

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации В.С. Захарова

"Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа", представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности
25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика»

Ознакомившись с авторефератом диссертационной работы и основными научными публикациями автора, считаем необходимым отметить следующее.

Динамика геодинамических процессов, включая формирование очагов землетрясений, в значительной степени определяется иерархической делимостью земной коры и верхней литосферы, а также динамическими проявлениями на границах активных тектонических структур. При этом блочно-иерархическая структура среды проявляется не только в механических процессах, но одновременно – в пространственно-временных вариациях геофизических полей. Количественная информация о делимости среды на разных масштабных уровнях представляет собой основу для разработки новых подходов к описанию механизмов землетрясений, закономерностей их миграции и, в конечном итоге, – прогнозированию сильных событий.

В связи с этим диссертационная работа В.С. Захарова "Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа", посвященная выявлению самоподобных структур в литосфере и их связи с геодинамическими процессами и явлениями, представляется несомненно актуальной.

Автору на основе большого объема фактических данных удалось показать, что размеры и формы природных структур, их динамика иерархически сопоставимы в широком диапазоне масштабов. При этом В.С. Захаров привлекает для анализа самые современные методы исследований, включая данные GPS измерений. Здесь, кстати, следует отметить, что автор не ограничивается традиционным подходом к использованию "прямых" GPS данных, а привлекает уточненные данные, полученные с помощью системы Wide area augmentation system (WAAS), что существенно повышает достоверность формулируемых в диссертации выводов.

Основное достоинство рассматриваемой диссертационной работы связано со сведением воедино и обобщением разнородной информации, касающейся квазинезависимых и дифференциальных движений в среде со сложной структурой, которой является литосфера Земли, пространственной закономерной связи смещений земной поверхности (данные GPS) с геотектоникой конкретных регионов, а также сейсмических данных. В результате показано и обосновано самоподобие блочно-иерархической структуры и ее соответствие с кластеризацией очагов землетрясений. Также интересным представляет вывод

В.С. Захарова о том, что установленный самоподобный характер делимости и соответствующий ей характер сейсмичности являются прямым следствием самоорганизации геодинамических процессов в ходе эволюции литосферы.

При общей положительной оценке автореферата, пожалуй, следует выделить одно замечание, касающееся кластеризации вертикальных сейсмофокальных структур сейсмического процесса. Приведенные в автореферате значения пространственных размеров так называемых сейсмических "гвоздей" (10-15 км) представляются чрезмерно необоснованными, учитывая существующую значительную неопределенность в установлении глубин очагов землетрясений. То же, хотя и в меньшей степени, касается эпицентральных координат землетрясений (следует проявлять осторожность в любых попытках пространственного группирования событий).

В целом диссертационная работа представляет собой цельный, завершённый труд, выполненной на высоком научном уровне. Результаты выполненных В.С. Захаровым исследований можно рассматривать как формулировку нового научного направления в геотектонике, связанного с установлением самоподобных свойств структуры литосферы и связанных с ней геодинамических процессов на основе фрактального и динамического анализа.

Работа отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук, отвечает критериям п. 7 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Захаров Владимир Сергеевич, заслуживает присуждения искомой учёной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – «Геотектоника и геодинамика».

В.В. Адушкин

Адушкин Виталий Васильевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института динамики геосфер РАН, советник РАН, доктор физико-математических наук, академик, 119073, Москва, Ленинский проспект, 12, кв. 27. Тел. 8-495-9397879

А.А. Спивак

Спивак Александр Александрович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института динамики геосфер РАН, советник РАН, заведующий лабораторией приповерхностной геофизики, доктор физико-математических наук, профессор, 121357, Москва, Аминьевское шоссе, 18, корпус 3, кв. 64, Тел.: 8-495-9397590, E-Mail: Spivak@idg.chph.ras.ru

24 марта 2014 г.

Подписи В.В. Адушкина и А.А. Спивака удостоверяю: Ученый секретарь ИДГ РАН



Н.В. Болдовский

**Отзыв на автореферат диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук Захарова В.С. «Самоподобие
структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и
динамического анализа»**

В настоящее время в науки о Земле активно внедряются подходы теории динамических систем и неравновесной термодинамики, самоорганизации, синергетики. Эти исследования радикально изменили представления о детерминированных, случайных и хаотичных событиях в геологических средах. Современные подходы позволили установить новые природные закономерности. Опубликовано много работ, посвященных использованию новых методов динамического и фрактального анализа для геодинамики, но эти работы не дают глубокого анализа, но только выявляют свойства самоподобия и самоорганизации природных систем. Эти работы были важны на первых этапах применения новых подходов, но следующий шаг не был сделан, не были показаны принципиальные ограничения и возможности данного метода для предсказания поведения природных систем. В результате использование термина «синергетика», согласно И.Р.Пригожину «естественное свойство сложных систем к самоорганизации», стало в геологии использоваться как тавтология.

В работе В.С.Захарова впервые на основе динамического и фрактального анализа и статистической механики необратимых процессов показаны не только естественные свойства природных систем, но проведен глубокий анализ следствий и ограничений метода для геологических реконструкций. Так, в частности, показано, что сеймотектонические системы принадлежат к классу систем с самоорганизованной критичностью, в которых реализуется детерминировано-хаотическое поведение с непредсказуемостью конкретной динамики. Эти выводы имеют принципиальное значение для теории предсказания землетрясений.

Многие из положений работы В.С.Захарова сегодня находятся ответами на вопросы, широко обсуждаемые в мировой науке. Так, накоплено множество подтверждений гениальной идее, выдвинутой В.Н.Вадковским и получившей развитие в данной работе, о роли флюидов как наиболее вероятного механизма генерации сейсмических «гвоздей», не связанного явно с сильными землетрясениями, вулканами и тектоническими структурами.

Необходимо отметить, что работа В.С.Захарова содержит сочетание строгих математических и физических подходов с анализом природных данных, написана ясным языком и содержит разработку нового подхода к анализу геодинамических данных. Результаты работы полностью обоснованы и опубликованы в ряде статей. Замечаний к работе не имеется. Полагаю, что В.С.Захарову может быть присвоена **ученая степень доктора геолого-минералогических наук.**

Доктор геолого-минералогических наук,
доцент кафедры геохимии
Геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова



Бычков А.Ю.



Подпись Бычков А.Ю. заверяю
канцелярией геологического ф-та
М.Г. Вебер

119234, ГСП-1, г. Москва,
Ленинские горы
тел. (495) 939-12-39
e-mail: bychkov@geol.msu.ru

07.04.2014

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации В.С. Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геол. – мин. наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертационная работа В.С. Захарова посвящена фундаментальной задаче выявления самоподобных свойств литосферы и происходящих в ней процессов с использованием фрактального и динамического анализа. Исходным материалом послужил большой объем геологических данных, собранных разными группами ученых для разных регионов Земли, в том числе и самим автором. Работа актуальна и выполнена на высоком уровне.

Замечания.

1. В геологической по профилю докторской диссертации по блоковому строению геосреды отсутствует ссылка на известную работу А.В. Пейве 1961 г., в которой задолго до М.А. Садовского (1979 г.) была обоснована гипотеза блокового строения именно геологической среды, которая и является предметом исследования.

2. С. 5. «Показана роль флюидов». В соответствии с определением в Геологическом словаре (2010-2011) в качестве флюида может выступить вещество в любом физическом состоянии, наделенное какими угодно наперед заданными свойствами. Поэтому показ роли флюидов это не научное достижение, а что-то из области искусства.

3. В главе 3 не сказано ни одного слова о вращательном движении блоков и геологических структур, не говоря о вихревых движениях геосреды. Такие движения в настоящее время уже не есть гипотеза, а является подтвержденным для разных регионов Земли многими группами исследователей разного профиля фактом.

4. Главное замечание по поводу фрактальности, детерминированном хаосе и т.п.

4.1. Использование фрактального анализа накладывает вполне определенные требования к анализируемым рядам. Такие требования применительно к рядам геофизических и геологических наблюдений не всегда оказывается возможным удовлетворить (см., например, А.А. Лукк, А.В. Дещеревский, А.Я. Сидорин, И.А. Сидорин. Вариации геофизических полей как проявление детерминированного хаоса во фрактальной среде. М.: ИФЗ РАН, 1996. 210 с.). В автореферате автор ни слова не сказал о возможности применения к используемым им рядов методов фрактального анализа.

4.2. О физическом смысле получаемых с помощью фрактального анализа закономерностей. При фрактальном анализе возникают определенные трудности с определением расстояний между точками, и, как следствие, с определением самих расстояний и отрезков времени в их понимании как размерностей трехмерного

пространства и времени. То же относится и к таким величинам, как скорость и энергия. Более того, самоподобный характер сейсмотектонической деформации подразумевает, что каждый элемент системы деформируется подобно системе, в целом. Что, очевидно, никогда не реализуется в природе. Поэтому само по себе применение фрактального анализа еще не может являться доказательством реальности выявленных закономерностей.

4.3. С. 18. Выводы по главе 2. «Фрактальность структур и самоорганизация являются фундаментальными свойствами тектоники плит». Без ответа на вопросы по пп. 4.1. и 4.2 такой вывод не может быть принят. Более того, в работе совершенно не рассматриваются конкретные нелинейные геологические свойства геосреды, установленные и описанные самими же геологами, например, реидное течение, способность двигаться с образованием вихревых (Lee, 1928) структур, энергонасыщенность (Пономарев, 2008).

5. С. 30. Насчет гранулированных сред. Не понятно, зачем прибегать к такой аналогии, реальная геосреда никоим образом не может моделироваться такими средами, характер взаимодействия частиц между собой совершенно различен.

В целом работа производит хорошее впечатление. Выполнена большая работа на современном уровне. Получены фундаментальные результаты. Работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАКом к докторским диссертациям, а сам автор Владимир Сергеевич Захаров заслуживает присуждения указанной ученой степени.

