

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ

На правах рукописи

ИНДУТНЫЙ Владимир Васильевич

СТРУКТУРНОЕ РАЗВИТИЕ ГОРНЫХ ПОРОД В СВЕТЕ
ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ

Специальность: 04.00.08 – петрография,
вулканология
04.00.20 – минералогия,
кристаллография

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Киев – 1993

НВ 27.57

ЛНБ України ім. В. Стефаника
00814252 (M)



Работа выполнена в отделе спектральных методов исследования минерального вещества Института геохимии минералогии и рудообразования АН Украины.

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
И.Е.Щербаков;

доктор геолого-минералогических наук,
профессор
А.Г.Жабин;


доктор геолого-минералогических наук,
профессор
Б.И.Пирогов

Ведущая организация: Всероссийский Институт минерального сырья
(ВИМС), г.Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится 8 июня 1993 г. в 14 час. на заседании специализированного совета Д.016.17.01 при Институте геохимии минералогии и рудообразования АН Украины: 252142, г.Киев, просп. Палладина, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геохимии минералогии и рудообразования АН Украины

Автореферат разослан "19" апреля 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
доктор геолого-минералогических наук  В.П.Семеновко

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Актуальность. Современная петрология располагает весьма обширным набором строгих методов для описания структурных и текстурных особенностей горных пород, основанных на различных математических подходах и принципах. Многие из них взаимодействуют из металлографии (стереологии), комбинаторной и интегральной геометрии, топологии, геометрических вероятностей и т.п.. Вместе с тем, ни один из известных методов не располагает перечнем определенных и теоретически обоснованных правил, * используя которые можно было бы доказать естественно историческое (филогенетическое) соподчинение исследуемых геологических объектов, гарантировать возможность обнаружения "следов" протоструктур или даже утверждать, что полученный численный результат функционально зависит от интенсивности полезного сигнала, выделяемого из общей совокупности геометрической информации, содержащейся в структурах и текстурах горных пород. Это можно рассматривать как недостаток, грубо отделяющий точные эмпирические данные от содержания петрологических выводов.

С другой стороны, интенсивное накопление результатов разрозненных исследований приводит к перепроизводству первичной и вторичной (научно осмысленной) информации. В этих условиях разработку основных принципов и законов согласования количественных эмпирических данных с естественно исторической предметной основой петрологии следует считать актуальной проблемой и закономерным этапом развития науки. Прежде всего, следует отметить важность создания единой эволюционно ориентированной системы подходов к интерпретации данных о формах минеральных индивидов (особенностях строения их поверхности), структурной организованности агрегатов, структурах и текстурах горных пород, поскольку в настоящее время отсутствуют общетеоретические разработки, указывающие на тесную связь (общность) этих разномасштабных разноуровневых проявлений реальности, нет соответствующих динамических моделей и критериев для оценки силы их взаимного влияния. Построение теоретической системы согласования петроструктурных данных с эволюционной теорией следует рассматривать как новый базис (научное направление) для создания профессионально ориентированных компьютерных систем и информационных технологий, имеющих колоссальные и недостижимые для человека возможности хранения информации, быстрого интерактивного обучения пользователя правилам построения научных выводов и верификации эмпиричес-

ких данных в соответствии с той или иной общей эволюционной концепцией, а в перспективе - создание соответствующих интеллектуальных систем.

Также весьма актуальной представляется проблема расширения сферы прикладного использования новых методов и опыта структурной петрологии в свете бурного развития вычислительной техники и, в частности, применения профессионально ориентированных компьютеров для создания совершенной базы алгоритмов для оперативного решения петроструктурных вопросов непосредственно на изображениях шлифов, аншлифов или штуфов, транслированных в память ЭВМ. Это в значительной степени облегчит и удешевит традиционные виды работ, позволит решить ряд сложных теоретических и прикладных задач, повысит общую культуру исследователей. Наиболее перспективной ветвью развития в этой области следует считать операции клиппирования - замены наблюдаемого изображения его моделью, отражающей (подчеркивающей, делающей зримыми) те особенности строения агрегатов и горных пород, которые невозможно увидеть невооруженным глазом. Базисные разработки по этим вопросам изложены в работе.

Цель работы состоит в том, чтобы на примере некоторых специально разработанных методов и приемов структурного изучения горных пород указать на фундаментальность принципа масштабной инвариантности процесса развития в рамках строгого теоретического единства, развить теоретический базис современной петрологии в плане создания специальной отрасли - эволюционного моделирования геологических процессов, обратить внимание исследователей на масштабную опосредованность (относительность) петроструктурных данных и разработать правила согласования конкретных эмпирических сведений о морфологии минеральных индивидов, строения агрегатов, структур и текстур горных пород с концептуальной основой эволюционной теории, а также иллюстрировать на конкретных примерах основные прикладные возможности, вытекающие из развиваемого научного направления.

Основные задачи, поставленные в работе, сводились к следующему: I. Обобщить современные знания о процессах геологического развития в виде строгой теоретической концепции, доступной для формализации; на основании общих экспериментальных данных, полученных при изучении морфологических особенностей минеральных индивидов сложных очертаний из агрегатов и горных пород раз-

личного происхождения, показать, что реально наблюдаемые минеральные зерна обладают практически неисчерпаемой сложностью внешних границ, обусловленной процессами накопления генетической информации в течении длительного геологического времени их существования. В рамках этой проблемы представлялось также необходимым развить соответствующий методический и алгоритмический аппарат для поиска оптимальных масштабов проведения структурных исследований. 2. Установить уровень влияния морфологии минеральных индивидов на общее строение агрегатов, а также особенности влияния строения агрегатов на последующее изменение форм, слагающих их минеральных индивидов. 3. Определить закономерности чередования этапов структурообразования на минеральном и агрегатном уровнях организованности. 4. Разработать методики и конкретные алгоритмы для ЭВМ, способные объективизировать результаты подобных исследований. Показать, что единственным путем получения объективной и воспроизводимой информации о структурах и текстурах горных пород, а также основанием для их классификации, является гетеромасштабное измерение геометрических параметров. 5. Развить представления о структурообразовании как о процессе накопления информации в материальных носителях различных уровней организованности - минеральных индивидах, агрегатах, телах горных пород. 6. Разработать аппарат для количественного измерения текстурных особенностей горных пород, показать ценность этой новой информации, ее специфику, виды соответствующих материальных носителей, а также место в системе петрологической науки. 7. Найти формы теоретического согласования структурных вопросов, решаемых для объектов находящихся на различных уровнях организации (в рамках исследований морфологии минеральных индивидов, особенностей структур агрегатов и текстурных рисунков горных пород).

Общая методика. Для решения поставленных задач были разработаны теоретические основы обобщения положений и принципов теории эволюции, созданы оригинальные прикладные методики, позволяющие изучать формы минеральных индивидов в контурных изображениях с учетом эффектов масштабной относительности характеристических величин, а также анализировать агрегатное строение горных пород путем клиппирования изображений их структур, количественно определять их типологию, симметрию и сложность, характеризовать текстурные особенности. Детально разработаны элементы

автоматизации данных видов работ на ЭВМ. Разработана и испытана автоматизированная система-робот для изучения и количественного описания текстурных рисунков горных пород. Применялись также традиционные методы изучения структур и текстур горных пород.

Фактический материал. В ходе выполнения поставленных автором задач, исследовались структурные особенности Овручских кварцито-песчаников; кварцитов, халцедонолитов и окварцованных гнейсов, представленных на месторождении графита Завалье (Украина); кварцосодержащих метабазитов Кривого Рога. Текстуromетрические исследования проводились на образцах гранитов из месторождений: Емельяновское, Ново-Украинское, Корнино, Старобабанское, Танокое, Жежелево, Дидковичи, Тальное и других; кальцифиров месторождения Завалье; яшм из месторождения "Гора Полковник" (Урал); чароитов месторождения "Сиреневый камень"; жадеитов месторождения "Итмурунды" (Северное Прибалхашье).

