

## ОТЗЫВ

### на диссертацию 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 посвящена поиску статистических закономерностей распределения рудных месторождений. Развитие формальных математических методов ранее уже позволило по-новому взглянуть на многие вопросы геофизики, в частности, в сейсмологии. Открытие упомянутого в работе закона Гуттенберга-Рихтера является одним из таких примеров. Вследствие накопления большого объема данных в рудной геологии, адаптация подобных методов и их применение является актуальной задачей.

Исходя из общих термодинамических закономерностей и учитывая неравновесность земной системы, что позволяет рассматривать Землю с общей точки зрения поточного химического реактора, одним из результатов работы которого является формирование полезных ископаемых, автор задаётся вопросом о возможности обнаружения (индикации) образования самоорганизующихся структур и целых систем по косвенным признакам и какие из этих признаков могут быть использованы для анализа процессов, их порождающих.

Подобный вопрос возникал при исследованиях в различных областях (например, при исследовании землетрясений). Экспериментально и теоретически исследованные явления самоорганизации в физико-химических объектах выявили степенной характер зависимости числа явлений от его характеристики, а также самоподобие и самоорганизацию явления (структуры в земной коре, мантии, на планете в целом). Для описания таких явлений обычно изучают фрактальную размерность среды, предполагая, что самоорганизующиеся структуры должны быть представлены в свойствах тех распределений, которые доступны современному наблюдателю.

Далее автор предлагает распространить метод анализа фрактальной размерности на структуры земной коры, в частности на анализ месторождений полезных ископаемых.

Автор применяет два независимых метода, метод анализа фрактальной размерности и метод кластерного анализа. Следует сразу отметить согласованность результатов применения этих методов. В методе кластерного анализа автор использует меру Танимото-Роджерса, а затем смешанную меру, основанную на величине фрактальной размерности и на мере Танимото-Роджерса и, таким образом, впервые демонстрирует численные меры близости рудных компонент без учёта оценки экспертов, но которые дают хорошее согласие с эмпирическими экспертными определениями групп элементов. Отмечена тенденция кластеризации к выявлению кластеров, составленных преимущественно из элементов с обогащением либо в верхней, либо в нижней континентальной коре.

Установлено также, что эмпирические распределения величин запасов описываются степенным, а значений концентраций — логнормальным законом распределения. Последний отражает полистадийность формирования крупных месторождений. А факт применимости степенного закона подкрепляется предположением о динамическом, существенно неравновесном характере рудообразующей системы, что также по-видимому справедливо для землетрясений и месторождений нефти.



По известным данным о разнице средней концентрации различных элементов в среднем химическом составе верхней и нижней коры автор установил тесную корреляцию этой разницы с величиной запасов, что дало основание предположить общий механизм формирования рудных месторождений. В заключении автор приводит две хорошо обоснованные модели физических процессов, которые могут привести к выявленной закономерности распределения величин запасов и концентраций.

Выявлена важность для процессов формирования месторождений процессов преобразования веществ из верхней коры в нижнюю и обратно.

По поводу того, что называется верхней и нижней корой. Согласно одной геологической модели, нижняя кора — это от границы К2 (23-30 км) до границы Мохо (30-40 км), а верхняя кора — это от границы К1 (7-13 км) до дневной поверхности, а между К1 и К2 находится средняя кора, отделённая барьерной зоной, которая препятствует продвижению флюидов. Автор не акцентирует внимание на этом, но это может быть важно при детальном построении модели рудообразования, что в свою очередь может быть темой дальнейших исследований.

Пара не существенных замечаний. Когда речь идёт о сопоставлении значений меры Танимото-Роджерса (раздел 2.3.2) и значений смешанной корреляционной размерности делается вывод, что близкие элементы или группы элементов показывают низкие значения корреляционной размерности, но, однако не приводятся численные значения «низкого» и «высокого», что заставляет читателя решать этот вопрос самостоятельно, основываясь на приведённых графиках. Второе замечание касается единиц измерения концентрации полезных компонентов, которые не указаны, хотя из рис.1.5 можно понять, что речь идёт о процентах, но от какого значения? Немного путает терминология «объём месторождений» оказывается измеряется в тоннах, а не кубометрах.

Предлагаемая величина и выбранный подход кластеризации обозначают новизну работы А.Р. Шатахяна. Хорошая сходимость результатов разных используемых методов, корректное использование методов математической статистики и использование апробированных баз данных подтверждает достоверность и обоснованность полученных результатов.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, которая отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Шатахян Артем Рубенович достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25-00-10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Кирилл Святославич Иванов

Доктор геолого-минералогических наук (04.00.01)

Главный научный сотрудник и и.о. зав. лаб. региональной геологии и геотектоники

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН)

Адрес: 620016, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15

<http://www.igg.uran.ru>

e-mail: [ivanovks@igg.uran.ru](mailto:ivanovks@igg.uran.ru)

раб. тел.: +7 (343) 287-90-53

Николай Павлович Костров

Кандидат технических наук (04.00.12)

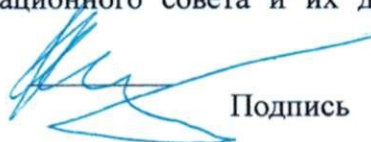
Старший научный сотрудник лаб. региональной геологии и геотектоники  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и  
геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук  
(ИГГ УрО РАН)

Адрес: 620016, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15  
<http://www.igg.uran.ru>  
e-mail: kostrov65@yandex.ru  
раб. тел.: +7 (343) 287-90-53

Я, Кирилл Святославич Иванов, даю согласие на включение моих персональных  
данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую  
обработку.

« 19 » сентября 2017 г.

Место печати



Подпись

Я, Николай Павлович Костров, даю согласие на включение моих персональных  
данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую  
обработку.

« 19 » сентября 2017 г.

Место печати



Подпись

Подписи Кирилла Святославича Иванова и Николая Павловича Кострова заверяю.

уполномоченный секретарь ИГГ УрО РАН



Г.А. Демин