Ведущий научный сотрудник,

Доктор физ. – мат. наук.

Федеральное государственное бюджетное учреждение

Науки Институт вулканологии и сейсмологии

Дальневосточного отделения Российской академии

наук. :683006, бульвар Пийпа, 9, Петропавловск-

Камчатский. vik@kscnet.ru

 А.В. Викулин

Подпись А.В. Викулина заветено

Ученый секретарь ИВиС ДВО РАН

Канд. геол. – мин. наук





В.Л. Леонов

11.03.2014

**Отзыв на автореферат диссертации В.С. Захарова
«САМОПОДОБИЕ СТРУКТУР И ПРОЦЕССОВ В ЛИТОСФЕРЕ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ФРАКТАЛЬНОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА»,
представленной на соискание ученой степени доктора геолого-
минералогических наук по специальности 25.00.03 –
геотектоника и геодинамика**

В работе В.С. Захарова для меня особенно интересным является рассмотрение связи сейсмичности и современных движений с дискретным строением литосферы. Диссертант выделяет и изучает сейсмотектонические системы, представляющие собой совокупность сейсмического процесса и активных разломов, применяя при этом подходы из теорий фракталов и геодинамических систем Мандельброта и Шрёдера. В главе 2 справедливо подчеркнуто, что террейновая тектоника характерна не только для молодых мезозойских и кайнозойских активных окраин, но и для древних суперконтинентов, представляя собой, таким образом, единый механизм наращивания континентальной коры.

Весьма перспективны, на мой взгляд, предлагаемые диссертантом методы создания дискретных кинематических моделей отдельных регионов по данным GPS, которые могут служить не только для определения движения плит и микроплит, но и для выделения небольших блоков. Мной и моими коллегами подобные методы использовались для выделения блоков в Центрально-Азиатской транзитной зоне между Северо-Евразийской и Индийской литосферными плитами (Гатинский и др., 2005; Gatinsky, Prokhorova, 2014). В целом изучение блокового строения земной коры и всей литосферы с выделением блоков по данным сейсмичности, GPS и движений по активным разломам представляется одним из важнейших направлений современной геодинамики.

У меня имеется 2 замечания по автореферату:

1. Наличие астенослоев не только возможно (с. 17), но уже установлено в средней коре по результатам исследований по проекту INDEPTH в Тибете (Li et al., 2003; Solon et al., 2005). Более того, с этим связывают срыв верхних пластин коры и их резкое вращение по часовой стрелке в районе восточного гималайского синтаксиса и к северу от него (Shen et al., 2005). При этом нижняя часть коры и литосферная верхняя мантия продолжают двигаться к северо-северо-востоку в направлении, близком к азимуту движения Индийской плиты.

2. Думается, что В.С. Захаров слишком пессимистичен с выводом в главе 4 о сильной ограниченности или отсутствии возможности прогноза поведения сейсмотектонических систем (с. 25). Выделенные мной и моими коллегами межблоковые зоны в Центральной Азии (Gatinsky et al, 2009, 2011) на

протяжении длительного времени, а с учетом эпицентров исторических землетрясений даже нескольких столетий служили постоянными участками проявления повышенной сейсмичности на границах блоков или блоков и главных литосферных плит. Именно в этих зонах в последние годы XXI века произошло подавляющее большинство катастрофических землетрясений региона.

В заключение отмечу, что В.С. Захаров на основе выявления самоподобия континентальных структур, их фрактальности и блокового строения, а также разработки оригинальных методик построения дискретных кинематических моделей литосферы, выделения и характеристики сейсмотектонических систем заслуживает присуждения ему ученого звания доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Главный научный сотрудник ГГМ РАН
доктор геолого-минералогических наук



Ю.Г. Гатинский

Подпись главного научного сотрудника Ю.Г. Гатинского заверяю.

Ученый секретарь ГГМ РАН
доктор геолого-минералогических наук



Н.И. Брянчанинова

«2» апреля 2014 г.

Гатинский Юрий Георгиевич.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГГМ РАН).

Тел./факс(495)629-77-03

Главный научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник.

Ул. Моховая 11, стр. 11, Москва, 125009.

(495)629-77-13, gatinsky@gmail.com

Отзыв

о докторской диссертации В.С.Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа»

Работы с подобной тематикой привлекают внимание научной геологической общественности уже и не в качестве экзотики. Не исключение и данная диссертация. Таких работ с геологическим наполнением еще не так много. Основной их акцент пока связан с освоением фрактального формализма в значительно большей степени, чем с наполнением подобных исследований физическим (геодинамическим) смыслом. Поскольку данная работа носит квалификационный характер, постольку внимание оппонента концентрировалось не только на содержательной, но и на формальной сторонах диссертации, что вполне объяснимо. Начну с последней.

Работа существенно компилятивная, даже тот экспериментальный материал, которым оперирует В.С.Захаров, получен и частично обобщен не им. Она не содержит элементов (1) научного открытия и не имеет (2) важного народнохозяйственного значения. Остается выяснить, является ли она (3) крупным научным обобщением – как одно из трех обязательных требований для докторских диссертаций. Например, обобщением исследований, касающихся применения фрактального анализа литосферных узоров и процессов с признаками хаотической динамики. И далее. Вытекает ли из такого обобщения принципиально новый теоретический вклад в понимание возможностей традиционного тектонического и геодинамического анализа? Рассмотрим это подробнее.

1. К работе прилагается обширный библиографический список. К сожалению, при всем этом в диссертации нет постановочного аналитического обзора, который, в случае отсутствия собственного экспериментального материала, обязан был не только аннотировать проблему, совсем неочевидную, но и четко обозначить основные результаты, предъявляемые в качестве защищаемых положений. Поскольку системного анализа литературного архива нет, постольку ряд обращений (и ряд совсем не маленький) к многим известным, ключевым работам по сути приобретает формально-необязательный, случайный характер. Вот два примера.

Первый. В работе цитируются 4 работы выдающегося русского геофизика М.А.Садовского. Но автор проходит мимо той (Садовский, Писаренко. Случайность и неустойчивость в геофизической среде. 1989), в который М.А.Садовский одним из первых показал, что организация тектонического пространства различной природы и масштаба, оцененная с помощью фрактальной размерности, характеризуется одними и теми же параметрами порядка. Он доказал, что все оно структурировано по типу перколяционного кластера – связанной фрактальной структуры, возникшей в среде с протекающими сквозь нее (энерго)потоками. Перколяционные кластеры – это наиболее эффективный способ адаптации литосферы к воздействию эндогенного энергопотока, ее собственная «неспецифическая» реакция на эндогенную подпитку, т. е. самоорганизация. Захаров отмечает, что фрактальная размерность разломной и сейсмической сети совпадают. Понятно, если уже достигнута связность, фрактальная размерность не растет, оставаясь вблизи 1,7–1,8 (размерности теоретического перколяционного кластера). *Остов кластера* отвечает за связность, здесь концентрация энергии на единицу массы вещества максимальна. Именно поэтому к нему всегда (!) были приурочены и наиболее дифференцированные вещественные комплексы, и основные сейсмические события. Думаю, зря Захаров не употребляет этот физический термин – «остов перколяционного кластера», предпочитая ему столлярно-плотницкий лексикон – «сейсмические гвозди».

Второй пример. В работе приводятся GPS-данные о параметрах тектонического транспорта блоков, подчеркивающих, по общепринятому мнению (включая Захарова), адекватность плейтоктонической динамики литосферы. В обширном списке литературы есть и ссылка на статью И.А.Гарагаша (2002). Но не реферирована блестящая работа того же автора «Микродеформации предварительно напряженной геологической среды (ДАН. 1996, т.347, №1), где он показал, что в процессе нагружения-разгрузки возникает гомеостатичный узор за счет кооперативно-согласованного перемещения микроблоков. Здесь такая устойчивость тектонического узора обеспечивается активной кооперативной динамикой блоков (что-то вроде тектонической версии эффекта Бенара). Такая активная динамика блоков совсем не доказательство планетарного латерального транспорта, а, наоборот, опровержение. А что если этот эксперимент «выпал» из поля зрения диссертанта умышленно, как идеологически чуждый? Или выпал, или не попал – это все равно плохой сигнал для оценки значимости исследования.

2. Говоря о деструкции, блоковых смещениях, автор, получается, отделяет фрактальную идеологию диссертации от тектонической. Если фрактал – это множество, часть которого сохраняет информацию о Целом независимо от масштаба, то в вещественной организации *любого* фрактального литосферного ансамбля мы имеем дело с элементами дальнего порядка (Горяинов, Иванюк, 2001 – эта работа в списке ссылок также есть). Согласно теоремам самоорганизации Пригожина, одним из 4 условий самоорганизации является кооперативный (вовсе не аддитивный –!) характер динамики. Иными словами, динамическая устойчивость структуры обеспечивается конкуренцией и компромиссом в борьбе за пространство. Автор, ссылаясь на изменение координат блоков по данным GPS-измерений, рассуждает о тенденциях в движении плит, их распаде или аккреции, формировании террейновой оторочки крупных плит и т.п. «фене» из

привычного идеологического арсенала активистов-мобилистов. При этом он игнорирует использование принципиально новых геодинамических возможностей, которые предоставляются теорией самоорганизации тектонисту и геологу. Так, если фрактальная размерность береговых линий – это результат конкуренции и компромисса между эндогенной подпиткой и экзогенной эрозией, то наличие конкретное средство оценки территорий по их сейсмичности (см. упомянутую работу Горяинова, Иванюка, 2001, а также С.Миямуры, 1972). Такую же информацию несет и сравнительный фрактальный анализ рельефа, гидросети, узоров аномальных физических и геохимических полей.

