67% кремнезема, образующими исключительно монотонную толщу. Геометрия овала, окаймленного контрастным гнейсо-железородным комплексом и составляющего основной элемент узора аномально-

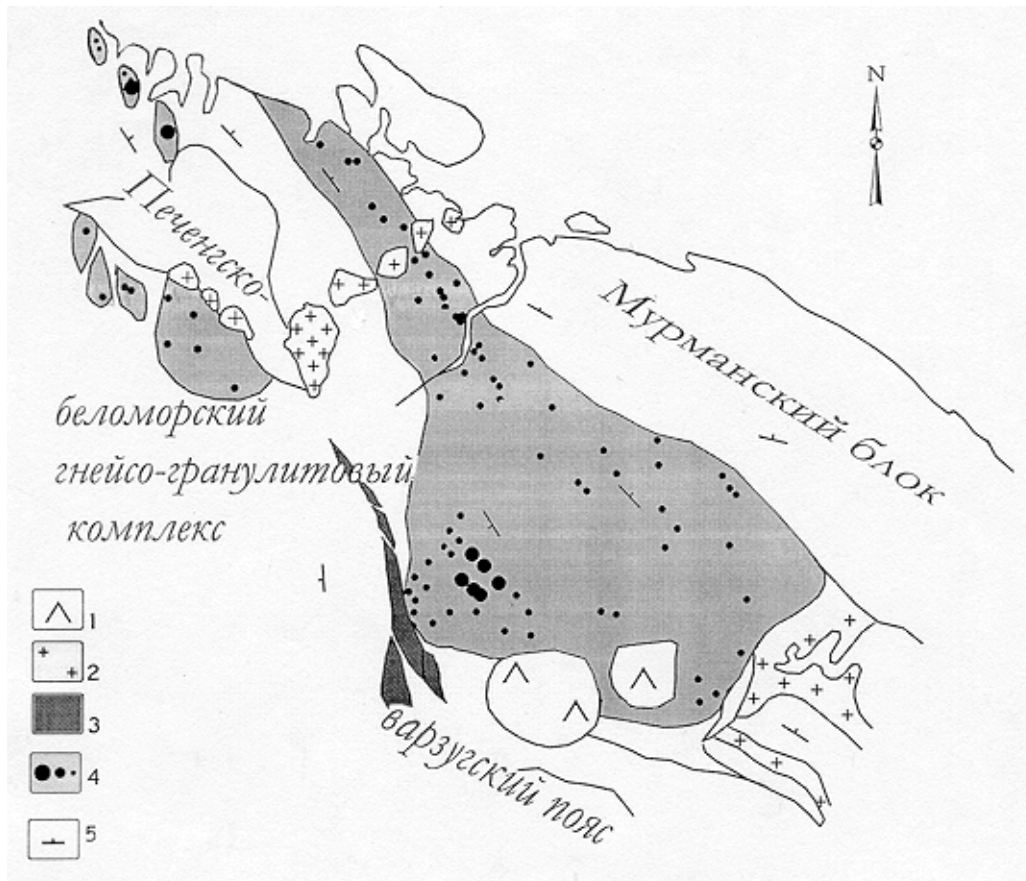


Рис.11. Кольско-Норвежский мегаблок – ареал архейской ПЖФ: 1 – нефелиновые сиениты; 2 – гранитоиды разных типов; 3 – базито-ультрабазитовый комплекс Главного хребта; 4 – гнейсо-железородный комплекс (ПЖФ, “кольская серия”); 5 – структурные элементы.

го магнитного поля, характеризуется диссимметрией: юго-восточное обрамление имеет тупое, а северо-западное - заостренное ограничение (та же “капля” - см. выше). Внутри овала, в свою очередь, намечается линзовидная делимость, которая и в магнитном поле, и в разрезе выражена не столь контрастно - по стыкам линз развиты маломощные меланократовые гнейсы, и только в одном случае некоторые внутренние межлинзовые стыки заполнены гнейсами с железистыми кварцитами - это аномалия Безымянная. Швы между продуктивной толщей и тоналитами выполнены согласно залегающими биотитовыми сланцами-бластомилонитами с характерными кинк-бандами и микроскладками.

Повторение линзового мотива мы обнаруживаем и на региональном, уровне, прослеживая теперь уже контуры ареала всей гнейсо-железородной формации (рис.10,11). Она имеет реальные геологические границы, которые фиксированы стыком контрастных ультраметаморфических комплексов и ограничены тектоническими зонами с характерными магматическими образованиями типа габбро-анортозитов Главного хребта или габбро-пироксенитов Федоровых тундр, а также линейных зон типа Колзеро-Воронья [19]. Как мы уже видели, контур мегаблока диссимметрично-линзовидный, его широкая часть расположена на юго-востоке, на северо-западе же он сужается, распадаясь на несколько

мелких линз. В одной из таких мелких линз расположено месторождение Бьерневан вблизи Киркенеса и ряд мелких месторождений в Южно-Печенгской зоне. Как это свойственно линзам (см. разрезы на рис.9), падение пород на разных ее бортах может быть противоположным (как и на крыльях антиформы), что отмечается и для малых линз, и для мегалинзы, где ее Оленегорская часть имеет юго-восточное падение, а Чудзьяврско-Вороньинская - северо-восточное (рис.10,1; 11).

Таким образом, налицо самоподобный, фрактальный мотив. Примеры линзовой организации полосчатых железородных формаций довольно многочисленны, если не сказать, что это чуть ли не единственно повторяющийся мотив, установленный для восточной части Балтийского щита, Украинского щита, блока Йиллгарн (иллюстрации см. - Горяинов, Балабонин, 1988; [8]). В качестве примера приводится схема структурного каркаса, определяемого осями магнитных аномалий над железородной толщей района КМА (рис.12). Здесь ядра линз сложены гнейсо-гранодиоритами (тоналитами) так называемой обоянской “серии”. Межлинзовые швы вмещают собственно железородные формации - между крупными линзами расположены довольно протяженные полосы, между небольшими линзами, соответственно, маломощные и непротяженные полосы. С первыми связаны гигантские месторождения же-