Научная новизна заключается в том, что впервые структурные исследования горных пород проведены в соответствии с конкретными мировоззренческими принципами новой обобщенной версии эволюционной теории, на основании логически четких правил согласования теории и эмпирии. Используются три методологических принципа: - масштабной относительности структурных описаний системности; масштабной инвариантности всех основных механизмов развития. Это позволило выделить из множества вопросов современной петрологии, а также из перечня традиционных методов их решения группы наиболее информативных сведений для построения заключений о путях развития природных геологических систем, и тем самым систематизировать все петрологические вопросы на уровне конкретных данных, представленных количественно.

Особое внимание уделено разработке элементов клиппирования структурных изображений, открывающих большие возможности в петрологии. Именно здесь, по нашему мнению, легче всего осуществить проникновение компьютерной техники в петрологические методы, причем не только в качестве оперативного манипулятора, но и как полезного инструмента для исследований, верификации идей, моделирования эволюционных процессов. Клиппирование структурных и тектурных изображений имеет фундаментальное значение для развития методов доказательства тех или иных петроструктурных гипотез, что в настоящее время вызывает особый интерес специалистов.

Впервые создана надежная основа для формального измерения

и научной классификации текстур горных пород, а также разработаны вопросы согласования традиционной (качественной) системы их описания с новой системой количественных параметров, основанной на гетеромасштабных измерениях текстур.

Разработаны основы для создания прикладных текстурных мини-классификаций минерального сырья в связи с потребностями геммологии и промышленности строительных материалов.

Практическая значимость работы. Следует отметить два наиболее значимых результата. Первый состоит в разработке целостного геометрического образа (графической модели) для обобщения основных теоретических положений и принципов* эволюционной теории. Это открывает новые возможности в создании обучающих и прикладных программ для ЭВМ, повышений эффективности работы специалистов-геологов и петрологов на этапе построения эволюционных заключений с привлечением самых разнообразных видов данных, а также создадут необходимый интегративный базис дальнейшего развития науки. Причем, в качестве системного ядра для их создания могут быть применены уже имеющиеся операционные системы. Второй - в разработке новых основ для количественного описания форм минеральных индивидов, агрегатов, структур и текстур горных пород, которые могут быть непосредственно использованными при решении задач, связанных с обогащением руд, выработкой правил и рекомендаций для рационализации процессов добычи, порезки и окантовки монолитов строительных и облицовочных камней, обеспечения наилучшего раскрытия рисунчатости, технологической безаварийности, оценки стоимостных параметров конечной продукции. Большие перспективы применения разработанных методик имеются в геммологической науке, где количественное описание рисунчатости может выступать в качестве критерия при коммерческой оценке сырья и изделий из него. Ряд методов для количественного описания структур и текстур пород уже внедрен в производство и позволяет эффективно и с достаточной точностью решать вопросы определения сортности и стоимости поделочных, облицовочных и ювелирных камней, осуществлять их научно обоснованную классификацию, давать рекомендации в отношении технологии и правил распиловки и окан-

* положение - любое высказывание о предмете исследования; принцип - высказывание, без которого исчезает суть предмета исследования; признак - доказанное и атрибутивно присущее предмету исследования свойство.

товки монолитов. Применимость методов доказана как для поделочных камней, так и для горных пород, используемых в строительстве.

Апробация работы. Основные защищаемые положения были доложены на конференциях молодых ученых ИГФМ АН УССР (Киев, 1980, 1983, 1986), Всесоюзной школе по физике минералов (Алушта, 1984), Всесоюзном совещании "Теория и методология минералогии" (Сыктывкар, 1985), Всесоюзной школе "Применение количественных методов в геологии" (Иркутск, 1985), Всесоюзном совещании "Темнология-2" (Черноголовка, 1990), Совещании "Геологическая синергетика" (Алма-Ата, 1991). Регулярные доклады по прикладному аспекту развиваемого научного направления делались в Криворожском горнорудном институте (на кафедре петрографии и минералогии), в П/О Кировоградграфит (пос. Завалье, Украина), где были выполнены работы по изучению текстурных разностей строительного камня, во ВНИИСИМСЕ МГ России (г.Александров), где разработанные методики и научные принципы впервые применены для создания первой в мире геммологической классификации на количественной основе (на примере чароитов месторождения "Сиреневый камень"). Некоторые авторские алгоритмы и программы для ЭВМ внедрены в Институте геологии и геофизики СО АН СССР (г.Новосибирск).

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 50 научных статей и тезисных заметок, 1 монография, имеется 2 авторских свидетельства. Результаты прикладных разработок отражены в отчетах производственных организаций и препринтах ИГФМ АН Украины.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из 396-ти машинописных страниц текста, содержит 86 рисунков, 17 таблиц, 14 фотографий. Список литературы - 380 наименований. Диссертация включает 3 главы: Интеграция современной геологической науки на основе эволюционной теории: идея развития в петроструктурных исследованиях (1-я глава); Методы петроструктурного анализа, вскрывающие признаки развития и самоорганизации геологических систем (2-я глава) и Структурная эволюция горных пород (3-я глава).

Автор глубоко благодарен за обсуждение рассмотренных в диссертации вопросов и высказанные критические замечания доктору геол.-мин.наук, профессору А.Н.Платонову, доктору геол.-мин.наук, профессору Ф.А.Усманову, доктору геол.-мин.наук, профессору В.И.Павлишину, доктору геол.-мин.наук К.Е.Есипчуку, кандидату геол.-мин.наук М.Н.Тарану, а также признателен за большую техни-

ческую помощь, оказавшую ему зав. лабораторией Ю.Н. Назаровым, инженером Г.В. Дунаевой, инженером Г.П. Пшеничной, техником С.П. Мороз.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I. Процесс геологического развития необходимо описывать как совокупность десяти взаимно согласованных положений и принципов: общую направленность структурных и вещественных преобразований геологического универсума; расширение объективного разнообразия во времени; неравенство скоростей развития онтогенетически и филогенетически целостных систем; циклический способ их функционирования; воспроизводство сходного результата преобразований в сходных условиях; частная деструкция старых образований новыми; самосохранение; селективное поведение; масштабное соподчинение разноразличных естественных образований и опережение вещественных преобразований структурными.

Идея построения интегрального представления об эволюционном процессе не нова (Boulding, 1964) и основывается на мысли о том, что все процессы, происходящие в природе и затрагивающие объекты всех масштабов – это процессы развития, а, следовательно, должно существовать некоторое общее представление о развитии, связующее все объективное многообразие явлений природы, проявленное во взаимосвязи механизмов, форм, уровней и результатов (Павер П., 1983).

В петрологии и минералогии эволюционный процесс принято регистрировать ретроспективно – по структурным и вещественным признакам, атрибутивно связанным с объектом изучения. Следуя этой традиции, суждения о характере развития геологического универсума непосредственно обосновываются совокупностью наблюдаемых фактов. Такой подход (в порядке от явления к выводу) верен, его нельзя оспаривать. Вместе с тем, существует и другой подход к проблеме, диалектически противоположный и столь же уместный. Поясним сказанное в примере.