3. Идеологи теории самоорганизации называют ее (синергетику) наукой ограничений. Она не говорит «как надо, как правильно». Она указывает исследователю «как не надо, как неправильно» строить динамические модели с точки зрения наполнения ее физическим смыслом (не геологическим, не геофизическим или каким либо иным смыслами). Эти последние вторичны. Так, нельзя из хаотического фрактала вычленивать фрагмент (вектор), который бы дал представление о траектории конкретного блока (Гарагаш, 1996). Нельзя из «портрета» электромагнитного поля Земли вычленивать дипольную компоненту для осуществления координатных реконструкций (Горяинов, Тюремов, 1996). Вычленивать-то можно сколько угодно, но вся эта работа малополезная, ибо в ее основе некорректные процедуры. Как и в случае долгосрочного прогноза землетрясений и других хаотически-детерминированных случайностей, на что справедливо указывает Захаров.

4. Глава 1 представляет собой несколько адаптированный реферат известных работ по теории хаоса. Она сильно напоминает методическое руководство для студентов-геофизиков и геологов. Но лишенная конкретной фактической базы, конкретных доступных геологических примеров, работа в таком предназначении вызывает неприятие и даже отторжение, как и многие другие, основной принцип которых «синергетика нам поможет». Может быть, но вряд ли.

То же можно сказать и о главе 6.

5. Защищаемые положения 1, 2, 4 [1. Доказано и продемонстрировано самоподобие структур литосферы от суперконтинентов до отдельных террейнов и мелких блоков земной коры... 2. Выявлено разномасштабное блоковое строение земной коры в областях новейшей тектоники... 4. Доказано, что сейсмотектонические системы принадлежат к классу систем с самоорганизованной критичностью, в которых реализуется детерминировано-хаотическое поведение с непредсказуемостью конкретной динамики и катастроф (землетрясений, оползней и т. д.)...] не требуют защиты. Они изложены в ряде широко известных, доступных, широко цитируемых публикаций. Как говорят юристы, здесь нет ни предмета, ни события защиты.

Исходя из этих примеров, я вынужден констатировать, что в работе отсутствуют и признаки крупного научного обобщения. Таким образом, данная квалификационная работа не выполняет ни одного требования, предъявляемого к докторским диссертациям.

Главный научный сотрудник
Геологического института КНЦ РАН
профессор, д.г.-м.н.

П.М.Горяинов

Сведения об авторе отзыва.

Павел Михайлович Горяинов, д.г.-м.н., профессор, г.н.с. лаборатории комплексного анализа уникальных рудоносных систем № 48 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук.

Электронный адрес: pgor@geoksc.apatity.ru

Телефон: +7(81555)79250

Почтовый адрес: 184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д.14.



Отзыв на автореферат диссертации В.С. ЗАХАРОВА

«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа»

на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

В работе развиты подходы к изучению литосферы на базе представления о земной среде как о иерархической многомасштабной блоковой системе, существенным свойством которой является автомодельность (самоподобие). Отметим следующие важные направления исследования

- изучение свойств самоподобия структур литосферы на основе анализа законов распределения по размерам плит, малых плит, террейнов и пр.
- разработка и реализация выявления иерархической блоковой структуры литосферы по данным GPS
- анализ степенных законов для сейсмотектонического процесса (закона Гутенберга–Рихтера и др.), связь параметра b закона Гутенберга–Рихтера с подготовкой сильных землетрясений
- изучение субвертикальных кластеров очагов землетрясений
- изучение временных рядов смещений пунктов наблюдений GPS и их связи с сейсмотектоническими особенностями районов расположения этих пунктов
- новые варианты блоковых моделей сейсмотектонических систем с трением, в которых учитывается реологическая и тектоническая расслоенность литосферы

Особый интерес представляют следующие результаты, обладающие принципиальной новизной

- выявление степенного закона для размеров блоков, составляющих литосферу что свидетельствует о самоподобии структуры
- создание методов выделения жестких блоков земной коры по данным наблюдений GPS
- установление фликкер-шумовой структуры временных рядов движений земной коры по данным наблюдений GPS
- установление временных характеристик для предвестниковых вариаций параметра b в связи с подготовкой сильных землетрясений
- применение методов выделения жестких блоков земной коры по данным наблюдений GPS для выявления блоков, границы которых определяют пространственное распределение очагов сильнейших землетрясений. Это не только новый, но и весьма практически ценный результат, важный для задач общего сейсмического районирования

Судя по автореферату, работа имеет определенные погрешности и слабые места.

(1) В гл. 3 расщепление массива данных о перемещениях пунктов GPS на квазиоднородные блоки описано недостаточно четко или выполняется не вполне строго. В идеале, Эйлеровы

полюса и угловые скорости для соседних блоков должны различаться статистически значимо. Вполне вероятно, что реальное качество данных не позволяет работать на таком уровне аккуратности. Если так, это должно быть явно признано. Этого факта не следует стесняться, он не бросает тени на работу автора как таковую. Но методологически так действовать было бы аккуратнее.

(2) Параметр размерности эпицентрального поля De играет важную роль в гл 4, но он и не определен, и не сказано как его вычисляли. (Вероятно боксовым методом).

Рис 4 производит сильное впечатление. Но для его получения Евразию делили примерно на 1-2 сотни ячеек и для каждой определяли b , Df и De . Трудно понять, как в ячейке уверенно оценить Df . Само выделение тысяч разломов (не меньше десятка на ячейку) однотипным образом по всей Евразии является нетривиальной задачей. Вероятно, использовали чужие массовые данные по разломам, тогда надо сказать чьи. И конечно, неплохо бы понять, связан ли разброс на Рис 4 с низкой точностью оценок или с реальным разбросом параметров.

(3) Явление «сейсмических гвоздей» (раздел 4.4) очень любопытное. Хотелось бы жестко исключить возможность, что «гвозди» имеют фиктивный характер и связаны с формированием обычных кластеров - «роев» в условиях обычной низкой точности оценок глубины гипоцентра и случайными ошибками этого параметра.

(4) Подход, развитый в гл. 6, представляет интерес. Но в нем многое не объяснено четко. В частности, из рис 6 к гл 6 трудно понять, как организовано взаимодействие модельных блоков среды в виде дисков-гранул не на одном масштабе, что примерно понятно, а хотя бы на двух соседних масштабах. Из текста это тоже не видно.

Сделанные замечания имеют частный характер. В целом, работа заслуживает высокой оценки. Судя по автореферату, объем работы и уровень результатов, безусловно, достаточен для докторской диссертации и соответствует требованиям ВАК к докторским диссертациям. Соискатель заслуживает присуждения ему искомой ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

Зав. лабораторией сейсмологии
Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
Доктор физико-математических наук
Бульв. Пийпа 9, Петропавловск-Камчатский, 683006
E-mail: gusev@emsd.ru

тел (8)415 230 2563
факс (8)415 229 7982



А. А. Гусев

28.02.2014

Подпись Гусева
А. А. заверю.

Зав. ОК ИВиС ДВО РАН Жулиничка СВ



ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Владимира Сергеевича Захарова
«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и
динамического анализа»,
представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических
наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика**

Диссертационная работа В.С. Захарова, представленная на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, направлена на решение фундаментальной научной проблемы – определение принципиальных возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических (геодинамических, сейсмотектонических) систем.

Применяя фрактальный и динамический анализ, В.С. Захаров в своей работе исследует иерархические и фрактальные свойства структур и процессов в литосфере, выявляет связи их количественных характеристик с геодинамическим, тектоническим и сейсмическим режимами. На этом основании автор предлагает возможные механизмы и модели литосферных объектов и процессов, которые могут быть использованы для выявления возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических систем.

В.С. Захаровым (совместно с коллегами) выявлено самоподобие форм и размеров континентальных структур в очень широком масштабном диапазоне: от суперконтинентов до мелких блоков и террейнов. Установлено, что величина фрактальной размерности террейнов варьирует достаточно незначительно, что свидетельствует об их жесткости и единстве механизмов объединения и распада. Сделанный вывод о том, что фрактальность структур и самоорганизация являются фундаментальными свойствами тектоники плит, которые необходимо учитывать при изучении глобальных геодинамических процессов и циклов, представляется весьма важным для изучения суперконтинентов в геологической истории Земли.

В диссертации убедительно и обоснованно показано, что динамика сейсмотектонических систем разных пространственно-временных масштабов порождает согласованное самоподобие разломообразования, сейсмического процесса и современных тектонических движений. В работе автором впервые показана закономерная связь динамических характеристик временных рядов спутниковых геодезических наблюдений с геотектоническими и геодинамическими особенностями регионов (сейсмичность, жесткость блоков). Доказана обоснованность применения теоретических соотношений между динамическими характеристиками временных рядов при оценке фрактальных характеристик природных геофизических временных рядов (GPS, выделения

сейсмической энергии и др.), что является важным при определении свойств породивших эти ряды сейсмотектонических систем.

Эти и другие результаты, полученные в работе на основании анализа нового материала с применением усовершенствованных автором методик, являются убедительным обоснованием главного, по мнению рецензента, вывода работы, который сформулирован в виде последнего защищаемого положения. Согласно этому положению сейсмотектонические системы принадлежат к классу систем с самоорганизованной критичностью, в которых реализуется детерминировано-хаотическое поведение с непредсказуемостью конкретной динамики и катастроф. Представляется, что этот важный вывод позволяет (и даже требует) по-новому взглянуть на фундаментальную проблему прогноза природных катастроф.

Отметим некоторые недостатки работы. Для нее характерна некоторая излишняя широта, разбросанность по разным темам. Не вполне четко определен термин «динамический анализ», который присутствует в названии и широко используется в тексте работы.

В целом работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, ее основные положения и выводы опубликованы в журналах из списка, рекомендованного ВАК, а также прошли апробацию на конференциях и научных семинарах. Личный вклад соискателя в работу весьма значителен.

