

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу
ШАТАХЦЯНА Артема Рубеновича
"СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕР БЛИЗОСТИ И
ФРАКТАЛЬНЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ",
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические
методы поисков полезных ископаемых

Диссертация Шатахцяна Артема Рубеновича «Статистический анализ и кластеризация рудных месторождений на основе использования мер близости и фрактальных размерностей» ориентирована на получение опыта применения формально-математических методов (статистический и фрактальный анализ, кластеризация и другие) к анализу данных по рудным месторождениям с учетом специфического характера объекта исследования.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Главы предваряются кратким представлением содержания главы, разбиты на разделы и заканчиваются выводами. Заключение отражает полученные диссертантом результаты. Объем диссертации – 114 страниц текста, 42 рисунка и 9 таблиц. Список литературы состоит из 88 наименований.

Во Введении автор приводит все формально требуемые характеристики представленной диссертационной работы. В этой вводной части диссертации сформулированы цель работы и главные решаемые задачи, обоснованы актуальность исследования и достоверность результатов, представлен личный вклад автора. На защиту вынесены три защищаемых положения. Основные результаты диссертации опубликованы в 21 статье, из которых 4 – в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК, а также многократно докладывались на российских и международных научных мероприятиях.

Актуальность выбранной диссертантом темы. Диссертант предлагает использовать для анализа пространственного распределения рудных месторождений и распределения концентраций и объемов полезных компонент самих месторождений подходы фрактального анализа. В отличие

от изучения нефтегазоносных толщ, которое в настоящее время проводится с привлечением формальных математических методов, для рудных месторождений на данный момент многие аналогичные вопросы не разработаны. Многие оценки даются на основе экспертных суждений и на основе некоторых выбранных регионов, а не по более полным мировым данным. Применение методов исследований, нацеленных на анализ существенно неравновесных динамических систем, и использование современных баз данных позволяет продвинуться в понимании многих важных вопросов рудогенеза, что уже достаточно для констатации актуальности рассматриваемой работы.

Следует отметить, что использование аппарата, разработанного для исследования других объектов (пусть даже смежной тематики), приводит с неизбежностью к разработке новых методических подходов, а значит, и к развитию формально-математического аппарата.

Исходя из этого, исследования Шатахтяна Артема Рубеновича, результаты которых представлены в виде обобщающей диссертационной работы, следует рассматривать как весьма актуальные.

Новизна представленных научных положений, выводов и рекомендаций. Научная новизна состоит в применении методов статистического, кластерного и фрактального анализа к массивам данных по крупным рудным месторождениям (ряд использованных подходов ранее не применялся или применялся только в других областях знаний) и в построении генерализованных моделей формирования месторождений, обеспечивающих выполнение выявленных статистических закономерностей. Методологически новый подход в расчете корреляционной размерности – метод смешанных корреляционных размерностей наглядно показывает и дает количественную меру взаимной приуроченности компонент месторождений к возможно общим условиям образования. К новым результатам кластеризации относится тенденция выявления кластеров, составленных

преимущественно из элементов с обогащением либо в верхней, либо в нижней континентальной коре.

Достоверность, обоснованность и значимость результатов исследований. Диссертация А.Р. Шатахтяна представляет собой законченный труд с хорошо обоснованными основными положениями и выводами, изложенными с достаточной степенью полноты. Ясная и последовательная логика изложения материала вместе с конкретным содержанием глав не оставляет сомнений в обоснованности всех положений и выводов диссертации.

Новые подходы к описанию данных по крупным и суперкрупным рудным месторождениям и ряд неизвестных ранее статистических закономерностей в характере данных по расположению, набору полезных элементов, объемам запасов и концентраций руд в крупных и суперкрупных месторождениях мира определяют значимость рассматриваемой работы. Переход от экспертных качественных моделей кластеризации рудных месторождений к предложенным двум согласующимся формально-математическим методам кластеризации является еще одним аргументом значимости работы.

Структура диссертации выглядит вполне логично. Автор отошел от традиционного литературного обзора и начал с изложения взглядов на теорию рудогенеза и сопутствующих аспектов (Глава 1), по необходимости обращаясь к литературным источникам, переходя от описания процессов образования месторождений согласно методам физической химии к статистическому анализу. Здесь же описаны используемые в работе данные. Рассмотрена возможность использования степенного и логнормального распределения концентрации рудного сырья и его запасов. В Главе 2 диссертант, предварительно определившись с используемыми параметрами, проводит их расчет как на модельных распределениях, так и на реальных распределениях рудных месторождений. Здесь следует особо отметить

предложенный метод смешанных корреляционных размерностей, который следует рассматривать как методологически новый подход в расчете корреляционной размерности. Этот метод наглядно показывает взаимную приуроченность компонент месторождений к, возможно, общим условиям образования и дает некоторую количественную меру этой приуроченности. Кроме этого, в отсутствие достаточного количества месторождений, в расчет смешанной корреляционной размерности могут быть добавлены месторождения родственных элементов. Очень важным результатом представляется возможность замены практикующихся экспертных оценок формализованным подходом. Эту линию диссертант продолжает и в Главе 3, посвященной кластеризации рудных месторождений. Определившись с терминологией и сосредоточившись на мере Танимото-Роджерса, проведена кластеризация рудных месторождений с переходом к их классификации. Причем автор отмечает важность согласованности такой структуры с моделями формирования рудных месторождений. Этот аспект рассмотрен в Главе 4, которая является, в определенном смысле, объединяющей полученные результаты в единую непротиворечивую схему. Полученные независимыми методами (на основе расчета смешанной корреляционной размерности и меры близости Танимото-Роджерса) и по независимым данным (по пространственному расположению и по наполнению рудных месторождений) результаты кластеризации месторождений оказались тесно коррелированными, что однозначно указывает на корректность обоих этих подходов, возможность проведения на их основе содержательной формальной кластеризации компонент месторождений и на возможность получения общей классификации, путем объединения обоих этих подходов. И важно, что полученные результаты не остались на уровне чисто математической модели, а позволили провести на их основе геологическую интерпретацию.