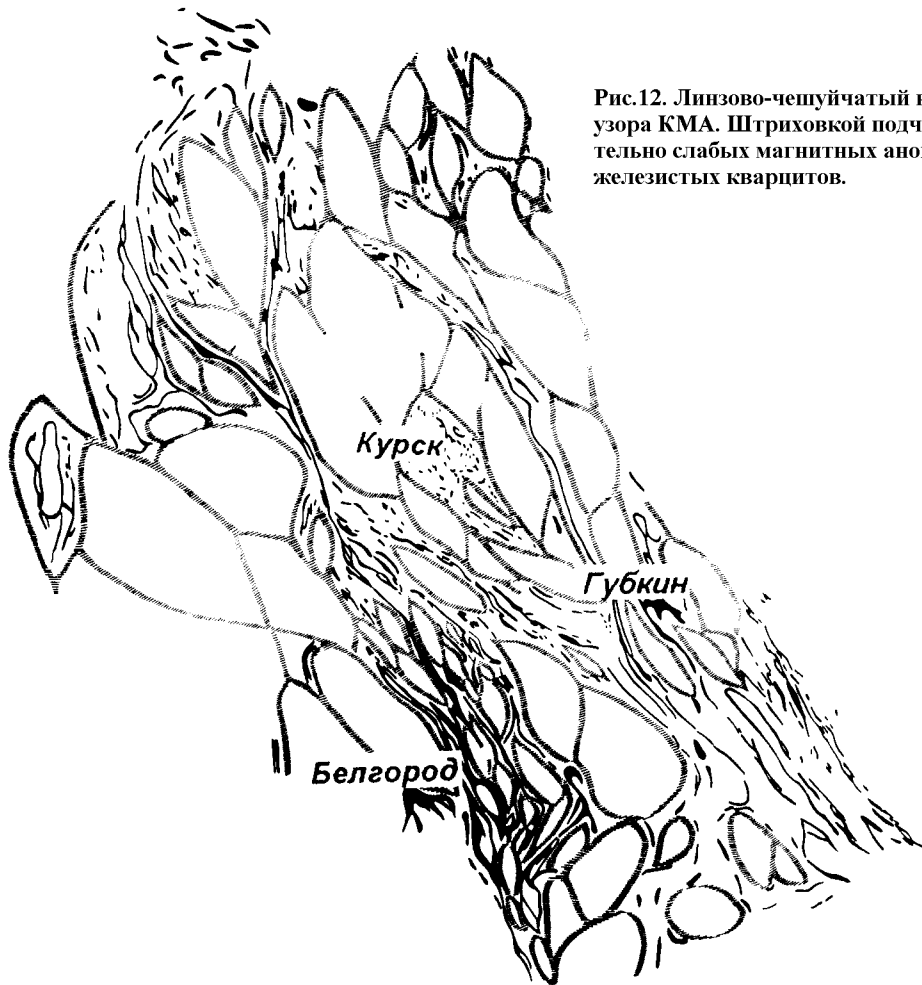


Рис.12. Линзово-чешуйчатый каркас структурного узора КМА. Штриховкой подчеркнуты оси сравнительно слабых магнитных аномалий. Черное - тела железистых кварцитов.

лезистых формаций, ассоциированных главным образом со сланцами, со вторыми - рудопроявления железистых кварцитов с гнейсами. Однако структурный узор для обоих типов общий, что наводит на мысль о сомнительности официальной версии о разновозрастности этих двух типов формаций - гнейсовой и сланцевой. Он самоподобен и фрактален и более всего напоминает (по способу структурирования пространства и размерности) перколяционный кластер - связную структуру протекания потоков различной природы.

Линзовые ансамбли подобного типа вовсе не прерогатива исключительно гнейсо-железорудных комплексов.

Линзовые ансамбли в “нежелезорудных” (ультра) метаморфических комплексах

Методически важно, что оба приведенных ниже примера были в начале закартированы (соответственно в 1974 и 1981 годах) и лишь потом, спустя несколько лет, после открытия структуры кировогорского типа, осмыслены. Первый (рис.13) зафиксирован на 1145 км автодороги Мурманск - С.Петербург. Здесь в мигматизированных биотитовых гнейсах установлено тело массивных (гранато)-роговообманковых амфиболитов - одно из нескольких четко выраженных на аэроснимках в виде линз

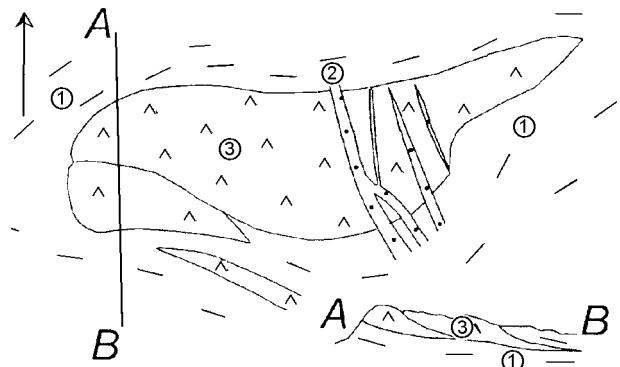


Рис.13. Диссимметричная линза апогаббровых амфиболитов в беломорских гнейсах. Автодорога Мурманск - С.Петербург, 1145 км. План (а) и разрез (б). Крестиками выделены пегматиты.

и темных линзовидных пятен на сером фоне. Границы тела прослежены полностью и инструментально привязаны. Форма тела каплеобразно-линзовидная. Одновременно с утонением ее на восток она ныряет в гнейсы, и, наоборот, западная часть линзы, в месте ее “выныривания”, утолщена. И в плане, и в разрезе она напоминает линзы Кировогорского месторождения: утолщение по восстанию и полное выклинивание по падению. Эрозионная поверхность и здесь не искажает морфологию тела.