Диссертация В.С. Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» является крупным научным достижением, которое характеризуется актуальностью, новизной и фундаментальностью полученных результатов. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским работам по специальности геотектоника и геодинамика (25.00.03), а ее автор, Владимир Сергеевич Захаров, безусловно, заслуживает присуждения искомой степени.

Джамалов Роальд Гамидович,
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
заведующий лабораторией Института водных проблем РАН
119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3
тел. (499) 783-37-57
e-mail: dzhamal@aqualaser.ru



19 марта 2014 г.

Подпись Джамалова Р.Г.
заверяю: Федор Л. / Федорченко

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Захарова Владимира Сергеевича

«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Представленную к защите докторскую диссертационную работу В.С. Захарова, полагаем, можно отнести к значительному явлению в российском геолого-геофизическом сообществе. Работа направлена на решение важной научной проблемы – определение принципиальных возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических систем. Вопрос, как все понимают, важный не только с философской точки зрения, но и сугубо практической.

Для решения поставленной задачи автором использованы фрактальный и динамический анализы, с помощью которых делается попытка выявить свойства иерархии и фрактальности структур и процессов в литосфере, описать их с помощью математических моделей и оценить связи их количественных характеристик с геодинамическим, тектоническим и сейсмическим режимами. И, в конечном итоге, на этом основании предложить возможные механизмы и модели литосферных объектов и процессов, которые могут быть использованы для прогноза состояния и динамики геологических систем.

В.С. Захаровым в соавторстве установлена фрактальность форм и размеров континентальных структур от суперконтинентов до мелких блоков (террейнов) и незначительная вариация величины фрактальной размерности террейнов, что свидетельствует об их жесткости и единстве механизмов объединения и распада. Вывод чрезвычайно важен для развития теории существования нескольких суперконтинентов в геологической истории Земли – фрактальность структур и самоорганизация являются фундаментальными свойствами тектоники плит, которые необходимо учитывать при изучении глобальных геодинамических процессов и циклов, создании палеогеодинамических реконструкций.

В.С. Захаровым впервые показана закономерная связь динамических характеристик временных рядов спутниковых геодезических наблюдений с геотектоническими и геодинамическими особенностями регионов (сейсмичность, жесткость блоков). Доказана обоснованность применения теоретических соотношений между динамическими характеристиками временных рядов при оценке фрактальных характеристик природных

геофизических временных рядов (GPS, выделения сейсмической энергии и др.).

Установлено, что динамика сейсмотектонических систем разных пространственно-временных масштабов порождает согласованное самоподобие разломообразования, сейсмического процесса и современных тектонических движений.

Особо следует отметить одно из четырех защищаемых положений: «Доказано, что сейсмотектонические системы принадлежат к классу систем с самоорганизованной критичностью, в которых реализуется детерминировано-хаотическое поведение с непредсказуемостью конкретной динамики и катастроф (землетрясений, оползней и т. д.)...». Полагаем, этот вывод позволит по-новому оценить проблему прогноза природных катастроф не только в настоящую геологическую эпоху, но и в ретроспективном плане.

Значительное место в диссертационной работе занимает анализ афтершоковых рядов сильных землетрясений, в том числе и Тахоку-2011, для которых получены количественные параметры самоподобия афтершоковых последовательностей. К сожалению, в автореферате не указано, исследовал ли автор форшоковые ряды сильных землетрясений, а это было бы интересно применительно к Тахоку-2011 ($M=9.0$). Напомним, что здесь на фоне форшоков с магнитудой примерно 5, имевших место около 20 дней, за 51 час до основного события зафиксирован аномальный (?) форшок с магнитудой 7.3.

Работа выполнена на высоком научном уровне, ее основные положения опубликованы в журналах списка ВАК в достаточном количестве и прошли апробацию в научном сообществе. Диссертационную работу Владимира Сергеевича Захарова **«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа»** можно характеризовать как новое научное направление в науках о Земле, соответствующее всем требованиям, предъявляемым к докторским работам по специальности геотектоника и геодинамика (25.00.03). Ее автор, безусловно, заслуживает присуждения искомой степени.

19 марта 2014 г.

Директор ИТиГ ДВО РАН
доктор геол.-мин. наук

Зав. ГИС-группой ИТиГ ДВО РАН
кандидат геол.-мин. наук

А.Н. Диденко



Г.З. Гильманова

Подпись	
Заверяю: Помощник директора по кадровым вопросам	
	Павлова А.В.
" 19 " 03	2014 г.

Диденко Алексей Николаевич, ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.
Косыгина, директор и зав. лаб. тектоники, доктор геол.-мин. наук
680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, д. 65, (4212)227189, itig@itig.as.khb.ru

Гильманова Гульшат Забировна, ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.
Косыгина, зав. ГИС-группой, кандидат геол.-мин. наук
680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, д. 65, (4212)227189, itig@itig.as.khb.ru

Отзыв

на автореферат диссертации В.С. ЗАХАРОВА «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертационная работа В.С. Захарова посвящена актуальной научной проблеме определения принципиальных возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических систем. В работе рассматриваются фрактальные характеристики литосферы и процессов, происходящих в ней (сейсмичность, современные движения) и выявляются связи их количественных параметров с геодинамикой, тектоникой и особенностями сейсмического режима.

Охарактеризованы проявления самоподобия для структур литосферы и коры в широком диапазоне масштабов от плит до отдельных блоков, что является новым и важным результатом. Рассматриваются проявления иерархической разломно-блоковой делимости литосферы по разнообразным геолого-геофизическим данным. Важной физической основой развиваемой в работе модели строения и динамики литосферы является реологическая расслоенность литосферы.

Проявления блоковой структуры литосферы на разных масштабных уровнях выявляются на основании анализа данным GPS. Разработаны методы для построения моделей относительного движения блоков. Применение этих подходов для анализа GPS-данных в областях молодой тектоники позволило построить модели блоковых относительных движений для ряда регионов. В работе показано, что границы выявленных блоков проявляются в геолого-геофизических данных, в том числе в распределении сейсмичности. Этот результат представляется важным для проблемы сейсмического районирования.

Важным результатом является то, что установлена согласованность самоподобных свойств (фрактальной размерности эпицентров землетрясений, активных разломов, параметра b в законе Гутенберга-Рихтера) сейсмотектонического процесса. Рассмотрены пространственно-временные особенности и возможные механизмы формирования короткоживущих субвертикальных кластеров очагов землетрясений (сейсмических «гвоздей») в различных регионах.

Проведен анализ мелкомасштабных современных движений в литосфере на основании изучения временных рядов GPS. Установлено, что исследуемые временные ряды GPS (а также ряды эмиссии сейсмической энергии) проявляют фрактальные

(фликкер-шумовые) свойства, что может быть объяснено детерминировано-хаотическим характером и самоорганизованной критичностью сейсмотектонических систем. Выявлена закономерная связь фрактальных характеристик исследуемых рядов с сейсмотектоническими особенностями районов (сейсмичность и жесткость блоков), что представляется интересным результатом.

Предложены новые блоковые модели сейсмотектонических систем с типичным законом трения, порождающие сложную детерминировано-хаотическую динамику, на основании такого подхода формулируется обобщенная модель блоковых разномасштабных взаимодействий в литосфере с учетом ее реологической и тектонической расслоенности.

В то же время в работе есть недостатки. В автореферате не всегда указаны источники используемых данных, в частности, по активным разломам. При выделении блоков по данным GPS не вполне понятно, что находится между выделенными блоками (рис.3) – это области отсутствия данных или зоны, в которых проведенный анализ не выделяет блоки? Возможно, это зоны распределенных деформаций?

В целом представленная работа В.С. Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» является законченным исследованием, она отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – В.С.Захаров безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Знаменский С.Е.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук
Заведующий лабораторией, доктор геол.-мин. наук.
450077, г. Уфа, Центр, ул. К. Маркса, д.16/2, 8(347)2728256,
адрес электронной почты: Znamensky_Sergey@mail.ru



Сергей Знаменский с.е.

затверждено.

(КАДРЫ)

Сергей Знаменский

Сергей Знаменский (Р.Х. Жилин)

12.03.2014

Отзыв

на автореферат диссертации В.С.Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертационная работа В.С.Захарова посвящена чрезвычайно актуальной междисциплинарной проблеме выявления и изучения фундаментальных нелинейных закономерностей в строении, функционировании и эволюции геосистем. При этом автором затрагиваются различные иерархические уровни организации геосистем и выявляются общности и особенности. Методическую основу составляют фрактальный и динамический анализ геосистем и геопроцессов. Исследования базируются на обширном, статистически значимом материале, что позволяет уверенно воспринимать выводы автора.

Фундаментальными результатами диссертационного исследования В.С.Захарова безусловно являются доказанные проявления нелинейных процессов в конкретных сложных геосистемах – явления самоорганизованной критичности сейсмотектонических систем, механизм генерации «сейсмических гвоздей» при нелинейном содействии флюидной подсистемы, закономерности фрактальной структуризации геологической среды и т.д. Автором впервые установлено самоподобие форм и размеров континентальных структур от суперконтинентов до террейнов (что согласуется с иерархией литосферы от крупных литосферных плит до мелких блоков земной коры). Им предлагаются оригинальные методики построения дискретных кинематических моделей и выделения жестких блоков земной коры по данным GPS. На новом материале с применением модернизированных методик В.С.Захаровым установлено, что разломно-блоковая структура литосферы и пространственная структура распределения эпицентров землетрясений подчиняются одинаковым соотношениям самоподобия.

Практическая значимость представленной диссертационной работы велика и очевидна. Основное достижение – возможность применения результатов исследования для оценки эколого-геологического риска, прогноза и контроля развития опасных эколого-геологических процессов, что позволяет выйти на такую важнейшую практическую цель как предупреждение чрезвычайных ситуаций и обеспечение устойчивого развития природно-антропогенных систем.

