

« У Т В Е Р Ж Д А Ю »

Проректор Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский
государственный университет имени
М.В. Ломоносова».



 Федянин А.А.

14 сентября 2017 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» 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 А.Р. Шатахцяна направлена на применение методов фрактального и статистического анализа к исследованию закономерностей рудных месторождений. Эти методы, достаточно широко применяемые при исследовании неравновесных динамических систем, например, в сейсмологии и сеймотектонике, а также в других отраслях наук о Земле, позволили получить весьма интересные и нетривиальные результаты, касающиеся как общих закономерностей развития этих систем, так и возможных механизмов их функционирования. Расширение сферы применимости указанных подходов представляется весьма перспективным, и в свете этого работа А.Р. Шатахцяна является весьма **актуальным** исследованием.

Целью диссертационной работы А.Р. Шатахцяна является исследование законов распределения рудных месторождений и применения методов фрактального и статистического анализа, а также кластеризации для анализа данных по крупным и суперкрупным рудным месторождениям. Использование этих методов анализа к новой области – рудной геологии, обуславливает **новизну** данной работы. Такая адаптация потребовала определенного развития и дополнения используемых подходов, что подчеркивает новизна работы в методологическом отношении. Полученные закономерности могут быть использованы при построении генерализованных моделей формирования рудных месторождений, что определяет **теоретическую значимость** работы. Выявление ряда неизвестных ранее статистических

закономерностей в распределении данных по крупным и суперкрупным рудным месторождениям несет в себе **практическую значимость** диссертационной работы А.Р. Шатахьяна.

Диссертационная работа Шатахьяна А.Р. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации – 114 страниц текста, 42 рисунка и 9 таблиц.

Во **введении** раскрывается научная новизна, актуальность и практическая значимость, формулируются цели и задачи диссертационной работы. В **первой главе** автор объясняет предпосылки проведенного исследования и показывает обнаруженные закономерности распределений значений концентраций в рудных месторождениях. Дается краткое описание используемой геоинформационной системы и базы данных ГИС КСКМ, и этапы приведения ее к виду, удобному для анализа. Подтвержденный степенной характер распределения объемов рудных месторождений, аналогичный закону Гутенберга-Рихтера для распределения землетрясений, используется в дальнейшем как обоснование предположения о динамическом и неравновесном характере процессов, формирующих месторождения. Получены параметры степенных распределений для разных элементов и анализируется «загиб вниз» графика распределения месторождений по величине запасов в области больших масштабов, что отражает ограниченность размеров месторождений. В то же время распределения числа месторождений разного типа в зависимости от концентрации рудных компонент могут быть описаны логнормальным законом распределения, параметры которого оценены для разных элементов в месторождениях. Эта глава достаточно убедительно обосновывает первое защищаемое положение.

Во **второй главе** автор дает определения набору размерностей, которые применяются при фрактальном анализе, и, в частности, корреляционную фрактальную размерность D_2 . Построение модельных примеров с заданными параметрами распределения показало хорошую чувствительность метода анализа. Затем этот метод применен для анализа пространственного расположения рудных месторождений из базы данных. Показана целесообразность оценки величин корреляционной размерности на разных пространственных масштабах, что оказалось полезным в плане выявления закономерностей расположения месторождений на разных масштабных уровнях. Показана схожесть значений корреляционной размерности и ее вариаций в разных диапазонах масштабов для большинства видов рудного сырья, что является

важным результатам. Здесь же вводится **новое** расширение понятия корреляционной размерности – смешанная корреляционная размерность. Эта мера наглядно показывает взаимную приуроченность компонент месторождений к возможно общим условиям образования и дает некоторую количественную меру этой приуроченности. На основании проведенного анализа по значениям смешанной корреляционной размерности выявляются тенденции взаимного «притяжения» и «отталкивания» месторождений, которые интерпретируется как степень близости геотектонических условий формирования таких месторождений. Это также интересный результат работы, который, однако, нуждается в дальнейшей разработке, что в свою очередь дает направление новым исследованиям. Результаты, изложенные во второй главе, являются обоснованием второго защищаемого положения.