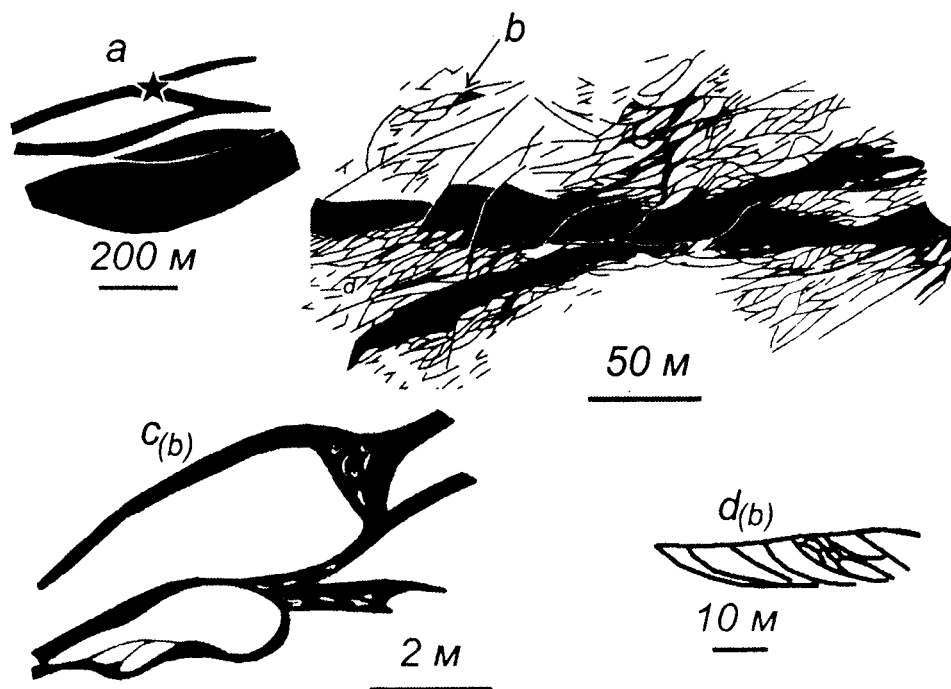


Рис.14. Линзовый ансамбль в лептитях. Р.Снежница, горло Белого моря: а - фрагмент вулканогенного комплекса р.Снежница ("Поной-Качковка-Снежница). Темное - сланцеватые амфиболиты с полосами геллефлинт (плагиокремнистых пород), светлое - лептиты и геллефлинта. Звездой отмечен участок детальной съемки (b), где темное - амфиболиты, массивные и сланцеватые; светлое - лептиты-геллефлинта с межлинзовыми поверхностями, маркированными роговообманковыми и биотитовыми сланцами. Детальные разрезы линз в продольном сечении (с и d).

Границы линзы согласные. Амфиболиты вблизи контакта обогащены гранатом и приобретают эклогитоподобный облик. Анхимономинеральный характер позволяет рассматривать амфиболиты как апо-габбровые или даже апо-пироксенитовые породы, краевые части которых "разбавлены" метатектом до мезо- или даже лейкократовых роговообманковых гнейсов.

Второй пример - сетчато-линзовидный ансамбль в устье р.Снежница (горло Белого моря) (рис.14). Амфиболиты вместе с вмещающими кислыми породами района объединяются с конца 30-х годов в осадочно-метаморфический комплекс Поной-Качковка-Снежница. При этом сами амфиболиты ряд геологов считают вулканитами. В одних схемах кислые породы - субстрат, а основные слагают грабены в них, в других - наоборот, это секущие микроклиновые граниты. На самом деле ни одного случая секущего залегания этих "гранитов" не установлено. Да и сами "микроклиновые граниты" оказались довольно странными породами, в которых до 90% SiO_2 (кагуситы -?). В них слабо выражена гнейсовидность, а зернистость в среднем характеризуется размерами не более 0,2-0,3 мм, что отвечает классическим лептитам или даже геллефлинту. Грабенов конечно нет: согласно залегающие лептиты и амфиболиты формируют перемежающиеся полого залегающие пакеты.

Более информативным в данном примере оказался не разрез комплекса, а его план, который был отснят на полуинструментальной основе (рис.14,а). Оказалось, что амфиболиты (45-52% SiO_2) образуют вовсе не грабены, а довольно крупные линзовидные

тела-вкладыши до 300-400 м мощностью в лептитях (или наоборот, лептитов в амфиболитах) (рис.14,б). В районе отсутствуют типичные гранитизационные явления: мигматиты, пегматиты. Небольшие согласные тела лептитов-геллефлинт, визуально весьма сходные с кремнистыми, даже яшмоидными породами и обычно за них принимаемые, переполняют разрез сланцеватых амфиболитов. И, наоборот, в лептитях обычны маломощные меланократовые прокладки биотитово-роговообманковых сланцев, которые показывают, что сами лептитовые вкладыши в свою очередь состоят из множества линз. Они составляют узор из сочетания караваеподобных, чечевицеобразных тел размером 1,0-2,2 x 3,0-5,0 м (рис.14,в).

В сечении *ab* четко предстает уже знакомый профиль линз. У всех линз в этом сечении проявлена каплеобразная форма: утолщенная часть обращена вверх по восстанию сравнительно пологой структуры (20-40°), как бы в направлении транспорта.

Таким образом, в рассмотренном ансамбле из контрастно сочетающихся амфиболитов и лептитов отмечаются:

субординация линзовых пакетов одной группы пород в другой, причем ни та, ни другая группа не является секущей;

характерная каплеобразная форма линз (аэро- или гидродинамический профиль крыла), что могло быть характерно для потоков;

признаки того, что своеобразное структурирование недифференцированных базитовых серий связано с зарождением первичного (для данной зоны) сиалического вещества.