В одной из геммологических задач нам было необходимо измерить интенсивность шелковистого и перламутрового отлива (блеска) чаройта (Индутный, 1993). Было известно, что данный оптический эффект зависит от ряда параметров: прозрачности чаройта, показа-

теля преломления, светорассеивающей способности, толщины минеральных пластинок в кристаллитах, наличия включений, угла освещения, спектрального состава света и т.д. (всего около 20-ти параметров). Естественной представлялась попытка построить формулу для аппроксимации значения интенсивности шелковистого блеска с использованием конкретных измеренных параметров материала. В этом случае, при изучении каждого образца нужно было бы всякий раз применять целый арсенал точных методов диагностики, чтобы затем вычислить этот показатель, т.е. затрачивать большие средства и время. Решение же поставленной задачи оказалось крайне простым. Учитывая то, что природа данного оптического эффекта состоит в превращении части отраженного от образца света в параллельный пучок, было предложено оригинальное устройство (оптический зонд, Индутный, 1993), регистрирующее в численном виде это явление. Стало возможным просто и точно измерять данный оптический эффект без анализа причин его вызывающих, и это решило все проблемы и прекрасно согласовалось с результатами визуальной оценки явления.

Данный пример достаточно убедительно свидетельствует о том, что для правильного интегрального моделирования поведения систем не всегда нужно добиваться максимально полного знания о функционировании включенных в них подсистем. Частности нужно глубоко исследовать и изучать их природу (что и подразумевает традиционный подход), однако, общая модель должна строиться на эмерджентных* параметрах систем и не всегда предполагает скрупулезное проникновение в структуру и функционирование системных единиц. Точнее, мы должны отдельно решать задачи, связанные с эволюцией геологического универсума, используя при этом отдельные теоретические разработки и, отдельно, функционирование подсистем - эволюционирующих онтологически и филогенетически целостных единиц.

Отметим, что подобный подход уже частично реализован в отношении аксиоматических понятий минералогии ("минерал", "кристалл", "кристаллическая решетка" и другие абстракции), а также в производных представлениях о процессах образования, физических свойствах и т.д..

В современной минералогии и петрологии понятие "эволюция"

* эмерджентными называются свойства присущие системе, но не проявляющиеся в частях ее составляющих.

повсеместно трактуется как та или иная изменчивость во времени (случайная или закономерная). Независимо изучаются явления естественно исторического плана – расширение объективного разнообразия, цикличность, селективное функционирование и т.д.. К сожалению, все результаты таких исследований рассматриваются как работы, объясняющие процессы развития. Вместе с тем, нет сомнений в том, что развитие – сложный процесс, в котором находят свое место все вышеназванные признаки и теоретические положения, поэтому модель развития во взаимосвязи ее механизмов, форм, уровней и результатов (П.Павер, 1983) есть понятийная теоретическая структура (П.Рок, С.Паллер, 1991), в которой создаются определенные модели, аппроксимирующие реальность. Модели эволюционного процесса в минералогии и петрологии еще не созданы.

Таким образом, в первом защищаемом положении мы утверждаем две позиции. Первая состоит в необходимости и целесообразности обобщения всех аксиоматических представлений о процессе развития. Вторая – в интеграции десяти основных положений и принципов общей теории эволюции.

Нами осуществлено целевое изучение большого числа литературных источников, посвященных проблеме развития, обзор которых представлен в диссертации. Наиболее важными представляются труды В.И.Вернадского, А.Ф.Капустинского, Г.Г.Лемлейна, Н.М.Страхова, А.А.Любичева, В.А.Костицина, У.Р.Эшби, Дж.Г.Симпсона, Д.П.Григорьева, Д.В.Рундвиста, И.Р.Пригожина, А.Г.Жабина, Н.П.Юшкина, Ю.Одума, М.Эйгена, П.Эткинса, Г.М.Заславского и Р.З.Сагдеева, А.И.Зотина и других авторов, которые достаточно четко и полно определили основные положения эволюционной теории, наметили пути интеграции этих знаний. Наши исследования привели к заключению о том, что в настоящее время существует лишь десять фундаментальных признаков эволюционного процесса. Особенно это стало очевидным в парадигме таких дисциплин как: термодинамика неравновесных процессов, каталитическая химия, эволюционное моделирование и теория искусственного интеллекта, теория систем, экология. Сказанное, конечно, не означает, что список основных теоретических положений теории эволюции уже полностью известен. В будущем, вероятно, будут найдены и другие фундаментальные принципы развития и это, несомненно, изменит существующие представления.

Особенно важно отметить, что все перечисленные положения теории эволюции инвариантны в отношении уровня объектной детализации и могут быть применены в любых объектах исследования.

Интегральное представление о процессе развития также должно быть инвариантным к уровню онтологизации реальных систем.

Таким образом, суть нового отношения к методам изучения естественно исторического развития геологических систем состоит в эмпирическом подтверждении существования всех заранее известных нам признаков развития для систем различного уровня сложности — минералов, агрегатов, горных пород, а также во взаимном их согласовании и предметном опосредовании в эмпирических фактах.

2. Общность эволюционных воззрений, проявленная в их взаимном понятийном пересечении и дополнительности, доступна для формализации, в результате которой формируются обобщенные геометрические модели, позволяющие непротиворечиво согласовать множество конкретных эмпирических фактов с развитием онтологически и филогенетически целостных систем.

Определив наиболее вероятный список эволюционных положений и принципов, а также отметив их взаимную дополнительность и понятийную пересеченность — невозможность объяснения явлений пульсационной динамики развития без учета цикличности и масштабной соподчиненности организационных уровней; направленности без расширения объектного разнообразия, деструкции без селективного характера функционирования и т.д. — мы пришли к выводу о необходимости создания единой непротиворечивой модели процесса развития. Естественно, что такие модели могут быть сформулированными на языке геометрии, комбинаторики, топологии и т.д.. В основу нашей модели были положены геометрические абстракции и образы, разработанные в физике неравновесных процессов (И.Р. Пригожин, 1972, Г.М. Заславский и Р.З. Сагдеев, 1988), где предполагается, что любое состояние системы-объекта может быть описанным точкой в параметрическом пространстве (рис.1, точка "М").

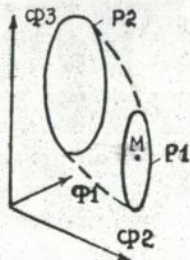


Рис.1. Состояние объекта "М" в пространстве признаков Ф1, Ф2, Ф3. Объяснения в тексте.

Если объект описывается большим количеством параметров, то предполагается, что его состояние описывается точкой в многомерном пространстве. Бесконечное множество объектов (например, индивидов в горной породе) описывается плоскостью (Π на рис.1) размеры которой определены уровнем вариаций в характеристических параметрах $\Phi 1$, $\Phi 2$, $\Phi 3$ (плоскость В.Вольтерра, 1956).

Учитывая то, что в реальных геологических средах, состояние систем постоянно изменяется, мы предполагаем, что исследуемые нами фазовые плоскости находятся в постоянном движении циклическом движении, образуя канал передачи системной информации, отождествляемый нами с каналом времени. Время - канал для передачи любой информации. На рисунке 1 канал для передачи информации изображен пунктирными линиями. Заметим, что в физике такая абстракция называется фазовым потоком или фазовым дрейфом.

Основываясь на представлениях о фигуративной точке и плоскости в фазовом пространстве, попытаемся сконструировать такое поведение произвольной системы, чтобы отразить все описанные ранее признаки развития. Во-первых, возникая в некоторой начальной фигуративной точке "М" (рис.2), фазовая плоскость, двигаясь по циклической траектории макроцикл, расширяется и соответствующая ей система всегда соприкасается с какой-либо физически противодействующей системой. При этом, часть индивидуальных элементов, входящих в состав системы, подвергаются очень значительным преобразованиям, другие практически остаются без изменений (не выходят из фазовых координат в течении определенного времени).