Авторам отзыва наиболее интересным и близким по тематике исследований представляется логичный вывод автора о научном и практическом значении применения фрактального анализа при исследовании эрозионных систем (таких, как псевдокарст), которые дают возможность описать их морфологию, проследить динамику фрактальных поверхностей как характеристики степени геологического риска [Лаврусевич и др., 2013].

В этой связи обращает внимание на себя тот факт, что с помощью фрактального подхода раскрываются закономерности сложной организации геосистем, в том числе геоморфологических, не устанавливаемые традиционными методами морфометрического анализа. Наиболее перспективными, по мнению авторов, являются исследования с помощью фрактального анализа аномальных участков густоты и глубины эрозионного расчленения поверхности, выявление участков с аномальными уклонами, определение коэффициентов извилистости русел и др. [Андронаке, Иванов, Короновский и др., 2013].

Очень отраднo, что полученные диссертантом научные новые данные и выводы незамедлительно внедряются в образовательный процесс при чтении им учебных курсов «Динамические системы и фракталы в геологии», «Компьютерное моделирование в геодинамике» и «Физика земли» на геологическом факультете МГУ.

Представленная работа В.С. Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – В.С.Захаров безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Иванов Алексей Викторович,

СГТУ имени Гагарина Ю.А., декан факультета экологии и сервиса, заведующий кафедрой геоэкологии и инженерной геологии, к.г.-м.н., доцент, 410054 Саратов, ул. Политехническая, 77, тел.: (8452)-998-547, email: yashkovia@mail.ru

Храмов Александр Евгеньевич,

СГТУ имени Гагарина Ю.А., профессор кафедры геоэкологии и инженерной геологии, д.ф.-м.н., профессор, 410054 Саратов, ул. Политехническая, 77, тел.: (8452)-998-547, email: hramovae@gmail.com

Яшков Иван Александрович,

СГТУ имени Гагарина Ю.А., зам. декана факультета экологии и сервиса, доцент кафедры геоэкологии и инженерной геологии, заведующий лабораторией инженерной геоэкологии, к.г.н., 410054 Саратов, ул. Политехническая, 77, тел.: (8452)-998-547, email: yashkovia@mail.ru



Подписи А.В. Иванова, А.Е. Храмова, И.А. Яшкова заверяю:

Ученый секретарь СГТУ имени Гагарина Ю.А., профессор

П.Ю.Бочкарев

28.02.2014

Отзыв

на автореферат диссертации В.С.Захарова

«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертационная работа В.С.Захарова посвящена фундаментальной проблеме изучения самоподобия литосферных структур и происходящих в ней процессов с применением фрактального и динамического анализа. В работе проанализирован значительный массив разнообразных геолого-геофизических данных. Автореферат хорошо структурирован и дает возможность составить представление о диссертации.

В представленном исследовании можно выделить несколько основных направлений, по которым получены новые важные результаты. Проведен анализ законов распределения по размерам плит, террейнов, блоков и т.п., и на основании этого анализа сделан вывод о самоподобии структур литосферы в весьма широком диапазоне масштабов. Созданы и успешно применены методы выделения жестких блоков земной коры по данным GPS. Выявленная блоковая структура достаточно хорошо соотносится с геолого-геофизическими данными. Подобные методики могут быть востребованы при решении задач сейсмического районирования. Автор, на основании анализа сейсмичности и систем разломов, достаточно убедительно показал, что разломно-блоковая структура литосферы и пространственная структура распределения эпицентров землетрясений подчиняются одинаковым соотношениям самоподобия. Установлена фликкер-шумовая структура временных рядов современных движений земной коры по данным наблюдений GPS, проводится анализ их динамических характеристик. При этом представляется важным, что установленные фрактальные и динамические характеристики этих рядов коррелируют с сеймотектоническими особенностями районов расположения пунктов наблюдений.

Особенности строения и динамики сеймотектонических систем, которые выявлены и исследованы в диссертации, объясняются приводимыми блоковыми моделями с трением, в которых учитывается реологическая и тектоническая расслоенность литосферы. Полученные результаты и представленные модели убедительно показывают обоснованность развиваемого автором работы подхода к литосфере как самоорганизованной системе.

Отметим междисциплинарный характер данной работы, что является ее достоинством. Анализ проведен на высоком уровне, достоверность заключений и выводов автора не вызывает сомнений. Важно также, что подобные подходы и методы используются при проведении занятий на геологическом факультете МГУ.

В то же время в работе есть недостатки. При построении блоковых моделей на основании анализа скоростей GPS (глава 3) не сказано, насколько значимы получаемые различия в параметрах, описывающих движения выделяемых блоков. При анализе временных рядов смещений GPS (глава 5) ничего не говорится об источниках высокочастотного шума в исследуемых рядах. Неявно предполагается, что эти шумы имеют тектоническую природу. Между тем они могут иметь и другие источники, например, возмущения в ионосфере и т.п.

Однако замечания имеют частных характер и не снижают значимость работы. В целом диссертация «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» выполнена на высоком профессиональном уровне и заслуживает высокой оценки. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – В.С.Захаров, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.



Кузнецов Олег Леонидович

Президент РАЕН, доктор технических наук, профессор

Президент государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна»

141980 Московская область, г. Дубна, ул. Университетская, 19.

E-mail: olk@uni-dubna.ru

Тел.: 8(496) 216-61-61, 216-61-60

14.03.2014

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
ЗАХАРОВА ВЛАДИМИРА СЕРГЕЕВИЧА
"САМОПОДОБИЕ СТРУКТУР И ПРОЦЕССОВ В ЛИТОСФЕРЕ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ФРАКТАЛЬНОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА",
представленной на соискание ученой степени доктора
геолого-минералогических наук по специальности
25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертация Владимира Сергеевича Захарова посвящена решению важной и актуальной научной проблемы – определения принципиальных возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических систем.

В работе с единых позиций и комплексно рассмотрено выявление самоподобных свойств структур литосферы и процессов, происходящих в ней, на основании фрактального и динамического анализа, дано описание возможных механизмов и моделей.

В основу диссертации легли анализ и научное обобщение результатов теоретических исследований взаимосвязи разломно-блоковой структуры среды, современных тектонических движений и сейсмического процесса; фрактальный анализ геолого-геофизических данных; исследование параметров степенных законов распределений объектов по размерам, времени, энергии; анализ временных рядов методами, разработанными в теории динамических систем (динамический анализ); построение дискретных кинематических моделей по данным GPS; построение блоковых моделей сейсмотектонических систем; сопоставление полученных при анализе количественных характеристик с геолого-геофизической информацией.

Попытки использования фрактального анализа в геологии делаются на протяжении достаточно длительного времени. Однако рассматриваемая работа представляет собой наиболее полную и логически законченную систему доказательств того факта, что в геодинамике и сейсмотектонике фрактальный анализ дает новое приближение для описания сложных объектов на языке математики, позволяет количественно характеризовать понятия «иерархичность» и «самоподобие». Будущее в геологическом моделировании и прогнозе должно основываться на применении изложенных в работе подходов.

Признавая огромную практическую значимость работы в рассматриваемой области и в частности при прогнозе землетрясений, хочется отметить, что отдельные аспекты, высказанные автором выходят далеко за рамки геодинамики и сейсмотектоники.

Важным научным выводом, на наш взгляд является озвученный в работе тезис о том, что нелинейность в диссипативных системах порождает хаотическую динамику и именно в этом, а не в недостаточности наблюдательных данных, главная причина ненадежности прогнозирования. При прогнозах геологических процессов важно различить стохастический, детерминированный динамический хаос и регулярное поведение т.е. выявить степень хаотичности системы и на основании этого предлагать возможные механизмы ее функционирования, проводить построение моделей процессов.

Несколько позиций, озвученных в работе, представляют, на наш взгляд, особую ценность для геомеханики. В частности тезис, что фрактальная размерность, с одной стороны, характеризует самоподобие рассматриваемой иерархической совокупности объектов и степень сложности структуры, а с другой свидетельствует об отсутствии каких-либо выделенных, характерных размеров в совокупности объектов (понятие среднего для таких распределений мало информативно, а в некоторых случаях и неприменимо) может стать основой для разработки критериев прочности массивов горных пород, в котором «роль масштабного эффекта» будет учтена в фрактальной размерности. Дополнительно следует учесть, отмеченный в автореферате факт «уменьшение трения при увеличении масштаба неоднородностей».

Таким образом, судя по автореферату, диссертационная работа ЗАХАРОВА ВЛАДИМИРА СЕРГЕЕВИЧА является научным трудом, в котором разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение, внедрение которого вносит значительный вклад в развитие страны. Работа выполнена на актуальную тему, для достижения поставленной цели сформулированы задачи исследований и выбрана методология их решения. Полученные результаты отличаются научной новизной и практической ценностью, достоверностью и обоснованностью.

На основании изложенного можно утверждать, что диссертация ЗАХАРОВА ВЛАДИМИРА СЕРГЕЕВИЧА отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.


Пендин Вадим Владимирович декан гидрогеологического факультета, Зав.кафедрой инженерной геологии им. Ф.П. Саваренского Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе, профессор, доктор геолого-минералогических наук.

117997, г. Москва Миклухо-Маклая 23 каб.527, 8-495-433-56-44 (добавочный 11-71), pendin@yandex.ru.


И.К. Фоменко
Фоменко Игорь Константинович докторант кафедры инженерной геологии Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе, кандидат геолого-минералогических наук.