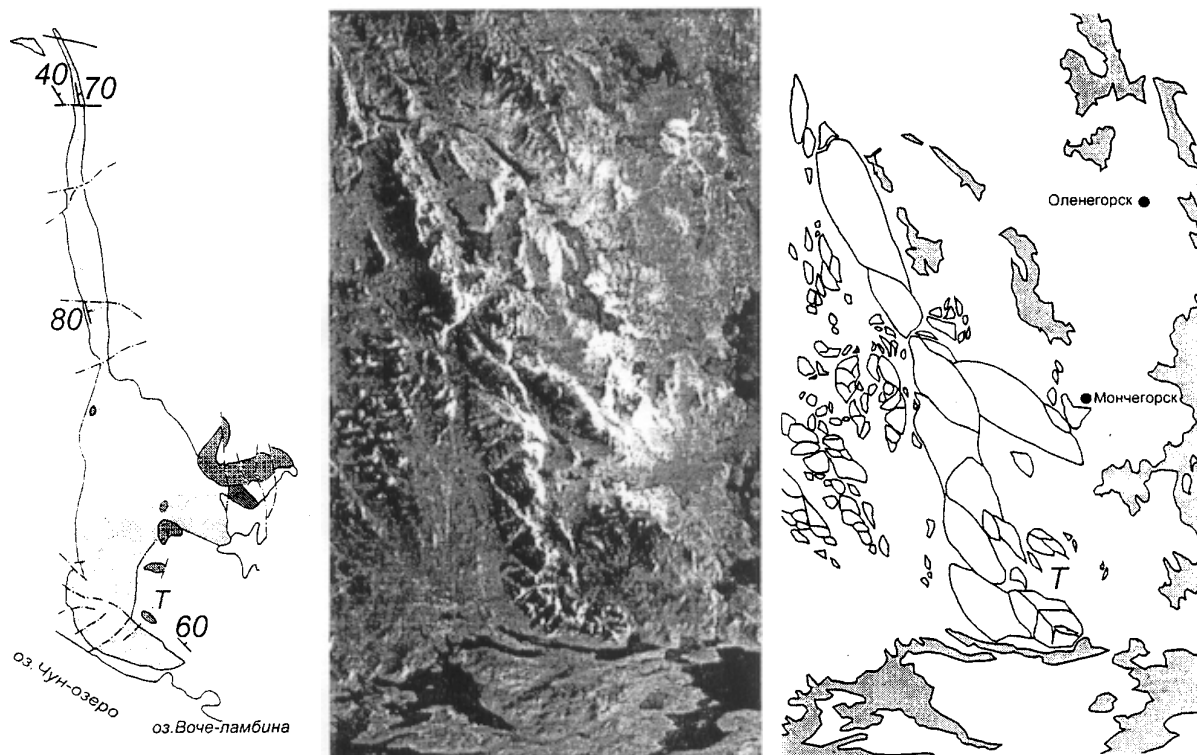


Рис.15. Главный хребт Чуна-Монче-Волчьих и Лосевых тундр. Левый рисунок – общепринятая геологическая трактовка [25]: габбро-анортозиты (светло-серое) и пироксениты (темно-серое); в центре – фрагмент космического радарного снимка бокового обзора по технологии SAR. Публикуется с любезного разрешения доктора Пауля Зайха (Европейское космическое агентство, ESTEC-ЕЕР); правый рисунок – интерпретация снимка. Снимок показывает, что массив – это не единое интрузивное тело, расчлененное разломами, а самоподобный пакет разномасштабных линз с выдержанным диссимметричным стилем. К западу от массива расположены диспергированные и гранитизированные беломорскими гнейсо-мигматитами линзовые пакеты метагаббро. Т - массив оз. Тулпявр.

В этом смысле полезно рассмотреть следующий пример.

Зона габбро-анортозитов Главного хребта Монче-Волчьих-Лосевых тундр - пример неинтрузивных соотношений с гнейсовым комплексом

В нашем распоряжении, благодаря INTERNET, оказались космические радарные снимки (SAR - Synthetic Aperture Radar on ERS-1) бокового обзора Приимандровского района с прилегающими к нему Хибинским и Монче-Волчьегундровским горными массивами, присланные экологом из Нидерландов доктором Паулем Зайхом (рис.15). Такого поразительного эффекта нам не удавалось наблюдать ни на каких материалах оптических снимков из космоса. Обычно комплекс габброидных пород Чуна-Монче-Волчьих и Лосевых тундр связывают с громадным интрузивом площадью около 500 км² и протяженностью около 120 км, который имеет четкие, хотя и согласные контакты с простиранием вмещающих кольских и беломорских гнейсов, и подвергнут более поздней тектонической блокировке [25]. Нам приходилось проследивать переход пород массива на запад - в мигматизированные беломорские гнейсы и на восток - гнейсы железорудного комплекса. Если с последними зона контакта локализована и выражена четко в виде зо-

ны эклогитоподобных пород, то на запад массив, как показали наблюдения вдоль р.Вайкис, четкой границы не имеет. Сначала габбро превращаются в габбро-амфиболиты и амфиболиты, затем в них появляются зоны гнейсов. А в отдалении от линии предполагаемого контакта, через гнейсовый промежуток, снова появляются габбро, неотличимые по составу от таковых, слагающих сам хребт. Массив как бы растворяется в “кислом” материале. Фрагменты и резисторы основного субстрата в гнейсах беломорского комплекса довольно обычны (чего, кстати, не наблюдается в гнейсах железорудной формации). Один из таких примеров и показан выше (см. рис.14).

Упомянутые снимки дают определенный повод для коррекции представлений о геологии массива. На снимках четко видно (рис.15), что мы имеем дело не с единым интрузивным телом основных пород, подвергнутым тектонической блокировке - он состоит из разномасштабных самоподобных линз, упакованных в субмеридианальную зону, которая считается главным тектоническим швом Кольского полуострова. С запада к “массиву” примыкают линзовидные тела метабазитов, сохранивших в центре габбровую фактуру, а с краев “размытых” гнейсомигматитами до роговообманковых гнейсов и амфиболитов. Такое впечатление, что эти линзовидные фрагменты некогда составляли более компактную

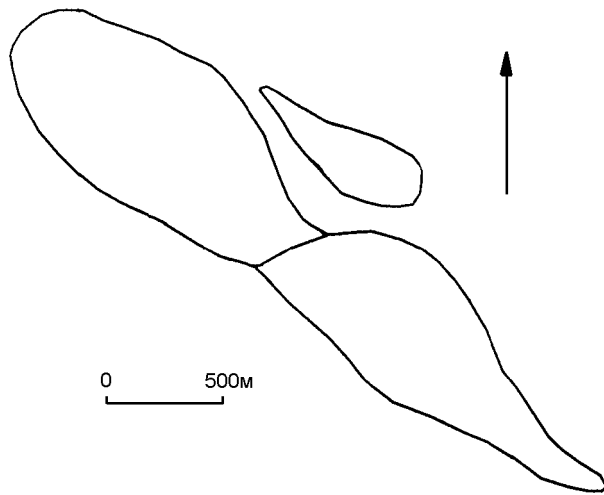


Рис.16. Контуры диссимметричного линзового ансамбля серпентинизированных оливинитов и амфиболитованных пироксенитов массива оз. Тулпьявр, ЮВ часть Чуна-тундры (см.рис14). По Г.С.Рубинрауту.

массу базит-ультрабазитов, для которой (массы) собственно “массив” был лишь восточной границей, швом, служившим ареной мощной эндогенной перколяции (просачивания, протекания). Линзы диссимметричны, в них четко обозначается головная и хвостовая части (“капля”); несмотря на фрагментацию крайних мегалинз, когда минилинзы разделены значительными промежутками из роговообманковых гнейсов и амфиболитов, они сохраняют этот свой облик. Пример такого линзового пакета из амфиболитованных пироксенитов (массив Тулпьявр) приведен на рис.16. Мелкие линзы ультрабазитов полностью амфиболитованы, как это свойственно большинству тел в гнейсах (см.рис.12), и лишь достаточно крупные сохраняют в ядрах оливин и пироксен.