Пройдя одну или несколько циклических траекторий, фазовые потоки начинают дивергировать (расцепляться), а соответствующие им системы приобретать новые свойства. Появление новых параметров означает расширение фазового пространства и образование новых циклических фазовых потоков в плоскостях, перпендикулярных уже существующим. При этом новые фазовые потоки частично разрушают старые, совершают более компактные циклические превращения, воспроизводят несколько новых и уже системно независимых генерирующих процессов, порождая условия для формирования еще более новых фазовых образований. Процесс продолжается до бесконечности, (приводя к заполнению всего пространства $\Phi 1$, $\Phi 2$, $\Phi 3$ (или пространства большей мерности), многократному воспроизводству фазовых структур. Результирующая геометрическая модель представлена на рис.3.

Ранее отмечалось, что интегративное восприятие развития мо-

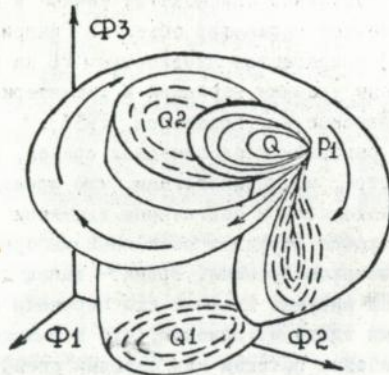


Рис.2. Фрагмент циклического фазового потока в пространстве признаков Φ_1, Φ_2, Φ_3 . Из начальной точки "P1" система (расширяясь) движется по циклической траектории (обозначено стрелкой) частично разрушая предшествующий фазовый поток Q_1-Q_2 .

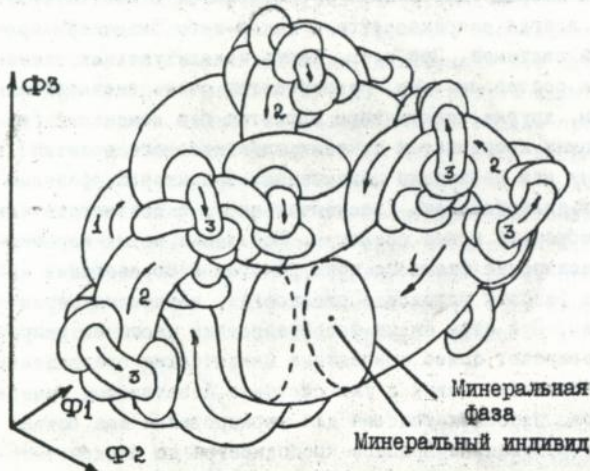


Рис.3. Сложное строение многократно дивергировавшего фазового потока в пространстве признаков Φ_1, Φ_2, Φ_3 . Цифрами обозначены уровни дивергенции.

жет существенно расширить интерпретаторские возможности исследователя и облегчить процесс построения ретроспективных моделей в геологической науке. Действительно, исходя из рассмотренной модели видно, что цикличность более ранних геологических процессов кажется современному наблюдателю более продолжительной, однако, может таковой и не являться; деструктивные преобразования подсистем не могут быть более энергетичными (энергоемкими) и происходить реже чем аналогичные процессы у систем, каждая система имеет показатель своей развитости, пропорциональный площади соответствующей фазовой плоскости.

Все эти наглядно демонстрируемые на фазовой модели закономерности, являются взаимосогласованными и взаимодополнительными и поэтому помогает сопоставлять конкретные эмпирические факты, строить обоснованные заключения о характере развития природных объектов, т.е. пользоваться представленной моделью как основой для непротиворечивого описания природных явлений.

Для наглядности на фазовую модель, представленную на рис.3, нанесены атрибуты, соответствующие основным геологическим понятиям "минеральный индивид" (точка); "минерал" или "минеральная фаза"* (фазовая плоскость); "горная порода" (совокупность фазовых потоков) и т.д.. Из модели видно, что время и масштаб событий, связанных с образованием тел горных пород, заведомо больше времени и масштабов событий образования минеральных агрегатов, входящих в них. Частота катастрофических деструктивных событий на уровне пород значительно выше, чем частота событий более общего уровня. Фундаментальной закономерностью развития геологических систем является увеличение структурного разнообразия минералов (Колясников Ю.А., 1988, Н.П.Юшкин, 1977), тел горных пород, а также то, что всякое новое образование возникает путем частичного или полного структурного и вещественного преобразования старого. Именно поэтому в природе объективно существуют определенные естественно-исторические ряды тел горных пород, агрегатов и минералов, которые рефлексивно отражают глобальные направления геологического развития (А.Н.Заварицкий, 1950, Полканов А.А., 1945, Н.В.Белов, 1963, А.Г.Жабин, 1979) и многие другие).

Представленная на рис.3 геометрическая модель фазового по-

* Фаза - однородное в физическом и химическом отношении вещество (Кубо, 1966).

тока не является единственно возможной, поэтому нами были предприняты попытки построения ряда содержательно усеченных моделей (моделей, где преднамеренно не учитывается одно или более положений теории эволюции). Эти модельные построения, а также результаты численного моделирования на ЭВМ показали, что игнорирование одним или более принципов, весьма существенно изменяет структуру фазовой модели и искажает содержание эволюционных представлений. Из данного факта следует заключить, что единственным путем разумного упорядочения и интеграции эмпирического минералогического и петрографического материала, является его содержательное согласование с наиболее полным перечнем основных признаков теории эволюции.

Отсутствие единого методического базиса геологической науки не будет способствовать ее дальнейшему развитию, станет существенной преградой на пути введения компьютерных технологий обработки минералого-петрографических данных при помощи соответствующих интеллектуальных систем.

3. Сущность эволюционного подхода к изучению конкретных геологических тел в петрологии состоит в обнаружении и доказательстве существования всех описанных выше десяти признаков развития на трех уровнях естественной онтогенической организованности — минеральных индивидов, агрегатов и тел горных пород

В настоящее время в минералогической и петрологической науках накоплен достаточно большой материал о процессах образования, развития и дезинтеграции минеральных индивидов, агрегатов и тел горных пород. Вместе с тем, общая низкая формализованность данных, а также полное игнорирование представлениями о масштабной инвариантности самого процесса развития (во всех его проявлениях), отсутствие необходимого количественного аппарата исследования структур и текстур с учетом масштабной относительности эмпирических данных, свели к нулю возможности построения каких-либо эволюционных моделей в геологической ретроспективе. Действительно, если учесть, что любое преобразование в природе осуществляется как на уровне вещественном, фиксируемом при помощи точных аналитических методов, так и на уровне структурном, где еще нет единого подхода к измерению геометрии геологических тел различных масштабов, то становится ясным, почему до сих пор не существует согласованного структурно-вещественного восприятия эволю-

ционного процесса в геологии.

Если воспользоваться предложенной выше интегральной моделью как одной из возможных и оттолкнуться от соответствующих аксиоматических положений, то выбор тех или иных методов для исследования конкретного объекта будет определен вполне четко, а именно, пригодными окажутся лишь те приемы исследования, которые способны зафиксировать масштабную инвариантность процесса развития. В плане аналитических методов исследования вещества окажутся наиболее перспективными подходы вариационного анализа (Д.А.Великославинский, Э.Н.Елисеев, К.О.Кратц, 1984), а в плане исследования структур и текстур, наиболее целесообразными будут приемы гетеромасштабного* измерения геометрических параметров (В. Mandelbrot, 1977, В.В.Индутный, 1987).

Важно отметить, что для наиболее полного охвата трех основных уровней организованности геологического универсума – минеральных индивидов, минеральных агрегатов и тел горных пород можно применить единый информационный подход к описанию структур, текстур и вещественного состава, что далее будет обсуждаться более подробно.