В **третьей главе** вводится и используется мера близости Танимото-Роджерса. На основе этой формальной меры проводится кластеризация и представление результатов в виде дендрограмм. Предлагаются уровни разбиения дендрограмм для последующей классификации, основанной исключительно на формальных расчетах (в отличие от используемых в настоящее время экспертных методов). Проведена оценка применимости метода для случая вычисления мер Танимото-Роджерса «в точке», которая показала неплохую устойчивость выделения кластеров на определенных уровнях. В целом такой подход представляется достаточно перспективным и при дальнейшей разработке может быть существенным дополнением к экспертным оценкам в вопросах классификации рудных компонент и месторождений. К новым результатам, описанным в главе, относится выделение кластеров, состоящих исключительно (или преимущественно) из элементов с обогащением или в верхней, или в нижней континентальной коре.

В **четвертой главе** сопоставляются результаты фрактального анализа и применения меры Танимото-Роджерса. В работе получен весьма интересный результат: эти два независимых метода оказались хорошо коррелированы (качественно – взаимно обратным образом), что указывает на достоверность полученных результатов и возможность проведения на основе этих методик кластеризации месторождений. На основании указанных характеристик вводится новое «обобщенное расстояние», на основании которого также проводится кластеризация месторождений, и показывается робастность предложенных методов. Сделано достаточно обоснованное предположение, что малые значения смешанной

фрактальной размерности и высокие значения меры Танимото-Роджерса могут указывать на близость рассматриваемых месторождений и интерпретироваться как возможное указание на схожие условия их формирования. Делаются попытки дать геологическую интерпретацию выявленных типичных законов распределения для месторождений, выявленных в первой главе: возникновение цепи положительной обратной связи, необходимой для реализации степенного закона распределения числа месторождений и серии последовательных независимых эпизодов концентрирования рудной компоненты, которое приводит к логнормальному распределению концентраций. Третья и четвертые главы обосновывают третье защищаемое положение. В **заключении** представлены основные результаты работы. Полученные автором результаты являются достаточно хорошо обоснованными и достоверными.

Однако, к сожалению, в диссертации довольно много недостатков.

1. Прежде всего, неудачным является отказ от главы с литературным обзором и описанием методик, используемых в работе. Эти сведения распределены (в достаточной мере) по главам по мере необходимости, однако это затрудняет восприятие работы. Одним из следствий отсутствия общего методического раздела в начале работы является, например, описание некоторых результатов применения меры Танимото-Роджерса в конце второй главы, в то время как сама эта мера вводится в главе 3. Во второй главе приведено несколько методов вычисления фрактальной размерности, однако далее в работе используется только корреляционная размерность, и никак не обсуждается, чем именно обусловлен этот выбор и зачем описаны остальные методы.

2. Неудачным является резкий переход от обсуждения химических реакций к законам распределения землетрясений на стр. 16, здесь желателен отдельный раздел. Сам закон Гуттенберга-Рихтера сформулирован для распределения по магнитудам, однако тут же упоминаются сейсмический момент и энергия без объяснения взаимосвязи между ними. Между тем эта связь, хорошо известная сейсмологам, может быть не столь очевидной для исследователей из других областей наук о Земле и нуждается в пояснении, особенно в свете того, что обсуждаются именно степенные законы.

3. В главе 1 утверждается корреляции величин запасов и концентрации для месторождений разного состава, однако в таблице на странице 28 коэффициенты корреляции этих параметров не превосходят 0.45. Непонятно, чем подтверждается указанная корреляция.

4. Смешанная корреляционная размерность, вводимая в главе 2, определена крайне нечетко и приходится догадываться о ее смысле из контекста (что, однако, можно сделать).

5. В главе 2 делается заключение, что «близкие» элементы или группы элементов показывают низкие значения корреляционной размерности, а «далекие» элементы – высокие значения D_2 . Но не вполне ясно, что считается высокими и низкими значениями. Например, как интерпретировать значения D_2 1.5 и 1.8 (рис. 2.20) – как высокие или как низкие? Т.е. имеет место «притяжение» или «отталкивание»?

6. Таблицы 3.1. и 3.2 содержат, как следует из их названия, «часть матрицы расстояний мер Танимото-Роджерса». Но в тексте зачастую обсуждаются результаты для элементов и соединений, которые в эти «части» не попали, и поэтому восприятие этих результатов и выводов в этой части затруднено.