143006 МО г. Одинцово ул. Маковского 16 кв.353;. 8-916-922-45-39; ifolga@gmail.com

7 апреля 2014 года

Подписи В.В. Пендина и И.К. Фоменко удостоверяю:




О Т З Ы В

на автореферат диссертации В.С. Захарова "Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа", представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03

В диссертации реализуется современный методологический подход к изучению литосферы как многоуровневой расслоенной среды, ключевым принципом которого является выявление черт и признаков фрактальности разномасштабных статических и динамических геосистем. Такой подход не является принципиально новым научным событием в тектонике и геодинамике, однако исследования соискателя наполняют его новым методическим, алгоритмическим и фактографическим содержанием. Разработанные им модели и новые доказательства взаимосвязи регулярности и случайностей, упорядоченности и хаотичности значительно расширяют существующие представления о закономерностях строения литосферы и происходящих в ней сейсмических процессов. В диссертации исследуются взаимосвязь и фрактальные характеристики трех признаков описаний геологических сред: геометрические формы и размеры статических структур (плит, террейнов, блоков), векторы их относительных перемещений по данным GPS-наблюдений и распределения землетрясений во времени и пространстве.

В результате реализации разработанных методов исследования, поддерживаемых авторским программным обеспечением, соискателем получены убедительные результаты, доказывающие подобие (фрактальность) иерархически соподчиненных тектонических структур разного ранга и размеров, и связанных с ними геодинамических процессов. Главнейшими из этих результатов являются:

1. Установлено, что фрактальные характеристики разломно-блоковых структур аналогичны фрактальным характеристикам распределения эпицентров землетрясений (рис. 4 в автореферате). Поскольку пространственная связь последних с разломами подтверждается многочисленными наблюдениями по всему миру, трудно предположить другой результат и поэтому обнаруженное соответствие определяет, прежде всего, доверие к разработанным алгоритмам и доказывает эффективность применяемой соискателем методики фрактального анализа.
2. Показана связь динамических характеристик временных рядов сейсмичности с тектоническими и геодинамическими характеристиками литосферы и конкретно – связь сейсмичности с жесткими блоками земной коры и литосферы. Здесь особенно интересным и новым для рецензента является оценка реологических состояний тектонических сред по данным GPS.
3. Для территорий, где сеть станций GPS-наблюдений особенно плотная (Эгейско-Анатолийский регион, запад США и юг Японии), построены кинематические модели сеймотектонических процессов.
4. Установлены степенные законы распределений террейнов по размерам и вычислены частотные распределения их количества для северного полушария Земли. Это результат имеет фундаментальное значение в дальнейшей разработке террейнового анализа и концепции тектоники плит.
5. Результаты соискателя подтвердили модель двухъярусного (точнее – четырехъярусного) строения литосферы, состоящей из асейсмичного вулканогенно-осадочного, сейсмичного корового кристаллического, подкорового вязкого и нижнего литосферного жестких слоев. Эта модель (рис. 6 в автореферате) точно вписывается в гравитационную модель расслоенной литосферы (Петрищевский, Геотектоника, 2013, № 6. С. 60-83), полученную только по гравитационным аномалиям без привлечения дополнительной геолого-геофизической информации и согласуется с многочисленными

геофизическими данными о существовании вязких слоев в земной коре, подкоровом слое верхней мантии и астеносфере. Вместе с доказательствами дискретного распределения в литосфере магнитуд землетрясений (Губанова М.А., Петрищевский А.М. Связь сейсмичности с глубинным геологическим строением Приамурья и Манчжурии // Региональные проблемы. 2011. Т.14, № 2. 51-56), результаты соискателя объективно (т.е. независимо от существующих данных) вписываются в систему неоспоримых доказательств справедливости концепции расслоенной литосферы. В этом состоит еще одно важное фундаментальное значение диссертационной работы.

6. Выявление локальных зон ("гвоздей", по выражению соискателя) концентрации землетрясений вдоль вертикальных осей, который соискатель объясняет давлением флюидов. Насколько это так, из автореферата не видно, однако нет сомнения, что такие зоны связаны со структурами центрального типа (плюмами или горячими очками). Замечу, что подобная концентрация землетрясений в протяженных линейных зонах является частым явлением и это обычно объясняется связью землетрясений с разломами без привлечения флюидов. Таким же образом нередко концентрируются сингулярные точки плотностных неоднородностей, которые локализуются в земной коре и верхней мантии с помощью аналитических продолжений гравитационного потенциала (Петрищевский, Геофизика, 2013, № 6. С. 38-47).

Рецензент не увидел в автореферате сколько-нибудь существенных недостатков, разве что противоречие на страницах 7 и 20. В первом случае сказано, что "детерминировано-хаотическое поведение сейсмотектонических систем непредсказуемо для выявления конкретной динамики" (в т.ч. предсказания землетрясений), а во втором – "данные GPS могут быть использованы для определения сейсмической опасности". Возможно, это формальное противоречие обусловлено отсутствием в автореферате четких определений понятий: "сейсмическая опасность" и "конкретный прогноз". С точки зрения рецензента, детерминированная хаотичность содержит признаки долгосрочного прогноза сейсмической опасности.

Фундаментальное значение и практическая значимость, широкая апробация и степень опубликованности научных результатов характеризуют диссертацию В.А. Захарова как законченное исследование – крупное научное достижение, характеризующееся актуальностью, новизной и большим личным вкладом соискателя в разработку методов фрактального анализа тектонических структур и геодинамики литосферы, а также концепции расслоенной литосферы. Это позволяет рекомендовать Совету Д.501.001.39 присуждение В.С. Захарову искомой научной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 "Геотектоника и геодинамика".

Зав. лабораторией Моделирования
геологических структур Института
комплексного анализа региональных
проблем ДВО РАН, д. г.-м. н.

18 марта 2014 г.

Подпись А.М. Петрищевского удостоверяю:
уч. секретарь ИКАРП ДВО РАН, к.г.н.

А.М. Петрищевский

Д.М. ФЕТИСОВ



Петрищевский Александр Митрофанович
679000, ЕАО, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4.
Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН
тел.: (42622)-2-40-13,
E-mail: petris@stl.ru

Отзыв на автореферат диссертации

Захарова Владимира Сергеевича «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика».

Вопросы самоподобия являются актуальными во многих областях физики. Выявления наличия скейлингов полезно не только с описательной точки зрения, когда в большом диапазоне масштабов существуют простые степенные зависимости, но также говорит о единстве физических механизмов в этом диапазоне. Смена же скейлингов указывает на необходимость поиска новых механизмов. Очевидно, что в сложных системах (например, при описании геологических процессов), где количество различных факторов велико, наличие таких указаний может быть крайне важным. В этой связи следует отметить полученный автором результат о самоподобию форм и размеров континентальных структур в большом диапазоне масштабов, а также фрактальной структуре разломов. Поскольку данная информация может быть использована при построении физических моделей землетрясений, то данные результаты являются важными.

Результаты работы неоднократно представлялись на конференциях и семинарах, публиковались в рецензируемых изданиях, также, хотелось бы отметить большое количество работ без соавторов, что характеризует автора как самостоятельного ученого. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Работа выполнена на высоком научном уровне. Отдельным пунктом следует отметить высокое мастерство автора в области физического моделирования. Работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, проявивший высокую степень самостоятельности, заслуживает присвоения степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика».

24.03.2014

123995, Москва, Б.Грузинская, 10
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт физики Земли
им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)
лаборатория «Главного геомагнитного поля и петромагнетизма»

д.ф.-м.н., гнс, снс (звание)
Максим Юрьевич Решетняк
раб. 8-499-254-91-05, моб. 8-903-100-23-08
e-mai: m.reshetnyak@gmail.com



ОТЗЫВ на автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук В.С.Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа»

Докторская диссертация В.С.Захарова посвящена выяснению самоподобия структур литосферы и происходящих в ней процессов по результатам фрактального и динамического анализа, а также связи их количественных характеристик с геодинамикой, тектоникой и особенностями сейсмического процесса. На основании проведенных исследований автор предлагает их возможные механизмы и модели.

Автореферат диссертации состоит из введения, 6 глав и заключения. 1-я глава посвящена состоянию проблемы самоподобия структур и процессов в литосфере и методам анализа, глава удовлетворительно соответствует поставленным задачам.

Главы 2-5 построены в соответствии с 4-мя защищаемыми положениями, что существенно облегчает восприятие работы.

В главе 2 изложены результаты анализа распределения литосферных плит по размерам, фрактальных характеристик террейнов, самоподобие блоковой структуры в реологически расслоенной литосфере. На основании результатов проведенного анализа автор доказал и продемонстрировал самоподобие структур литосферы от суперконтинентов до отдельных террейнов и мелких блоков земной коры, что согласуется с иерархией блоковой делимости литосферы. Эти результаты показывают возможность сходного блокового поведения на разных масштабах. **Таким образом, 1-е защищаемое положение обосновано диссертантом.**

В главе 3 предложен разработанный инструментарий для создания дискретной кинематических моделей отдельных регионов по данным GPS, который позволил В.С.Захарову установить движение плит и микроплит и выявить внутреннюю кинематику более мелких структурных блоков. Кроме этого, в главе показано проявление границ выявленных блоков в геолого-геофизической информации. Проведенные исследования подтверждают модель разномасштабной иерархической блоковой структуры и процессов в литосфере. **2-е защищаемое положение диссертанта обосновано.**

В главе 4 автор приводит результаты изучения фрактальных и динамических характеристик сейсмического процесса: характеристики самоподобия сейсмичности и сетей активных разломов, временных рядов выделения сейсмической энергии, результаты анализа последовательностей сильных землетрясений. Представляется интересным выявленные автором закономерности изменения относительно соседних областей значения параметра b , а также особенности и механизмы генерации сейсмических «гвоздей», связанные с активизацией сейсмичности под воздействием флюидов. Важным также является количественная характеристика детерминировано-хаотического поведения сложных сейсмотектонических процессов. Выводы к главе 4 также как **3-е защищаемое положение диссертанта вполне обосновано.**

Изложенные в главе 5 динамические характеристики временных рядов смещений земной поверхности по данным GPS, связанные с сейсмотектоникой убедительно показывают, что сейсмотектонические процессы принадлежат к классу систем с самоорганизованной критичностью, в которой непредсказуема конкретная динамика и катастрофы. Эти

фундаментальные свойства геологических процессов объясняются моделями блоковой динамики с нелинейным трением, что и является 4-м защищаемым положением докторской диссертации В.С.Захарова. Оно (4-е положение) доказано и обосновано.