Нами установлено, что в природе не существует каких-либо четких границ, которые могли бы служить критерием для строгого разделения структурных уровней организованности – минеральных индивидов, минеральных агрегатов и тел горных пород. Однако, такое деление представляется удобной абстракцией для описания законов функционирования реальных геологических систем (подобно самому функционалу эволюционного процесса). Осуществляя поиск всех признаков развития на уровнях естественной организованности, мы соединяем две фундаментальные абстракции – учение об иерархическом характере организованности геологического универсума и эволюционное учение, что представляется весьма сильным интегрирующим началом, приводящим отдельные части мировоззрения к единому образу и единому способу видения. Именно такой синтез абстрактных образов, соединенный с точными количественными методами исследования вещества и структуры, следует называть эволюционным подходом к исследованию геологических объектов.

* Измерение одних и тех же геометрических параметров (периметра, площади, диагонального сечения и т.д.) при различных уровнях объектной детализации.

Отметим также, что эволюционный подход (В.В.Индутный, 1991) отличен в своей сути от общего системного подхода, предполагающего анализ всех видов связей объектов-систем в системе объектов (Ю.А.Урманцев, 1989) и ориентирован на познание лишь филогенетических отношений, то есть более узок и практичен.

4. Формы минеральных индивидов в онтогенетическом цикле всегда являются источником информации о способе агрегации, индивидуальных свойствах минералов и аккумулируют типологические черты (следы) минеральных систем, а также "шумовые" структурные следы, возникающие и сохраняющиеся в ходе геологической эволюции. Распознавание следов протоорганизованности наилучшим образом осуществляется с помощью клиппирования исходных структурных изображений

Положение утверждает, что эффективность введения в практику минералогии и петрографии точных методов описания морфологических особенностей минеральных индивидов зависит лишь от того, насколько хорошо они помогают распознавать все признаки естественно исторических изменений, при этом учитывалось, что следы структурообразования имеют свойство накапливаться, смешиваться и частично разрушаться. Имея в виду сформулированные выше высказывания о необходимости использования гетеромасштабных методов для исследования явлений структурообразования, мы разработали специальные методики, позволяющие анализировать морфологию минеральных индивидов произвольных геометрических очертаний в петрографических шлифах.

Сущность методик состояла в количественном описании контурных изображений минеральных индивидов, наблюдаемых в шлифах (и введенных в оперативную среду ЭВМ,) а также в выявлении особенностей их геометрической организованности (методика подробно описана в диссертации). Следовало либо подтвердить, либо опровергнуть предположение о гетерогенной природе минеральных индивидов сложных геометрических очертаний. Для этого периметр контура минерального зерна описывался с определенной точностью, зависящей от плотности трассирующих его фигуративных точек (рис.4). Затем рассчитывались наборы средних расстояний между фигуративными

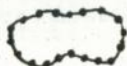


Рис.4. Контурное изображение минерального индивида и его описание.

точками при различных уровнях объектной детализации $K = 1, 2, 3, \dots, N$. Выбор уровня детализации осуществлялся посредством измерения расстояний между фигуративными точками, аппроксимирующими периметр. При $K = 1$ расстояния измерялись между соседними точками: при $K = 2$ - между каждой K -той и $K+2$ -ой; при $K = 3$ - между каждой K -ой и $K+3$ -ей точкой и т.д.. Измерялись также такие показатели как: степень идиоморфизма (ω) (В.В.Индутный, 1980), показатель среднего квадратического отклонения значений расстояний между точками от среднего (σ), показатель асимметрии распределения значений в наборе расстояний (A), некоторые другие показатели.

Установлено, что при проведении геометрических измерений на различных уровнях объектной детализации, многие геометрические параметры закономерно изменяются (В. Mandelbrot, 1977, П.С. Александров, 1974, В.В.Индутный, 1980), отражая геометрическую специфику организованности разных масштабов. Данный эффект связан с потерей части геометрической информации при масштабных трансформациях изображений (Ширяев Е.Е., 1984, Индутный В.В., 1987). При изучении этих особенностей удобно пользоваться так называемыми геометрическими спектрами - графиками зависимости свойств от уровня объектной детализации. Так, при изучении морфологических особенностей строения зерен кварца из различных пород окварцованные гнейсы и вторичные кварциты из графитового месторождения Завалье, некоторых кварцосодержащих метабазитов Кривого Рога (В.В.Индутный, 1988, 1991) было установлено, что формы минеральных индивидов не являются произвольными, как это считалось ранее и являют собой очень сложные структурные построения, включающие несколько организационных уровней. На рисунке 5 показаны геометрические спектры зерна кварца из вторичных кварцитов месторождения Завалье. Геометрический спектр среднего квадратического отклонения (σ) имеет два минимума, что свидетельствует о наличии двух уровней структурной организации онтогенически целостных разномасштабных геометрических элементов (В.В.Индутный, 1991). Для того, чтобы доказать достоверность полученных нами результатов и количественно детектировать наличие следов структурной организованности минеральных индивидов на различных уровнях объектной организованности, нами разработан математический аппарат для генерации (синтеза) на ЭВМ случайных конфигураций с заранее заданными соотношениями периметра

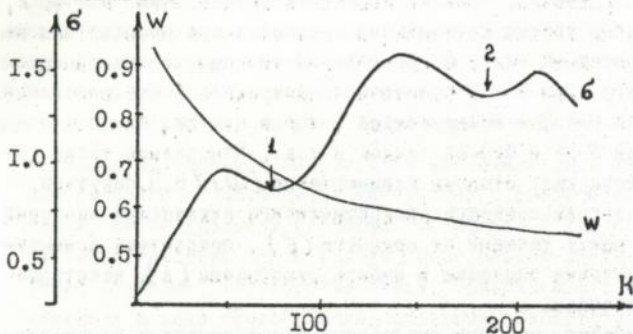


Рис.5. Геометрические спектры показателя идиоморфизма (w) и среднего квадратического отклонения (σ) в наборе аппроксимирующих периметр расстояний между фигуративными точками при различных уровнях объектной организованности (K).

и площади, для которых изначально определен случайный (пуассоновский) характер организованности границы на всех уровнях генерализации (В.В.Индутный, 1991, 1992).

Проведено большое количество вычислительных экспериментов (В.В.Индутный, 1991, 1992) и сопоставлений реальных и синтетических контуров с использованием всего набора параметров (рис. 6). Полученные данные позволили прийти к окончательному заключению о том, что морфологические особенности реальных минеральных индивидов произвольных геометрических очертаний всегда сохраняют протоструктурные очертания, а следовательно, информацию о характере процесса развития. Возможность объективной регистрации этой информации и ее содержательное освоение зависит лишь от правильного выбора уровня детализации исследуемых объектов и точности аппаратуры используемой для детектирования.

Полученный нами результат, конечно, не снимает принципиальной возможности полного стирания генетической (структурной) информации в процессах перекристаллизации или бластеза (растворения границ). Вместе с тем не может быть экспериментально доказано то, что следы протоорганизованности уничтожены на всех доступных уровнях объектной детализации (в размерных интервалах от 0,001 мм до 100 мм).

Последнее означает отсутствие каких-либо значимых колебаний в геометрическом спектре среднего квадратического отклоне-

Агрегат вторичного
кварцита из м-я Завалье

Агрегат кварцитопесчаника
м-я Обруча.

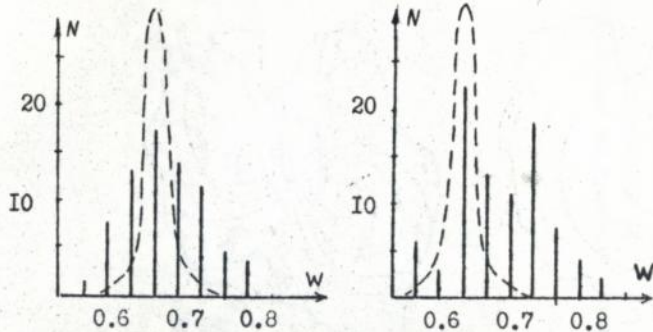


Рис.6. Полигоны распределения значений показателей идиоморфизма для реальных зерен минеральных индивидов и аппроксимирующие функции полигонов распределения этих показателей для синтетических конфигураций (отмечены пунктиром).