7. На стр. 96 предлагается сравнить рисунки 4.2 и 3.5, однако на них использованы разные меры близости, поэтому без дополнительных пояснений не вполне ясно, как сделать это сравнение.

8. Не все обозначения и термины достаточно хорошо объясняются. На стр. 24 упомянут закон Хила, но никак не раскрывается, в чем он состоит. Буквой β обозначены параметры в двух разных (хотя и степенных) законах. Для обозначения одних и тех же фрактальных размерностей (D_0 , D_1 , D_2) использованы как прописные, так и строчные буквы. Мера Танимото-Роджерса обозначается в разных местах немного по-разному. Есть и явные опечатки – например, на стр. 36 во всех неравенствах перепутаны знаки больше и меньше, и это не единственный пример.

9. Многие рисунки и таблицы недостаточно хорошо прокомментированы, там желательны поясняющие пометки или более подробные подписи, например, параметры аппроксимирующих зависимостей (степенных или логнормальных) на целом ряде рисунков.

10. Геологические интерпретации проработаны недостаточно глубоко и пока могут рассматриваться только как некая концепция. Впрочем, это скорее пожелание на будущее.

11. Есть замечания и по защищаемым положениям. Представляется, что первое ЗП следовало бы сформулировать в более «сильной» форме, например, «доказано на новом материале» и т.д. Во втором ЗП слово «анализ» встречается 4 раза, что, конечно, указывает на недостаточную проработку формулировки.

Отметим, что автореферат написан значительно четче и лучше вычитан, хотя тоже не свободен от недостатков.

Однако указанные недостатки не умаляют общей достаточно высокой оценки диссертации и не ставят под сомнение полученные автором результаты.


Подводя итог, отметим, что автором диссертации выполнено исследование распределения рудных месторождений, в ходе которого обнаружен ряд важных зависимостей, таких как степенной характер распределения объемов рудных месторождений, указывающее на неравновесный характер процессов, формирующих рудные месторождения; введено новое понятие смешанной корреляционной размерности, которое может быть использовано для проведения кластеризации месторождений. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов обеспечивается достаточным объемом апробированных фактических данных географической информационной системы «Крупные и Суперкрупные Месторождения» и корректным использованием математического аппарата (фрактального анализа, теории вероятности и математической статистики, и др.).


Диссертация А.Р. Шатахцяна представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Полученные результаты прошли апробацию на пятнадцати всероссийских, международных научных конференциях и совещаниях. Текст диссертации написан хорошим языком, структура изложения логична. По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 4 публикации из списка ВАК РФ. Эти научные публикации в полной мере отражают содержание исследований, основные выводы и защищаемые положения диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.


Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Результаты диссертации могут использоваться в академических и вузовских организациях в качестве основы для реализации независимых методов кластеризации рудных месторождений. Практические результаты могут использоваться в научных институтах широким кругом исследователей в области рудной геологии и геохимии.

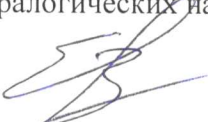
Диссертационная работа А.Р. Шатахцяна соответствует критериям п. 9 - 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней»

(Постановление Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335), предъявляемым к кандидатским диссертациям и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи имеющей существенное значение для развития рудной геологии. Артем Рубенович Шатахцян заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых». Отзыв составлен 5 сентября 2017 г. и утвержден на заседании кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова 6 сентября 2016 г. (протокол №1).

Отзыв составил  Захаров Владимир Сергеевич,
доктор геолого-минералогических наук, кандидат физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры динамической геологии Геологического факультета Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Тел.: (495) 9392351, E-mail: zakharov@geol.msu.ru

Заведующий кафедрой динамической геологии Геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова, доктор геолого-минералогических наук,
профессор  Короновский Николай Владимирович

Секретарь кафедрой динамической геологии
кандидат геолого-минералогических наук,
ассистент  Промыслова Мария Юрьевна

Заместитель декана Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор  Вознесенский Евгений Арнольдович

12 сентября 2017 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1

E-mail: info@rector.msu.ru

Сайт: <http://www.msu.ru>