Работа диссертанта прошла апробацию на международных и Всесоюзных и Российских конференциях, симпозиумах и совещаниях, изложена в достаточном для докторской диссертации количестве публикаций разного уровня, в том числе в 2-х монографиях. Практическая значимость работы бесспорна, ее результаты должны учитываться при моделировании тектонических структур и процессов; подтверждением практической значимости работы является применение модели авторской блоковой динамики с типичным законом трения для описания сейсмогенного оползнеобразования. Особое значение имеет применение авторских разработок в учебных курсах, читаемых В.С.Захаровым на геологическом ф-те МГУ.

Диссертационная работа В.С.Захарова соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора, а автор без сомнения заслуживает искомое звание доктора геолого-минералогических геологических наук.

Заведующий лаб. тектоники и геодинамики № 103 института физики Земли РАН,

123995, ГСП-5, Москва Д- 242, Б.Грузинская, д.10, стр.1

Доктор геол.-мин.наук Ю.А.Морозов

e-mail: morozov@ifz.ru, тел. +7 916 685 06 55



Вед. н.с. лаб. тектонофизики им. М.В.Гзовского № 204 института физики Земли РАН,

123995, ГСП-5, Москва Д- 242, Б.Грузинская, д.10, стр.1

Доктор геолого-минералогических наук Л.А.Сим

e-mail: sim@ifz.ru, тел. +7 916 384 83 34



3.04.14



Отзыв

на автореферат диссертации В.С.Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертационная работа В.С.Захарова посвящена весьма актуальной проблеме изучения литосферы на основании представлений о ее самоподобной (фрактальной) блоковой иерархической структуре.

В работе можно выделить несколько основных направлений. На основе анализа законов распределения по размерам плит, террейнов, блоков и т.п. впервые проведено изучение свойств самоподобия структур литосферы.

Иерархическая блоковая структура литосферы для данного ряда выявляется в работе на основании анализа данных GPS, при этом используются разработанные автором (с коллегами) методы. Важно отметить, что выявленная структура сопоставляется с геолого-геофизическими данными (сейсмичность, гравитационные аномалии и т.д.), что подтверждает достоверность ее выделения. Результаты проведенного анализа, помимо построения тектонических схем, могут быть востребованы при определении сейсмической опасности.

Проводится анализ степенных законов для сейсмотектонического процесса (закона Гутенберга–Рихтера, Омори и др.), исследуется связь параметра b закона Гутенберга–Рихтера с процессами, сопровождающими сильные землетрясения. На новом материале с применением модернизированных методик автором показано, что разломно-блоковая структура литосферы и пространственная структура распределения эпицентров землетрясений подчиняются одинаковым соотношениям самоподобия. Анализируются весьма интересные субвертикальные сейсмофокальные – сейсмические «гвозди». Рассматриваются временные ряды смещений пунктов наблюдений GPS, проводится анализ их динамических характеристик. Выявлены фрактальные свойства этих рядов и установлена их закономерная связь с сейсмотектоническими особенностями районов расположения этих пунктов. Это представляется важным результатом в свете развиваемого автором работы подхода к литосфере как самоорганизованной системе.

Выявленные в работе особенности строения и динамики сейсмотектонических систем объясняются приводимыми блоковыми моделями сейсмотектонических систем с трением, в которых учитывается реологическая и тектоническая расслоенность литосферы.

Отметим, что проведенный в работе анализ позволяет не просто констатировать сложность сейсмотектонических процессов, но дает количественную меру этой сложности, а также теоретическое обоснование – эволюцию сейсмотектонических систем к состоянию самоорганизованной критичности, в котором невозможен реальный прогноз динамики и катастроф. Эти фундаментальные особенности сейсмотектонического процесса необходимо учитывать при проведении работ по прогнозу сейсмической опасности.

Работа носит ярко выраженный междисциплинарный характер, для анализа разнообразных и разнородных геолого-геофизических данных применяются методы и подходы, разработанные в теории фракталов и теории динамических систем. При этом автором исследуются различные масштабно-иерархические уровни организации геосистем, выявляются их особенности и взаимосвязь.

Анализ проводится автором на самом современном методическом уровне, выводы основаны на обширном статистически значимом материале, что доказывает достоверность заключений и выводов автора.

Представляется весьма важным, что новые научные подходы и методы, а также полученные диссертантом результаты и выводы внедряются в образовательный процесс при проведении занятий по ряду учебных курсов на геологическом факультете МГУ.

В то же время к работе имеются определенные замечания:

1. Не является ли источником высокочастотного шума в исследуемых рядах GPS возмущения в атмосфере, ионосфере и иной «нетектонической» природы.
2. Насколько обосновано законы трения, установленные в лабораторных условиях и на соответствующих масштабах, переносить на большие масштабы.

Отметим, что указанные недостатки не снижают общей ценности работы. В целом представленная работа «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» выполнена на высоком профессиональном уровне, соответствует всем требованиям, предъявляемым к

докторским диссертациям, а ее автор – В.С.Захаров безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Сначев В.И.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Уфимского научного центра Российской академии наук
Заведующий лабораторией, профессор, доктор геол.-мин. наук.
450077, г. Уфа, Центр, ул. К. Маркса, д.16/2, 8(347)2728256, SAVant@inbox.ru

12.03.2014

*Полное Сначева В.И.
затверждено.*

for с.м.с. Жиниц

(Р.Х.Жиниц)



ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Захарова Владимира Сергеевича
«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам
фрактального и динамического анализа», представленной на соискание
ученой степени доктора геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика**

Актуальность темы исследований, выполненных Захаровым В.С. не вызывает сомнений. Широкий диапазон масштабов исследуемых структур литосферы, анализ законов распределения и фрактальных характеристик, позволяет рассмотреть возможные механизмы их движения, создать новые блоковые модели сейсмотектонических систем с учетом их реологической и тектонической расслоенности.

Поражает огромный объем фактического материала, используемого автором в его работе, а также широкий диапазон применяемых им методов исследований. В работе подтверждена иерархия блоков литосферы от крупных плит, до мелких блоков. Показана связь динамики сейсмотектонических систем различного масштаба с разломообразованием, тектоническими движениями и сейсмическими процессами. Наибольшее научное значение исследований диссертанта заключается в подтверждении понимания сейсмического процесса и его эволюции. Модели блоковой динамики с нелинейным трением показывают непредсказуемость катастроф вызванных геодинамическими процессами.

С практической точки зрения интересно применение фрактального анализа для описания морфологии и динамики развития некоторых опасных для строительства экзогенных геологических процессов. Защищаемые положения вполне диссертательны, а поставленная автором проблема свойств самоподобных структур литосферы и сейсмических движений носит фундаментальный характер и выступает в качестве составной части теории геологических явлений и процессов, протекающих как в земной коре, так и на ее поверхности.

В целом автором проделана огромная практическая и теоретическая работа. По своей актуальности, теоретической и практической значимости, научной новизне диссертация «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» соответствует профилю диссертационного совета Д 501.001.39 и требованиям п.7 «Положения о порядке присуждения ученых степе-

ней» (утверждена постановлением Правительства РФ от 20 июня 2011г. № 475), предъявляемых к докторским диссертациям, а её автор Захаров В.С. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры Инженерной геологии и
геоэкологии Московского государственного
строительного университета

С.Н. Чернышев

Доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры Инженерной геологии и
геоэкологии Московского государственного
строительного университета



В.П. Хоменко

Кандидат геолого-минералогических наук,
профессор кафедры Инженерной геологии и
геоэкологии Московского государственного
строительного университета

А.А. Лаврусевич

4 апреля 2014 г.

129337, г.Москва, Ярославское шоссе д.26 ФГБОУ ВПО МГСУ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный строительный университет"). Каф. Инженерной геологии и геоэкологии

Чернышев С.Н., 9851148@list.ru, тел. 8-915-314-0940

Хоменко В.П., chomenko_geol@mail.ru, 8-905-741-4240

Лаврусевич А.А., lavrusevich@yandex.ru, 8-925-500-8426

Отзыв на автореферат диссертации В.С.Захарова

«Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика

Диссертация В.С.Захарова отражает не простое состояние в углубленных исследованиях современных геодинамических процессов в литосфере Земли. Сложность и по ряду вопросов дискуссионность выводов по синхронно протекающим современным процессам в литосфере заключается в том, что к настоящему времени накопилось значительное количество разносторонних и различными методами полученных данных о многоплановых геолого-геофизических процессах в литосфере, для синтеза которых применяются и, нередко, даже специально разработаны, математические методы анализа и интеграции результатов. Об этом важном моменте в научных исследованиях писал В.И.Вернадский, отмечая, фундаментальность научных исследований тогда, когда они овладевают математикой. В этом плане диссертация В.С.Захарова актуальна своей направленностью на решение важной научной проблемы – определения принципиальных возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических систем.

Основная авторская задача по направленности диссертации выполнена, поставленная серия задач решена. На важность некоторых из них для анализа взаимосвязанных процессов в литосфере следует обратить особое внимание.

1. Диссертантом ещё раз аргументирован вывод о самоподобии разрывных и блочных структур литосферы в широком диапазоне масштабов – от трещин и мелких обломков до разломов и крупных плит. Вывод о самоподобии существенно дополнен автором разработкой методики для изучения блочности верхней части литосферы по данным GPS-геодезии. Получены заключения о сложном блоковом строении ряда регионов на «мелком» масштабном уровне. Более того, показана закономерная связь динамических характеристик временных рядов GPS с геодинамическими характеристиками отдельных регионов – сейсмичностью и «жесткостью» блоков.