Линзы и складки в процессах структурирования

Все эти примеры показывают, что приобретение (ультра) основными и железистыми породами облика диссимметричных и самоподобных линзовых гломер не имеет отношения ни к будинированию (в их организации отсутствуют признаки растаскивания относительно друг друга, а даже наоборот - на фоне структур вязкого течения во вмещающих гнейсах они образуют компактные гломеры), ни к метасоматическому корродированию крупных масс в процессе гранитизации. Фактически стремление к характерной форме диссимметричных линз для пород совершенно разной природы можно рассматривать как проявление структурного гомеостаза - узнаваемости и повторяемости облика многих геологических ансамблей разного состава, возраста, парагенезисов - стремления системы к некоей стационарной, устойчивой организации наиболее приспособленной к динамической среде [8,26]. Одним из важнейших параметров такой среды, надо пола-

гать, было высокое значение градиентов энергопотока, разгрузка которого в верхних горизонтах коры и определяла самоорганизацию вещества в форме иерархии самоподобных диссимметричных линзовых пакетов.

Линзовые узоры порой неотделимы от складчатых, иногда даже совмещены с ними пространственно. Что это дает для понимания природы линзовых ансамблей?

Кризис концепции пассивного складкообразования - фактически его единственной, хотя и реализованной в разных тектонических моделях теоретической основы - намечался давно [1]. Вот что, например, пишет сам В.В.Белоусов “...чередование на площади складчатой зоны складок разных типов и разного механизма образования невозможно было понять с точки зрения идеи приложения сил к складчатой зоне извне, т.е. сбоку...” (1970. с.26). Другой альтернативы складкообразованию, кроме гравитационного механизма, он не находит, по существу оставаясь в границах традиционной парадигмы пассивного структурирования.

Но альтернатива есть - это самоорганизация¹ в условиях автоволновой динамики [1,8,18,27]. К такому заключению мы пришли, сравнивая между собой одни и те же вещественные комплексы (в данном случае - архейские гнейсо-железорудные), но с разными узорами - складчатым и прямолинейно-полосчатым. Сравнительное исследование параметров порядка в том и другом показало, при образовании складок не происходит ожидаемого усреднения, хаотизации. Наоборот, система становится более упорядоченной. Так, в складчатых железистых кварцитах доминирующим становится магнетит с более упорядоченной доменной структурой. Кроме того, все компоненты минерального состава демонстрируют высокий уровень когерентности с параметрами складчатости. При таком типе эволюции сложный линзово-складчатый узор в железистых кварцитах не сопровождается “перемешиванием” разреза, что следовало бы ожидать при пассивной реакции системы на активное воздействие извне.

Более того, анализ распределения содержания магнетита в пласте железистых кварцитов (параллельно-полосчатых с краев и микроскладчатых в средней части пласта) методом нормированного размаха или методом Херста показал, что любая часть разреза хранит информацию обо всем разрезе, т.е. весь пласт - нескладчатый и складчатый как единый объект - имеет очень высокую внутреннюю когерентность (Горяинов и др., 1998). Таким образом, становится очевидным, что оформление линзового контура гломер и отдельных их частей, - с одной стороны, полосчатости и складчатости, - с другой, и дифференциация вещества и вещественная

¹ Самоорганизация (в отличие от организации) - это такой тип динамической эволюции открытой системы, при котором она самопроизвольно становится более упорядоченной.

зональность тел, - с третьей являются содержанием, составной частью единого самосогласованного упорядочивающего процесса, т.е. самоорганизацией.

Данный вывод обязывает сделать следующие комментарии к одной из ключевых проблем традиционной (пассивной) тектоники – проблемы транспорта и размаха тектонической латерали. Поясним, что для пассивных складок, особенно лежащих, по расчетам В.В.Эза, для толщи мощностью 5 км требуется сместить нижние части относительно верхних на 30 км(!). Для пассивного линзования (по типу будинирования или раздавливания) первоначальный размер латерали может изменяться в 25-100 раз [14]. Отсюда понятно, что в любой парадигме - фиксистой или мобилистской - процессы линзово-складчатого структурирования обязаны сопровождаться не только хаотизацией (системы же стремятся приобрести как раз обратное состояние, т.е. упорядочиваются), но и значительным тектоническим транспортом, изменением координат начала и конца процесса. Но и транспортного эффекта в организации ансамблей разного масштаба, как мы видели, не устанавливается. За таковой ошибочно принимается активная динамика на микроуровне, но именно эта микродинамика обеспечивает гомеостазис макроузоров благодаря ее кооперативному характеру, подобно тому, как возникновение гексагонального узора структуры Бенара обязано кооперативному поведению молекул в режиме конвективной динамики [1]. Этот подход избавляет от необходимости, в частности, использовать такое не вполне ясное понятие как “стесненный сдвиг”, чтобы совместить отсутствие транспорта на макроуровне с явными признаками вязкого течения в породах на микроуровне. Структурный гомеостазис (стремление к приобретению устойчивого и многократно повторяющегося мотива) - исключительный признак самоорганизации.

Какой же тектонофизический (геодинамический) механизм обеспечивает необходимую для линзово-складчатой самоорганизации подкачку эндогенной энергии в тектоносферу, и как организована столь же необходимая диссипация этой энергии?

Перколяционные процессы - основа структурирования тектоносферы

Образование структур в современных тектонических концепциях (plume- или plate- tectonics) – это следствие пассивного отклика вещества коры на любые, в том числе и мантийные возмущения. А в таких условиях – условиях ближнедействия возмущающих факторов – в структурах может наблюдаться лишь ближний порядок, определяемый конкретной областью приложения сил извне. Однако, как установил М.А.Садовский [28], делимость горных пород обладает удивительной способностью образовывать иерархическую последовательность. Делимость практически не зависит ни от физико-химических свойств породы, ни от способа ее образования, касается ли это природного трещинообра-

зования или дробления подземными взрывами. Это свойство М.А.Садовский связывает с автомодельностью процессов образования вещества литосферы, или с самоорганизацией. Установленная закономерность ставит под сомнение общепринятые версии пассивного структурообразования, и наоборот, выдвигает на первый план элементы дальнего порядка в структурах тектоносферы. Структурный гомеостазис (стационарность), о котором шла речь выше – это не признак равновесного состояния, как иногда считают, а наоборот – свидетельство крайне неравновесных условий, когда в потоке энергии (вещества) активная согласованная динамика микрочастей обеспечивает устойчивость макроузора. Это и имел в виду М.А.Садовский, когда отмечал, что *динамическая неизменность* структуры горной породы обеспечивается “постоянством потока энергии, втекающей в открытую систему горной породы” [28, стр.10]. Это и составляет геодинамическую сущность протекания (перколяции).