ния в огромном интервале уровней масштабной генерализации. В общем нами выполнено около 40 тысяч измерений морфологических параметров минеральных индивидов из различных типов существенно кварцевых пород. Среди изученных структур были встречены структуры, весьма близкие к гранобластовым, однако ни разу не было зафиксировано распределения параметров близкое к равномерному и случайному.

Естественно, вывод о наличии геометрических следов прото-структурной организованности во всех структурных разностях горных пород представляется принципиально новым и во многом не привычным для петрологов и минералогов и его следовало доказать. Поэтому при дальнейшем развитии методик морфологического анализа минеральных индивидов мы пошли по пути разработки нового вида петрографических исследований структур - клиппирования изображений. Приемы клиппирования состоят в таком компьютерном преобразовании видимого структурного изображения, при котором элиминируются (устраняются) все шумовые структурные элементы, а интересующие исследователя индикативные признаки искусственно

усиливаются. В результате становится возможным визуализировать протоструктурные особенности строения в их тонких проявлениях, невидимые невооруженным глазом, содержательно и обоснованно говорить о происхождении горных пород (рис.7).



Рис.7. Контурное изображение минерального индивида кварца и элиминирующие преобразования, визуализирующие геометрический центр контура (а), симметрию (б) и положение условных зон роста (в).

На рисунке 8 представлено контурное изображение фрагмента структуры вторичного кварцита из месторождения Завалье (Украина). На основании результатов изучения множества геометрических спектров удалось определить оптимальный уровень объектной детализации этого изображения, позволяющий с помощью клиппирующих преобразований визуализировать сложное строение крупных зерен кварца в агрегате. Некоторые мелкие индивиды можно рассматривать как фрагменты расколовшихся крупных. В целом, структура протоагрегата была близка к равномернозернистой подобной морским отложениям. Наиболее близкий аналог - Овручский кварцитопесчаник.

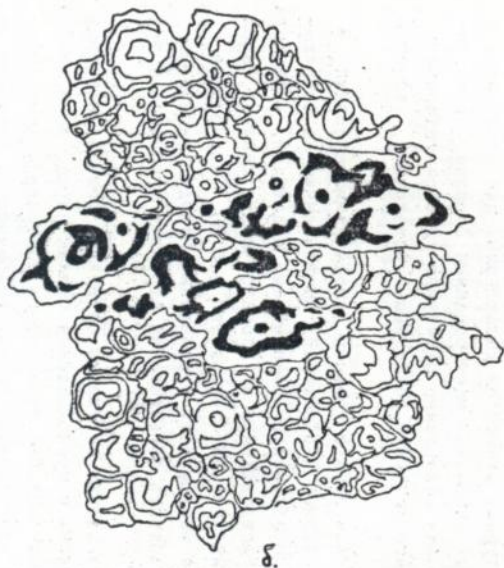


Рис.8. Фрагмент контурного изображения структуры вторичного кварцита из месторождения Завалье (а) и его клипширующее преобразование (б), на котором хорошо видно, что крупные кристаллы кварца (А,В,С) не могли быть образованными в результате кристаллизации и роста из одного геометрического центра и поэтому должны рассматриваться как сложное образование, возникшее в результате процессов "растворения границ". Картина наблюдается лишь при определенном уровне детализации.

Подобные исследования проведены на кварцевых породах и халцедонах. В результате этих исследований стало возможным распознавание протоструктурных элементов характерных для халцедонов в структурах вторичных кварцитов месторождения Завалье. Кроме того в отдельных случаях совершенно отчетливо удается установить тип протоструктурного агрегата халцедона – розеточный, слоистый, ячеистый и т.д..

В диссертационной работе развиты методы элиминирования и клиппирования структурных изображений, направленные на исследования симметричных особенностей минеральных индивидов, характера пространственного распределения их геометрических центров, осей удлинения, выделения условных зон роста (рис. 8). Рассмотрена также теоретическая возможность перенесения метода клиппирования изображений в область исследования структур агрегатов и текстур горных пород.

Полученные результаты не только позволили решить некоторые принципиальные вопросы о происхождении горных пород, но и прийти к заключению о принципиальной возможности построения компьютерных технологий для визуализации тонких особенностей строения минеральных агрегатов, выяснения форм структурного функционирования минеральных агрегатов как самостоятельных онтологических целостностей, открыло новые возможности для обнаружения признаков (следов) развития на уровне минеральных систем. Следует также отметить, что операции клиппирования эффективны лишь тогда, когда точно установлен наиболее оптимальный масштаб генерализации структурного изображения. Определение оптимального масштаба исследования возможно только с помощью геометрических спектров.

5. Возможность содержательного и объективного распознавания типологических в отношении генезиса структурных элементов минеральных индивидов, агрегатов, структур и текстур горных пород, определяется лишь уровнем объектной детализации и уровнем выраженности (альтitudой) данного геометрического свойства при оптимальных масштабах изучения; поэтому основным инструментом для исследования особенностей их строения в свете эволюционных воззрений должны быть гетеромасштабные геометрические методы

Любые системы – минеральные индивиды, агрегаты, тела горных пород должны быть описанными с учетом всех указанных при-

знаков развития на всех основных уровнях, доступных для рассмотрения. Количественные методы исследования морфологии минеральных индивидов, структур агрегатов и текстур горных пород, основанные на гетеромасштабных измерениях, позволяют обнаружить и клиппировать отдельные признаки, по которым возможно (в той или иной степени) восстановление особенностей функционирования природных объектов. Вопрос, таким образом, состоит в том, чтобы согласовать конкретные результаты с обобщенным образом эволюционного процесса (рис.3). Каких-либо строгих правил, обязывающих приписание того или иного структурного признака к определенному генетическому процессу, еще не существует. Однако, можно достаточно обоснованно применять графический формализм эволюционного процесса и логику структурного анализа, (предложенную Ф.А.Усмановым 1977), в котором формально описаны все виды взаимодействия тел - прилегание, касание, сечение. Так, результат более позднего процесса структурообразования деструктивно влияет на результат предшествующий. Более мелкий по масштабу структурообразующий процесс налагается на более ранний и крупный. В состоянии касания находятся, как правило, не взаимодействующие структурные образования (А.Б.Вистелиус, 1990).

Учитывая указанные особенности, можно решить многие исследовательские задачи в порядке от поиска крупных элементов организованности к более мелким, привлечь данные о вещественном составе. Такой способ изучения природных объектов представляется наиболее конструктивным, поскольку минимизирует объем рутинных работ с изображениями агрегатов и морфологическими особенностями минеральных индивидов.

Нами разработан единый комплекс количественных методов исследования морфологии минеральных индивидов, структур агрегатов и текстур горных пород, позволяющий регистрировать все традиционно изучаемые виды геометрической информации с единой аксиоматических позиций (обобщенная эволюционная теория + гетеромасштабные исследования) и дающий возможность достаточно полно описать характер структурного эволюционирования конкретного тела горной породы.