Замечания, возникшие в процессе изучения предоставленных материалов.

1. Представляется, что защищаемое положение 1 могло бы быть усилено и стало бы более впечатляющим. Просто «*подтверждено*» умаляет значение работы автора. Автор имеет все основания быть более категоричным: «*обосновано*», «*доказано*» и т.д.
2. На фоне табл. 1.1 (когда треть видов рудного сырья не соответствует критерию логнормальности) фраза о «*вероятной применимости логнормального закона распределения для величин концентраций рудной компоненты*» (стр. 28) не выглядит обоснованной. Причем, если автор вполне резонно отмечает зависимость результата от разбиения на интервалы при критерии χ^2 , то здесь же уместен вопрос о выборе (точнее, невыборе) критерия соответствия, позволяющего уйти от этой проблемы.
3. Стр.45, рис.2.6. Во-первых, участок с «*наклоном 1*» визуально не выглядит даже прямолинейным, а уж тем более, кривая не имеет заданного наклона 1. Это нужно как-то комментировать, иначе возникает впечатление не очень удачного примера. Во-вторых, никак не обсуждается гораздо более прямолинейный участок между двумя рассматриваемыми. Его прямолинейность обходить вниманием, очевидно, не следовало бы. Ну и кластеры (кружки на графике) имеют все-таки равномерное распределение, а не *нормальное* (стр.46, 2 абзац, 6 строка). В принципе, к рис. 2.8 и 2.10 те же замечания. Точно так же второй участок не укладывается в заданный наклон.
4. Замечания, связанные со структурой диссертации:
 - а) Стр. 24. Возможность аппроксимации эмпирического распределения логнормальным фактически декларируется (лишь со ссылкой на [Turcotte, 1997], и, вообще-то, непонятно из текста, для чего это сделано. В отличие от степенного распределения, которое, как показывает автор, является фундаментальным свойством распределения месторождений (с

определенными ограничениями). Причем, если бы раздел 1.3 предшествовал разделу 1.2, то такой вопрос бы не возник.

б) Раздел 1.3 состоит лишь из одного подраздела 1.3.1, что представляется излишним дроблением излагаемого материала, особенно учитывая его объем в 1 страницу.

5. Следует отметить, что текст диссертации вычитан гораздо хуже, чем текст автореферата. Это проявляется в допущенных опечатках, текстовых нестыковках и т.д., что вызывает определенные трудности восприятия текста. Например:

а) При упоминании закона Гутенберга-Рихтера не расписаны условные обозначения N , M . И если сейсмологам это априори понятно, то более широкий круг читателей окажется в затруднении, тем более что в ближайших строчках фигурирует M , сейсмический момент и сейсмическая энергия. И без расшифровки неясно, как из экспоненциального распределения (1.3) следует степенное распределение сейсмического момента. Тем более, что аналогии с этим законом рассматриваются и далее (стр.19).

б) Рис. 1.4 вопреки тексту не отражает положение месторождений в соответствии с видом рудного сырья.

в) Стр. 24. Неясно использование для характеристики графиков дискретных данных термина «непрерывный».

г) Стр.69 Обозначение меры Танимото-Роджерса M_T заменено без предупреждения на T , а затем и на $T-P$ (стр.70).

д) В шапке таблицы 1.1 было бы полезно указать, что параметры логнормального распределения относятся к концентрации, а степенного – к величине запасов. Это в случае, если оппонент прав, а если нет, то аналогичное указание – просто необходимо.

Следует отметить, что перечисленные выше замечания ни в коей мере не умаляют достоинств рассматриваемой диссертации и не ставят под сомнение полученные результаты и основанные на них выводы.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертация Шатахцяна Артема Рубеновича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладает несомненной новизной и выполнена на актуальную тему.

Результаты и выводы диссертационной работы доведены до сведения научной общественности в виде большого количества публикаций и докладов на научных конференциях разного уровня. Все заявленные автором защищаемые положения раскрыты и хорошо обоснованы.

Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание и основные результаты диссертационных исследований. Диссертация Шатахцяна А.Р. полностью соответствует паспорту специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

По своему содержанию, научной новизне и практической ценности полученных результатов диссертация Шатахцяна Артема Рубеновича «Статистический анализ и кластеризация рудных месторождений на основе использования мер близости и фрактальных размерностей» полностью соответствует требованиям и критериям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, установленным в «Положении о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842), «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г., № 335), а её автор Шатахцян Артем Рубенович достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Салтыков Вадим Александрович

28.08.2017

доктор физ.- мат. наук, доцент,

заведующий лабораторией сейсмического мониторинга Камчатского филиала

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба

Российской академии наук»

Адрес: 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бул. Пийпа, дом 9.

e-mail: salt@emsd.ru;

Тел. 8-961-9602961

Подпись официального оппонента

д.ф.-м.н., доцента Салтыкова В.А.

удостоверяю

Начальник ОК КФ ФИЦ ЕГС РАН

Мамонова Татьяна Львовна