В соответствии с идеей о самоподобии геофизической среды М.А.Садовский предлагал рассматривать литосферу как систему взаимодействующих неоднородностей, которые могут иметь различную природу: это геологические блоки, неоднородности горной породы, плотностные, химические, тепловые и другие неоднородности, различные агрегатные состояния вещества и т.д. [6,28,29]. В процессе *непрерывной подпитки эндогенной энергией* система неоднородностей-отдельностей самоорганизуется в единую диссипативную структуру, имеющую самоподобный (иерархический) характер. С этим процессом связана непрерывная вибрация литосферы в огромном диапазоне масштабов и частот: от тепловых колебаний молекул до микросейсм, землетрясений и подвижек континентальных плит. “Все это делает геофизическую среду похожей больше на систему перетекающих “жидких сгустков”, чем на укоренившуюся в нашем воображении “земную твердь” [29, стр.7]. Формирование структур в такой среде сопровождается обязательными неустойчивостями, случайностями, носящими характер катастроф. Общей чертой таких неустойчивостей является наличие самоподобных структур. Если структура – это способность в некотором интервале условий противостоять внешним воздействиям, то создание самоподобия, иерархии в среде, в которую непрерывно подкачивается энергия, – это адаптация структуры к этим условиям. Новая структура более устойчива благодаря более эффективной диссипации подкачиваемой энергии через систему связности (перколяционную сеть).

М.А.Садовский убедительно показал, что перколяция напряжений в горных породах начинается еще до их разрушения. На первых стадиях движение блоков напоминает медленные переползания молекул жидкости с сохранением ближнего порядка. Затем совокупность блоков, несущих основную нагрузку, захватывает большее пространство; структура скрытой, а затем, после достижения некоторой

критической величины плотности энергии, и открытой системы проницаемости приобретает дальний порядок. Совершенство (упорядоченность) этой связанной перколяционной системы определяет эффективность диссипации сквозь нее энергии.

Современная теория перколяции является математической теорией о связности неоднородных систем, относящейся к области стохастической геометрии [30]. Теория перколяции, таким образом, является наукой о связности неоднородных систем. Процесс перколяции Т.Л.Челидзе [31] рекомендует рассматривать как яркий пример перехода количества (концентрации занятых связей) в качество: при критическом значении концентрации некоторых элементов (точек в пористой среде, занятых раствором, искр при пробое диэлектрика, микротрещин, зародышей кристаллов и т.п.) система обнаруживает новое свойство – связность, которым ранее не обладала.

Понятно, что концентрация энергии (на единицу массы вещества) в этой перколяционной системе может достигать значений, при которых возможны не только значительные изменения состава пород в условиях зарождения и дифференциации расплавов, растворов, твердофазных и термодиффузионных процессов. За порогом этих значений на фоне дифференциации вещества в системе возникает тремор (дрожание), возбуждаются колебания, распределяющиеся по связанной системе когерентно, согласованно. Здесь кроется объяснение согласованного поведения нескольких компонент наблюдаемого узора в перколяционном кластере: линз, складок, вещества тех и других [1,8].

В таком сценарии линзы и складки - это собственная реакция системы в ответ на *неспецифическое* воздействие внешних сил. Только в этом случае в системе формируется дальний порядок, т.е. такая структурная организация, которая напрямую не зависит ни от места приложения сил, ни даже от их ориентировки (!), и в которой формируется совместное, кооперативное поведение подсистем (вплоть до молекул - !), ответственное за возникновение макроупорядоченности. Таким образом, складки в таком механизме - это овеществленные автоволны с характерными для них разномасштабными модами и отсутствием признаков хаотизации вещества при образовании узора [18]. И далее. Если складки - это овеществленные автоволны, то линзы в отличие от них - это не полные, а диспергированные в энергопоток, зачаточные складки, сохраняющие, как и последние, многомодальность (по аналогии с волнами в спокойной и штормовой волне, гребень которой диспергирован на брызги). Преобладание в узоре либо складчатого, либо линзового мотивов определяется концентрацией энергопотока, критическое значение которого определяет преобладание того или иного типа узора.

Соотнося линзово-складчатое структурирование с возникновением связности в процессе эндогенной перколяции (иначе говоря, - с тектонически-

ми перколяционными кластерами), следовало бы отметить, что линзовые перколяционные кластеры архейских комплексов занимают как бы промежуточное положение между перколяционными кластерами регматической сети разломов, в которой все же улавливается, хоть и слабо, линзовый мотив, - с одной стороны, и структурами конвективно-гравитационной неустойчивости (ячейки Бенара) с их неискаженным или слабо искаженным гексагонально-ячеистым мотивом, - с другой. Естественно, что речь не может идти о полномасштабной упорядоченной конвекции вещества, как это имеет место в классических бенарах. Конвектирует перколирующий через литосферу энергопоток, подобно тому, как конвектирует быстро испаряющаяся влага из ила при образовании такыров. Наверное, конвективные процессы при образовании линз могли иметь место, но вряд ли они вызывали ударные возмущения, характерные для перколяционных зон “тектонического” или сейсмического типа (см. выше). В таких зонах вещество не только диспергируется (подобно тому, как на раскаленной поверхности диспергируется жидкость), но и энергетически выгодно ориентируется (профиль линз - сечение крыла аэро- или гидроплана).