б. Текстурные рисунки являются наиболее общим (интегральным) и наиболее инертным отражением пространственной упорядоченности минеральных индивидов; объективно и повсеместно существуют элементы организованности минеральных инди-

видов в текстурные мотивы, мотивов в текстурные композиции, композиций в рисунки и т.д.. Текстуальная организованность горных пород может быть строго описанной лишь с использованием геометрических методов, учитывающих уровень объектной детализации

Продолжая развитие идеи о возможности применения строгих методов описания явлений структурообразования с учетом позиций теории эволюции, нами были предприняты попытки разработки специальных приемов компьютерного анализа текстурных изображений. Для этого создана автоматизированная система-робот для изучения текстурных изображений (В.В.Индутный, М.Н.Таран и др., 1990), которая позволяет ввести текстурный рисунок с поверхности образца в память ЭВМ, а затем обработать его с целью получения ряда количественных характеристик таких как: контрастность текстурного изображения (V), геометрическая сложность рисунка (H); симметрия (планаксиальные элементы); показатель геометрической анизотропности (A); типологические показатели текстуры (X, Y, Z) и т.д.. Особенностью предложенных нами алгоритмов для обработки текстурного изображения, является то, что все изучаемые геометрические параметры измеряются при различных уровнях объектной детализации, начиная от уровня разрешения прибора и кончая уровнем ограниченным размерами исследуемой поверхности образца (используются полированные пластины камня с размерами 150 x 150мм). По этим данным строятся геометрические спектры, показывающие как изменяются абсолютные значения измеряемых геометрических параметров в зависимости от уровня объектной детализации "К".

Изначально предполагалось, что измерение наиболее важных параметров текстурных изображений при различных уровнях детализации позволит выявить наиболее благоприятные масштабы генерализации, при которых наилучшим образом проявятся особенности естественной организованности горных пород. Факт наличия самих признаков организованности не подвергался сомнению, поскольку аналогичные утверждения уже высказывались многими авторами (Ж.Матерон, 1964, А.Б.Вистелиус, 1968, Р.Л.Бродская, 1980 и многие другие). Цель подобного исследования заключалась в корректной геометрической диагностике явления, а также в привязке конкретных количественно выраженных результатов к явлениям развития.

Нами изучались: граниты Украины (Новоукраинский, Старо-

Бабанский, Жежелевский, Корнинский, Емельяновский, Токовский, Лебедевский, Дидковичи, Танский и некоторые другие); кальцифиры графитового месторождения Завалье (Украина); яшмы из месторождения "Гора Полковник" (Урал); жадеиты месторождения "Итмурунды" (Северное Прибалхашье); чароиты месторождения "Сиреневый Камень"; некоторые другие рисунчатые породы - джеспилиты, родониты, трасы и т.д..

При анализе большого числа геометрических спектров было установлено, что текстурная организованность горных пород, подобно морфологии минеральных индивидов, проявляется на нескольких масштабных уровнях. Каждый из уровней выражен в характере пространственного распределения минеральных индивидов (текстурные мотивы), в особенностях прорастания минеральных индивидов различного качества (текстурные композиции), а также в характере пространственного распределения текстурных мотивов и композиций в общем пространстве текстурного рисунка. Таким образом, структурно-текстурная постройка горных пород, номинально состоящих из одних и тех же минералов, может предполагать различные способы агрегации и, следовательно, рассматриваться как материальный носитель информации о различных естественно-исторических путях развития этих пород.

Алгоритм построения геометрических спектров имеет особенности (В.В.Индутный, 1987) и предполагает сканирование изображения специальным оптическим зондом с изменяющимися размерами и различными геометриями окна опробования. Это позволяет одновременно рассчитывать три геометрических спектра. Первый отвечает условиям сканирования изображения по Z -развертке при помощи квадратного окна (окно квадрат " \square ") с увеличивающимися линейными размерами; второй предполагает использование сканирующего окна прямоугольной формы (окно-столбец " \perp ") с ориентировкой удлинения вдоль некоторого направления, перпендикулярного строкам сканирования; третий способ не отличается от второго, но ориентировка его выбирается перпендикулярной по отношению ко второму способу (окно-строка " \parallel ") (В.В.Индутный, 1987, 1991). Применение трех описанных видов сканирования позволяет создать алгоритм чувствительный к геометрически анизотропным изображениям.

На рисунке 9 представлены два геометрических спектра, рассчитанных для текстур гранитов. На спектрах отчетливо виден сложный характер строения этих пород, обусловленный закономерным

сочетанием светлых и темных минералов, особенностями их пространственной организованности в мотивы, композиции и рисунки.

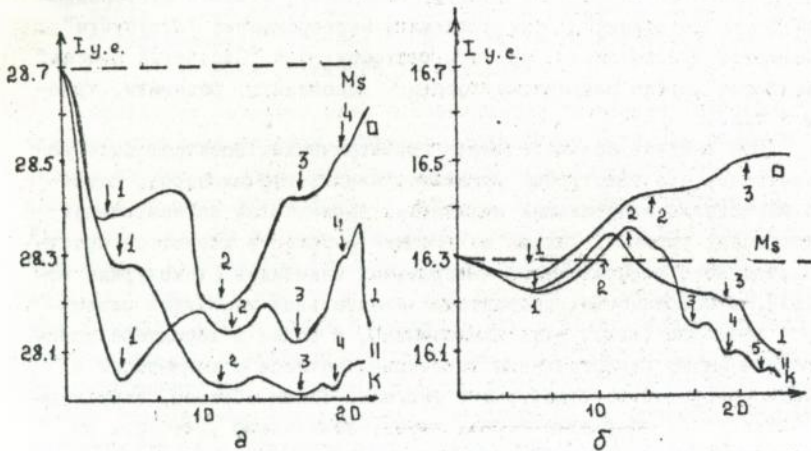


Рис. 9. Геометрические спектры тектур Емельяновского (а) и Корнинского (б) гранитов. Стрелками и цифрами обозначены уровни организованности этих пород, обусловленные сложным пространственным распределением светлых и темных минералов. M_s - оценка средней интенсивности светоотражения при фотометрировании.

Для анализа геометрических спектров были разработаны специальные программы, позволяющие единообразно и обосновано интерпретировать их структуру, выявлять те или иные признаки пространственной организованности. В приведенных примерах (рис. 9) было установлено, что наиболее сложным текстурным мотивом в структуре Емельяновского гранита является агрегат темного кварца с которым сочетается небольшое количество биотитовых кристаллов и некоторых других темноцветных минералов. Этот мотив образован индивидами со средними размерами 3-5 мм (рис. 9 а, первый минимум обозначен стрелкой и цифрой "1"), которые встроены в каркас (текстурный мотив) цепочек, имеющих свой интервал повторения в пространстве равный - 7 мм. Текстурная композиция представлена сочетанием индивидов розового полевого шпата и мотивов темного кварца (минимум "2"). Рисунок породы позитивен.

Сложность пространственного строения полевошпатового агрегата ниже сложности строения кварц-биотитового агрегата, причем, в последнем обнаруживаются следы более общего текстурного мотива (экстремальные точки, обозначенные на спектре номерами "3" и "4"). Такое строение горной породы однозначно свидетельствует о том, что образование розового полевого шпата произошло позже чем кварц-биотитового агрегата. Общая низкая сложность текстурного строения Емельяновского гранита и низкая вариабильность текстурометрических показателей, измеренных в различных участках, свидетельствует о его магматическом происхождении. Особенно хорошо видна кратность значений минимумов и максимумов геометрических спектров в шкале уровней генерализации "К", что говорит об особой четкости в характере упорядочения минеральных индивидов в пространстве породы.

