

ОТЗЫВ

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

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена статистическому анализу распределений рудных месторождений и их кластеризации. Наряду со стандартными методами исследования в работе предлагаются новые расширения используемых методов на обсуждаемой проблемной области.

Содержание диссертации:

Полный объем диссертации Шатахцяна А.Р. составляет 114 страниц текста и включает в себя 42 рисунка, 9 таблиц и список литературы из 88 наименований. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. В заключении представлены основные результаты работы.

Широкое распространение в природе степенных законов подтолкнуло развитие методов фрактальной размерности и иных подходов, успешно применяемых в разных областях геофизики. К таким практически важным областям относится и изучение распределения рудных месторождений. Выявление характера распределений рудных месторождений может косвенным образом указывать на природу процессов их порождающих, отсюда следует актуальность предлагаемого исследования. Расширение и адаптация применяемых методов в работе указывает на актуальность проведенного исследования также и в методологическом плане. В диссертации проводится глубокая аналогия между распределением месторождений по величине (объему) запаса и законом повторяемости в сейсмологии – распределением числа землетрясений в зависимости от их энергии.

Научная новизна диссертации состоит в применении статистического и других методов анализа к данным по крупным и суперкрупным рудным месторождениям. Результаты подкрепляются и иллюстрируются—модельными (искусственными) примерами. Подобный подход помог выявить ранее неизвестные статистические закономерности.

В **первой главе** автор обсуждает характер распределений значений концентраций в рудных месторождениях и их объемов запасов, предварительно охарактеризовав возможные механизмы образования месторождений в терминах физической химии. Описывается исходная геоинформационная система, которая была приведена к требуемому виду, использованному в работе. Автор приходит к выводу о степенном характере распределения объемов рудных месторождений, в своем роде аналогичному закону Гутенберга-Рихтера, что совместно с положительной регрессионной связью между объемами запасов и концентрациями рудного сырья интерпретируется им как указание на результат действия существенно неравновесного процесса. Таким образом, автор подводит к мысли о правомочности использования математических методов, разработанных для анализа таких процессов, в частности, метода фрактальной размерности, применение которого обсуждается во **второй главе**. Определившись с терминами и выбрав корреляционную фрактальную размерность D_2 как меру, показывающую возможную приуроченность объектов (месторождений) к различным пространственным структурам, автор расширяет используемый метод на случай взаимной приуроченности месторождений различных типов, получая сразу новый результат: получившаяся размерность в некоторых случаях больше размерности вмещающего пространства. Этого результата получилось добиться и на модельных примерах, когда гипотетические месторождения были распределены на модельной плоскости с различными условиями формирования месторождений разных типов. Рассмотрев реальные распределения схожих и различных с точки зрения условий формирования месторождений, автор заключает о возможном указании малых значений введенной смешанной корреляционной размерности на генетическую

близость рассматриваемых месторождений. В **третьей главе**, продолжая поиски математических методов исследования генетической близости компонент рудных месторождений, автор предлагает метод кластеризации и классификации рудных месторождений на основе меры Танимото-Роджерса. Полученные результаты наглядно представлены в виде кластерных дендрограмм. В **четвертой главе** подводятся итоги работы, и показывается хорошая сходимость обоих методов. Дается геологическая интерпретация полученных двумя методами обобщенных результатов.

Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов.

Достоверность основных результатов и выводов, сформулированных в диссертации, не вызывает сомнений, поскольку были обоснованы автором с помощью строгого математического аппарата и современных методов компьютерного моделирования, а также были апробированы в достаточно серьезных научных изданиях.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта следует из необходимости осуществления квалифицированных оценок крупных запасов полезных ископаемых, в том числе имеющих стратегическое значение, с помощью предложенных автором методов. Здесь имеет смысл подчеркнуть связь рассмотренной диссертантом задачи с классической задачей сейсмологии об оценке максимальной магнитуды землетрясения.

Замечания к работе.

Текст диссертации содержит некоторые опечатки и неточности, например:

В диссертации в разных главах (первой, стр. 18 и второй, стр. 42) присутствует обозначение β . В обоих случаях дается определение этого коэффициента, но поскольку речь идет о разных понятиях (параметр степенного распределения месторождений по объемам и наклон графика взаимных расстояний для определения

фрактальной размерности D_2) для лучшего понимания лучше бы использовать разные обозначения.

Обратная ситуация наблюдается с мерой Танимото-Роджерса, когда для обозначение в тексте используются разные сокращения: M_T , T и $T-R$.

Кроме того, желательно было бы дополнить проведенный фрактальный анализ построением мульти-фрактального спектра сингулярности хотя бы для нескольких примеров. В частности, особый интерес представляют отличия обобщенных показателей Херста от тех значений фрактальных размерностей, которые были получены в диссертации, и значения ширины носителя спектра сингулярности как меры «сложности» распределения месторождений по пространству. Если проводить аналогию с исследованием сейсмичности, то в сейсмологии мульти-фрактальные спектры сингулярности пространственного распределения эпицентров землетрясений начали использоваться уже с начала 1990-х годов.

Эти замечания, однако, не влияют на справедливость выводов и не ставят под сомнения результаты работы и являются своего рода пожеланием для дальнейшей работы диссертанта в выбранном направлении.

Общая оценка диссертационной работы

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.

Официальный оппонент:

Любушин Алексей Александрович

06.09.2017

доктор физико- математических наук,

заведующий лабораторией физики колебаний пробных масс Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН).

Адрес: 123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1

e-mail: lyubushin@yandex.ru, +7(499) 254-23-50

Я, Любушин Алексей Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 06 » сентября 2017 г.

Подпись официального оппонента Любушина Алексея Александровича,
доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией заверяю

Ученый секретарь ИФЗ РАН, к.ф.-м.н. Погорелов Виталий Викторович