Становится очевидным, что общепринятая схема развития подвижных зон - от ранних этапов (растяжения и заполнения) до завершающих (сжатия, складчатости, финального магматизма и метаморфизма) - не отвечает структурной организации тектоносферы. Ко всему рассмотренному выше следует еще раз напомнить, что в условиях активной (закритической), нелинейной динамики самоорганизующаяся система выбирает такой эволюционный сценарий, который обеспечивает ее гомеостазис (стационарность). Для системы в этом состоянии невероятно вернуться назад для того, чтобы выбрать для себя какое либо иное будущее. В условиях непрекращающейся эндогенной перколяции она не может вначале испытать стадию активного растяжения и затем столь же активного сжатия. Значит, трактовки этих прямо противоположных тенденций и процессов должны быть совмещены, чтобы осуществляться только в одном сценарии, естественным фоном которого на всем протяжении было бы органичное “растяжение” (расширение). В этом контексте трехкратный (а по некоторым версиям, - и четырехкратный) распад и воссоединение Гондваны, порой с фантастически точным совпадением начала и конца цикла, выглядели бы как эпизоды сюрреалистических динамических сценариев.

На рис.17 показаны три стадии цикла Вильсона, если бы его можно было бы приложить к анализу возможного развития планетарной перколяционной зоны (типа рифта, “геосинклинали”). На стадии **(I)** перколяционный энергопоток вызывает обновление океанического ложа, формируется рифт с бассейнами (впадинами). На стадии **(II)** последние заполняются осадками, вулканитами, энергопоток распределяется не столь равномерно, и “находит”

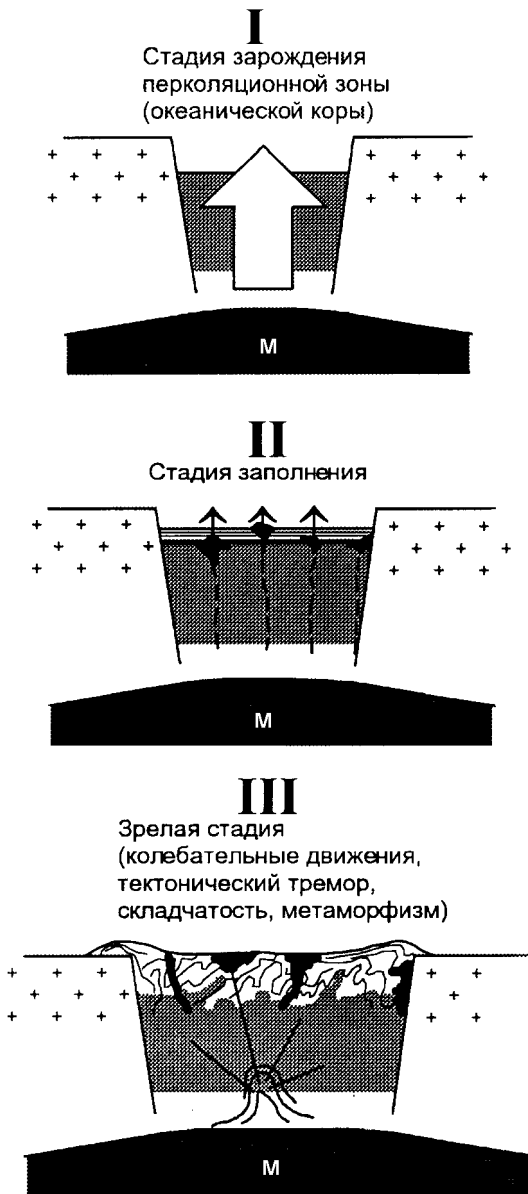


Рис.17. Циклы Вильсона в эволюции глобальных перколяционных зон. Пояснения в тексте.

выходы, нередко сопровождаемые магматитами (в островных дугах разных типов). Наконец, на стадии (III) рифтовая долина (впадина) “зарастает” - заполняется вулканогенно-осадочными и магматическими формациями. На заключительной стадии цикла Вильсона перколяционный поток уже не имеет свободного выхода, форма которого часто становится точечной (“горячие точки”). Прорыв энергопотока сопровождается тектоническим тремором, вызывает ударные возмущения, приводящие к волновым и автоволновым явлениям, в том числе и типа уединенных волн (солитонов), тектонических цунами - выбросов на пририфтовые борта рамы. С этими же процессами, осуществлявшимися в условиях концентрации перколирующего энергопотока, связаны и высокотемпературные метаморфические реакции. Эффект сжатия создавался на фоне продолжавшегося растяжения (!), которое на заключительной ста-

дии уже не могло компенсировать поступление материала. Скорость заполнения перколяционного шва к заключительным фазам нелинейно возрастала относительно скорости его растяжения.

Линзование, складчатость, метаморфизм и финальный магматизм окончательно “сваривал” перколяционный шов. Ячейка отмирала и зарождалась новая: всякий раз более крупная, чем ячейка предыдущего этапа (Горяинов, 1986). В старой же могли формироваться (или нет) вторичные впадины (“орогены”) или пароксимальные зоны активизации (вовсе не автономной - таковые фактически крайне редки или вовсе отсутствуют в природе).

Заключение

Линзовые ансамбли составляют весьма распространенный, если не основной, структурный мотив архейской тектоносферы. Их узор сходен по фрактальной размерности с теоретическим перколяционным кластером. Установлено, что этот узор с его главным линзовым мотивом масштабно инвариантен, сохраняя это свойство в ходе более чем 2-х миллиардной истории [8]. Не только морфология, но и степень заполнения пространства практически идентична для современных и древнейших перколяционных зон, для поверхностных геологических и глубинных “сейсмических” комплексов, что говорит о когерентности процессов самоорганизации на удивительно широком интервале масштабов от минерального зерна до литосферы в целом. По существу можно вести речь о конкретном геологическом наполнении понятия “дальний порядок” для тектонических ансамблей литосферы.

Соответственно, необходимо обратить более пристальное внимание на когерентность, как на одно из главных свойств сложных систем, и, прежде всего в связи с проблемой корректности масштабных координатных реконструкций тектонических процессов и механизмов. К этому обязывает понимание того, что возникновение иерархических линзовых ансамблей не является следствием пассивной реакции на воздействие извне, не отражает аккумуляцию деформаций и хаотизации исходной системы - это процесс упорядочения, самоорганизации.