2. Диссертантом показана тесная взаимосвязь разломно-блоковой структуры литосферы со структурой распределения эпицентров землетрясений. Она аргументируется одинаковыми соотношениями самоподобия, как показано в автореферате. Она также аргументируется сопоставлением размерностей подобия разломных сетей Байкальской рифтовой системы на её флангах и центре с размерностями подобия соответствующих эпицентральных полей и, отсюда, возможностями долгосрочного прогноза сейсмического процесса, что было показано ранее (Sherman, Gladkov, 1999, Tectonophysics и работы других авторов).

3. Диссертантом предложены новые оригинальные варианты моделей блоковой динамики литосферы, базирующиеся на законах трения, во многих случаях порождающих детерминированный хаос, катастрофы и степенные распределения характеристик в сейсмотектонических системах. Анализируя разломно-блоковую структуру литосферы с учетом её реологических свойств, совершенно правильно сделан вывод о том, что реологическая расслоенность литосферы должна рассматриваться как её динамическая характеристика.

Краткость отзыва на автореферат не позволяет останавливаться на многих других значимых выводах и новых положениях в закономерностях протекания взаимосвязанных процессов в литосфере, которые выделяют характеризующий автореферат диссертации В.С.Захарова как актуальное, аргументированное и значимое исследование докторского уровня. Об этом же свидетельствуют многие опубликованные работы диссертанта и его публичные выступления на научных форумах.

Вместе с тем, как исследователь, который в течение всей своей многолетней научно-исследовательской работе уделяет большое внимание применению математических методов при анализе и обработке геолого-геофизической информации, как исследователь, постоянно призывающий к применению физики и математики к более глубокому пониманию геолого-геофизических процессов в литосфере Земли, я не могу согласиться с неоднократно повторяемым выводом диссертанта, четко озвученном в четвертом защищаемом положении и первом положении о научной и практической значимости исследований. Он заключается в следующем.

В.С.Захаров защищает положение о том, что: «Доказано, что сейсмотектонические системы принадлежат к классу систем с самоорганизованной критичностью, в которых реализуются детерминировано-хаотическое поведение с **непредсказуемостью** (выделено нами С.Ш.) конкретной динамики и катастроф (землетрясений, оползней и т.д.). Эти фундаментальные свойства объяснены моделями блоковой динамики с нелинейным трением, демонстрирующим главные особенности сейсмотектонического процесса» (стр.7). И далее следует научное и практическое значение диссертации: «На новом материале с применением усовершенствованных методик подтверждено понимание сейсмического процесса как фундаментального следствия эволюции сейсмотектонической системы к состоянию самоорганизованной критичности, в котором **невозможен** (С.Ш.) реальный прогноз динамики и катастроф» (стр.7).

Считаю, что о невозможности прогнозов на основе научных исследований в области геодинамики и сейсмичности в утвердительном тоне пока говорить нет оснований. Исследования необходимо продолжать к каким бы выводам на данном промежуточном этапе мы ни приходили. Проблема важная, актуальная для многих сейсмоопасных регионов мира, над ней работают многие исследователи в разных странах и «закрывать» её нельзя.

Твердо убежден, что однонаправленные и социально значимые исследования по прогнозу катастроф, в частности, более закономерного процесса – сейсмического, приведут общество к более глубоким знаниям сложных геолого-геофизических процессов и найдут новые, пока скрытые от нас возможности интерпретации физики разрушения литосферы, «внезапного» возникновения подвижек её блоков и результирующих сейсмических эффектов. Ведь находим мы сегодня закономерности в хаосе, познаем то, что еще вчера считалось артефактом и т.п. Глубоко убежден в том, что геотектоника как наука должна все шире и чаще применять математические методы для анализа фактов, использовать математический и физический аппарат для корректного обобщения и аргументации выводов. Однако убежден и в том, что строго математические выводы, вытекающие из законов обработки многотысячной информации с варьирующими входными данными, не должны влиять на окончательные геотектонические построения, в тысячелетние и более по длительности эволюции геолого-геофизические процессы, закономерности которых по

длительной геохронологической шкале времени и по продолжительности рассматриваются как мгновение, и, естественно, нам полностью не ясны. Без математики сегодня нельзя вести многие научные исследования, но это не означает, что математика может заменить или заставить нас пренебречь следствиями, вытекающими на основе собственно базовых представлений конкретной науки, в данном случае геодинамики. Считаю, что нужные социально значимые геолого-геофизические исследования, в том числе и рассматриваемые в диссертации В.С.Захарова, необходимо вести при полной уверенности в научных возможностях их прогноза, если не сегодня, то оптимистичного завтра.

Мое отступление о возможностях прогноза нельзя никоим образом рассматривать как недостаток или критика исследований В.С.Захарова. Вторично повторяю, что я не оспариваю основные выводы диссертационной работы В.С.Захарова, в том числе и выводы, связанные с эволюцией сейсмотектонической системы.

Считаю, что опубликованные работы, научные выступления, автореферат диссертации В.С.Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа» и защищаемые научные положения открывают новую страницу в нашем общем поиске закономерностей в сложно протекающих геодинамических процессах, полностью отвечают современным требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, а её автор, безусловно, достоин искомой степени.

Шерман Семен Иойнович, Институт земной коры СО РАН, главный научный сотрудник, профессор.

Иркутск, 664033, ул. Лермонтова, 128. тел. 89148707610, e-mail: ssherman@crust.irk.ru

17 марта 2014 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации В.С. Захарова «Самоподобие структур и процессов в литосфере по результатам фрактального и динамического анализа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03

Диссертация В.С. Захарова направлена на решение важной и актуальной фундаментальной научной проблемы – определения принципиальных возможностей и ограничений прогноза состояния и динамики геологических систем.

В результате проведенного исследования на основании применения фрактального анализа и анализа временных рядов В.С. Захаров получил результаты, которые убедительно доказывают самоподобие (фрактальность) тектонических структур разного ранга и размеров, и связанных с ними геодинамических процессов. Важнейшими результатами, полученными в работе, являются:

1) Установлены законы распределений террейнов по размерам (глава 2), которые носят однородный степенной характер в весьма широком диапазоне размеров, определены количественные характеристики этих распределений для северного обрамления Тихого океана. Представляется, что полученный результат имеет фундаментальный характер и важен для развития концепции тектоники литосферных плит.

2) Для ряда регионов, относящихся к областям новейшей тектоники (Эгейско-Анатолийский регион, Калифорния, южная Япония), на основании разработанных методов анализа данных GPS построены боковые кинематические модели сеймотектонических процессов (глава 3). В результате проведенного анализа получено сложное блоковое строение исследуемых регионов на следующем масштабном уровне, что согласуется с предложенными в работе (глава 6) моделями иерархической блоковой динамики.

3) Установлено, что характеристики самоподобия разломно-блоковых структур близки к характеристикам распределения эпицентров землетрясений (глава 4), а также выявлена согласованность параметров распределения землетрясений по магнитудам и фрактального распределения размеров разрывных нарушений, что указывает на согласованное самоподобие и самоорганизацию сеймотектонического процесса. Рассмотрены и исследованы так называемые «сейсмические гвозди» – зоны концентрации землетрясений вдоль субвертикальных осей, которые автор связывает с влиянием флюидов.

4) Показана связь динамических характеристик временных рядов смещений, полученных по данным GPS, с сеймотектоническими и геодинамическими характеристиками литосферы (с сейсмической активностью и с жесткими блоками). Этот результат согласуется с результатами, полученными автором при анализе блоковой структуры в главах 3 и 4, и объясняется предложенными в главе 6 блоковыми моделями.

5) В работе предложены новые оригинальные варианты моделей блоковой динамики литосферы, базирующиеся на законах трения, порождающих детерминированный хаос, катастрофы и степенные распределения характеристик в сеймотектонических системах (глава 6). Отметим, как весьма важный, сделанный автором вывод о том, что реологическая расслоенность и разломно-блоковая структура литосферы должна рассматриваться не только как иерархическая, но и как динамическая характеристика.

К недостаткам работы следует отнести следующее. Первая глава, где изложено состояние проблемы и методы анализа самоподобия структур и процессов в литосфере, носит, пожалуй, слишком «учебный» характер, что, впрочем, может быть обусловлено тем, что работа в значительной мере использует методы и подходы, новые для геологии. Не вполне ясно, как, по мнению автора, соотносятся непредсказуемость конкретной динамики и катастроф, которая вытекает из установленного им детерминировано-

хаотического поведения сейсмотектонических систем, и предложения об использовании результатов анализа при определении сейсмической опасности. Сейсмические «гвозди» представляют собой очень интересные сейсмофокальные структуры, однако из автореферата не вполне ясно, выявлена ли их связь с какими-либо тектоническими структурами и геодинамикой.

Диссертация В.С. Захарова представляет собой законченное фундаментальное исследование, которое характеризуется актуальностью, новизной и большим личным вкладом соискателя в разработку и применение методов фрактального и динамического анализа геотектонических структур и процессов. Работа прошла апробацию, основные положения опубликованы в журналах из списка ВАК. Работа полностью отвечает современным требованиям к диссертациям на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, а её автор, Владимир Сергеевич Захаров, безусловно, заслуживает искомой степени по специальности 25.00.03 «Геотектоника и геодинамика».

Шрейдер Анатолий Александрович,
доктор геол.-мин. наук, профессор,
заведующий лабораторией института
океанологии им. П.П. Ширшова РАН
117997, Москва, Нахимовский проспект д.36.
тел. (499) 124-59-63
e-mail: aschr@ocean.ru

21 марта 2014 г.