Упомянутый процесс - отнюдь не частное явление, присущее только РСС, например, возникшим в зоне коллизий тех или иных блоков. Разница здесь, хотя и не столь принципиальная, состоит в том, что геодинамические процессы, обеспечивающие подкачку энергии в РСС и тектоносферу в целом, различны, как различны и сами источники энергии. Но при этом структурирование вещества в обоих случаях есть результат кооперативного поведения подсистем за порогом насыщения. В РСС же этот процесс ограничен границей с субстратом (и здесь дальний порядок отсутствует), в тектоносфере же он неограничен, так как связан с глобальной энергетической перколяцией, и порождает дальний порядок и структурный гомеостазис. Эти свойства обеспечиваются кооперативным характером актив-

ной вязко-сдвиговой динамики на микроуровне (как аналогия - эффект Бенара). И тогда нет никакой необходимости привлекать довольно надуманную идею стесненного сдвига для того, чтобы как-то обойти проблему отсутствия транспорта на макроуровне при образовании как линз, так и складок. Эволюционная стационарность (гомеостазис) макроформ как раз и обеспечивается активной кооперативной вязко-сдвиговой динамикой, которая в этом случае масштабно не "тиражируется" при переходе на макроуровень, что как бы "компенсируется" масштабным самоподобием.

Это обстоятельство не может не учитываться при всякого рода координатных тектонических реконструкциях, прежде всего глобальных.

Вопросы будинажа в его классическом линейном проявлении в настоящей работе мы не рассматривали, они, как указывалось во введении, вполне ясны.

Благодарности. Автор признателен Б.М.Чикову за содействие в работе, а также доктору П.Зайху за возможность использовать радарное изображение одного из рассматриваемых в статье объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов П.М. Нелинейная тектоника: содержание объекты и принципиальные ограничения для интерпретации канонических случаев. - Апатиты, 1995. - 46 с.
2. Чиков Б.М. Сдвиговое стресс-структурообразование в литосфере: разновидности, механизмы, условия (обзор проблемы) // Геология и геофизика. -1992. -№ 9. -С.3-39.
3. Ramsay J.G. Shear zone geometry: a review // J. Struct. Geol. -1980. -V.2. -P.83-89.
4. Пейве А.В., Штрейс Н.А., Книппер А.Л. и др. Океаны и геосинклиальный процесс // Докл. АН СССР. -1971. -Т.196, №3. -С.657-659.
5. Паталаха Е.И. Механизм возникновения структур течения в зонах смятия. -Алма-Ата, 1979. -216 с.
6. Садовский М.А. О естественной кусковатости горных пород // Докл. АН СССР. -1979. -Т.247, № 4. -С.829-830.
7. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Перколяционные тектонические системы - главный геодинамический мотив структурирования литосферы // Теория диссипативных структур в геологическом анализе. Матер. конф. -Апатиты, 1998. -С.35-40.
8. Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Егоров Д.Г. Введение в нелинейную геологию. -Апатиты, 1996. -187 с.
9. Goryainov P.M., Ivanyuk G.Yu. On genesis of banded iron formation of Kola Peninsula (Russia) - synergetic aspects // Theophrastus Contributions. Vol. II. -1998. -P.249-267.
10. Белоусов В.В. О некоторых особенностях механизма тектонических деформаций // Очерки структурной геологии сложно дислоцированных толщ. -М.,1970. -С.5-31.
11. Кузнецов Б.И. Значение будинажа для оценки интенсивности тектонических деформаций (на примере беломорского комплекса) // Изв. АН СССР. Сер. геол. -1969. -№6. -С. 36-44.
12. Кириллова И.В. Элементы внутреннего строения сложно деформированных слоистых толщ // Очерки структурной геологии сложно дислоцированных толщ. -М., 1970. -С.32-72.
13. Долицкий А.В. Реконструкция тектонических структур. -М., 1978. -152 с.
14. Эз В.В. Особенности структуры метаморфических толщ // Очерки структурной геологии сложно дислоцированных толщ. -М.,1970. -С.192-258.
15. Пейве А.В. Океаническая кора геологического прошлого // Геотектоника. -1969. -№4. -С.5-23.
16. Баржицкий В.В. Космогеологическая карта Балтийского щита (Мурманская обл. и Север Карельской АССР). -Киев, 1988. -86 с.
17. Паталаха Е.И., Поляков А.И. Малые складки как естественные датчики величины деформированности пород // Изв. АН СССР. Сер.геол. -1974. -№12. -С.72-80.
18. Горяинов П.М., Егоров Д.Г., Иванюк Г.Ю. О структурно-вещественной самоорганизации в архейских железорудных ансамблях (Кольский полуостров) // Докл. РАН. -1992. -Т.322, №6. -С.1123-1127.
19. Горяинов П.М. Геология и генезис железисто-кремнистых формаций Кольского полуострова. -М., 1976. -145 с.
20. Гедовиус Е.А. Геологическое обоснование методики разведки железистых кварцитов в северо-западных районах СССР // Вопросы геологии Кольского полуострова. -М., 1962. -С.16-29.
21. Геология СССР. Т. XXVII: Мурманская обл. / Ред. Л.Я.Харитонов. -М.,1958. -712 с.
22. Горяинов П.М. Беломорско-карельская активизация в тектонической окраине ареала железисто-кремнистой формации Кольского полуострова // Геология рудных месторождений Кольского п-ва. -Апатиты, 1981. -С.67-79.
23. Панков Ю.Д. Формации метасоматических железистых кварцитов. -М., 1984. -200с.
24. Балаганский В.В., Козлова Н.Е. Последовательность тектонических событий на основе структурно-возрастных шкал // Воче-ламбинский архейский геодинамический полигон Кольского полуострова. -Апатиты, 1991. -С.29-45.
25. Козлов Е.К., Юдин Б.А., Докучаева В.С. Основной и ультраосновной комплексы Монче-Волчьих-Лосевых тундр. -Л., 1967. -166 с.
26. Горяинов П.М. Структурный гомеостазис и проблема корректности координатных тектонических реконструкций // Науки о Земле на пороге XXI века: новые идеи, подходы и решения. Тез. докл. -М, 1997. -С.51.
27. Егоров Д.Г., Иванюк Г.Ю. Складкообразование в железорудных системах как детерминированно-хаотический процесс // Физика Земли. -1996. -№1. -С.16-29.
28. Садовский М.А. Автомодельность геодинамических процессов // Вестн. АН СССР. -1986. -№ 8. -С.3-11.
29. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Случайность и неустойчивость в геофизических процессах // Физика Земли. -1989. -№ 2. -С.3-12.
30. Зосимов В.В., Лямшев Л.М. Фракталы в волновых процессах // Успехи физических наук. -1995. -Т.165, №4. -С.361-401.
31. Челидзе Т.Л. Методы теории протекания в механике геоматериалов. -М, 1987. -136 с.