Совершенно иначе интерпретируются геометрические спектры текстурных изображений Корнинского гранита (рис. 9 б). Здесь регистрируется очень сложное и размытое пространственное строение кварц-биотитового агрегата (частично с пироксеном и гранатом), причем, строго выделить какие-либо организованные целостности невозможно. На уровнях объектной детализации: от I до 10 единиц "К" не проявлены (с достаточной четкостью) никакие следы организованности. На уровнях 10 - 20 единиц "К" возникает единственный негативный текстурный мотив полевых шпатов. При еще больших уровнях объектной детализации возникает слабо заметный позитивный текстурный мотив. Столь сложное строение горной породы интерпретируется как результат множества текстурных перестроек, длившихся в течении достаточно большого интервала времени. Такую горную породу, конечно, нельзя рассматривать как сугубо магматическую. Детально изучались и спектры других гранитов.

Таким образом, установлено, что признаки развития в процессах текстуробразования атрибутивно связаны с различными масштабными уровнями естественной организованности горных пород и, следовательно, заключения о эволюции должны быть определены соответствующими уровнями детализации изучаемых объектов.

Используя геометрические спектры для изучения строения отдельных минеральных фаз, входящих в состав горной породы (осуществляя элиминирование изображения) нам удалось решить ряд задач о порядке кристаллизации минералов. Так, при исследовании строения кальцифиров из месторождения Завалье было установлено,

что наиболее сложное пространственное распределение имеют зерна доломита. Агрегат доломита пронизан каркасом форстерита, зерна которого частично разрушают постройку доломита. Фаза кальцита и флогопита встречается лишь в участках пересыщенных форстеритом, т.е. ассоциирует с последним. Точное определение этих особенностей строения породы помогает вскрыто типологические черты ее эволюции от существенно доломитового агрегата к собственно кальцифиру.

Результаты работ по изучению всех текстурных разновидностей кальцифиров из месторождения Завалье (В.В.Индутный, 1987) показали, что эти породы имеют весьма сложный и изменчивый характер пространственного распределения слагающих их минералов и агрегатов, являя собой всю энциклопедию возможных текстурных рисунков среднезернистых пород от полосчатых текстур, напоминающих осадочные образования, до пятнистых и массивных. Изучив весь спектр переходов текстурных рисунков в обнажении, и выполнив необходимый комплекс экспериментальных измерений, мы пришли к выводу о существовании вполне закономерных и универсальных для всего минерального мира текстурных переходов: от массивных к пятнистым, затем к ориентированной пятнистости, грубой пятнистости, далее к полосчатости, опять к грубой пятнистости и, в конце цикла, опять к массивной.

Наблюденный цикл превращений, а также серия вычислительных экспериментов на ЭВМ, предполагающих генерацию искусственных текстурных изображений, привели к заключению о том, что наблюдаемый цикл текстурообразования отражает единственно возможный путь с геометрической точки зрения естественного преобразования текстур в природе, а следовательно, вполне обоснованным является создание единой текстурной классификации горных пород. Упрощенный вариант такой классификации представлен на рис. 10. Основой классификации стали конкретные разности геометрических спектров, полученных при обработке текстурных изображений горных пород и искусственных изображений (В.В.Индутный, 1991).

Опираясь на сказанное, отметим, что при решении многих теоретических и прикладных вопросов петрологии, геммологии, минералогии и технологии обогащения руд, очень важно фиксировать типологию текстурного рисунка, т.е. дать некоторое количественное интегральное представление, соответствующее тому или иному виду рисунка, способу интеграции минеральных индивидов в пространстве

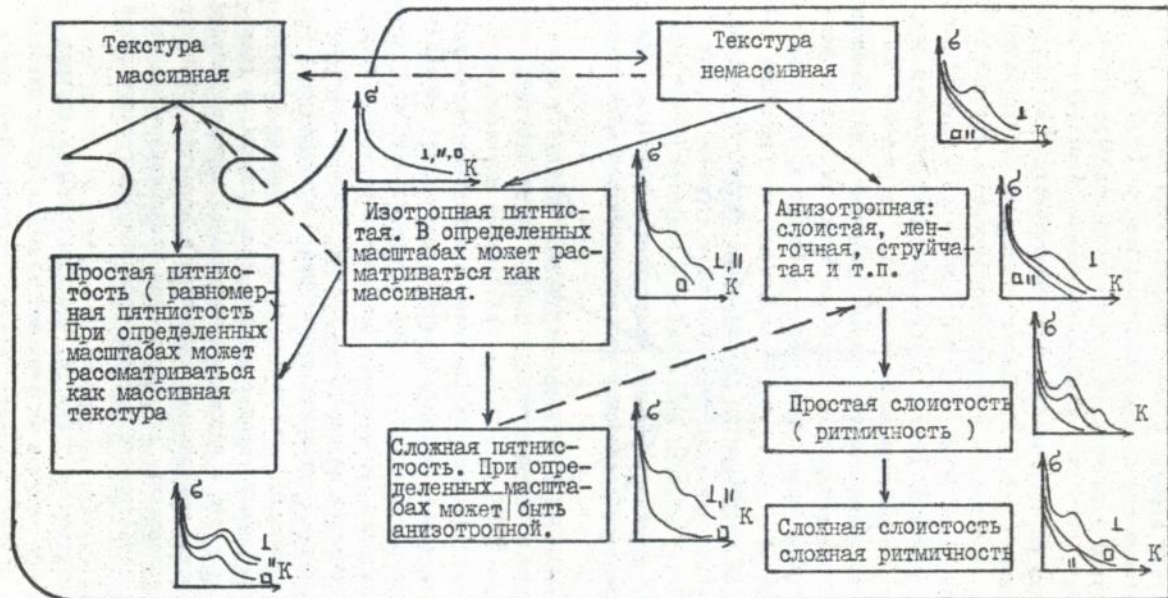


Рис. 10. Классификация текстурных типов горных пород, построенная по результатам анализа геометрических спектров и предполагающая возможность определения направления текстурных трансформаций в природе. Пунктиром обозначены направления обратных трансформаций.

плоского среза горной породы. С целью решения этой задачи, нами разработан специальный способ классификации текстур (В.В.Индутный, 1990), состоящий в вычислении интегральной текстурометрических параметров "X", "У", "Z", которые однозначно определяют тип текстурного рисунка на треугольной диаграмме текстур (В.В.Индутный, 1987). Диаграмма (рис. II) позволяет перенести данные анализа геометрических спектров в определенном интервале уровней детализации в графический формализм, легко рассчитать совокупные меры подобия текстурных рисунков, определить позитивный или негативный характер изображения и многое другое. На рисунках I2 а и I2 б представлены фрагменты треугольных диаграмм с нанесенными на них точками, соответствующими различным типам текстурных изображений исследованных нами горных пород - чароитов, гранитов, яшм, жадеитов. Вместе с тем, следует отметить, что диаграмма является интегральным инструментом для описания типологии текстур, поэтому на ней нельзя показать всей сложности строения горных пород с той ясностью, которая достигается в геометрических спектрах. Кроме того, результат расчета текстурометрических координат X, У, Z опосредован диапазоном уровней объектной детализации (рис. I2 б).

Резюмируя сказанное о текстурометрическом подходе к изучению пространственного строения горных пород, можно отметить, что их естественно историческое развитие проявляется в усложнении характера пространственного распределения минеральных индивидов их слагающих, циклическом способе функционирования при образовании основных текстуробразующих мотивов, деструктивном характере структурных превращений, независимых скоростях протекания текстуробразующих процессов на различных уровнях организованности, в селективном поведении отдельных структурных онтогенических целостностей. Возможность регистрации данных признаков развития при помощи строгих количественных методов исследования, а также в теоретическом единстве с методами исследования морфологических особенностей строения минеральных индивидов и структур агрегатов, открывает новые перспективы для построения эволюционных моделей аппроксимирующих естественную историю формирования геологической реальности.

Важным представляется также то, что предложенный аппарат текстурометрического анализа не отрицает возможности использования традиционных методов описания текстур, разработанных еще в

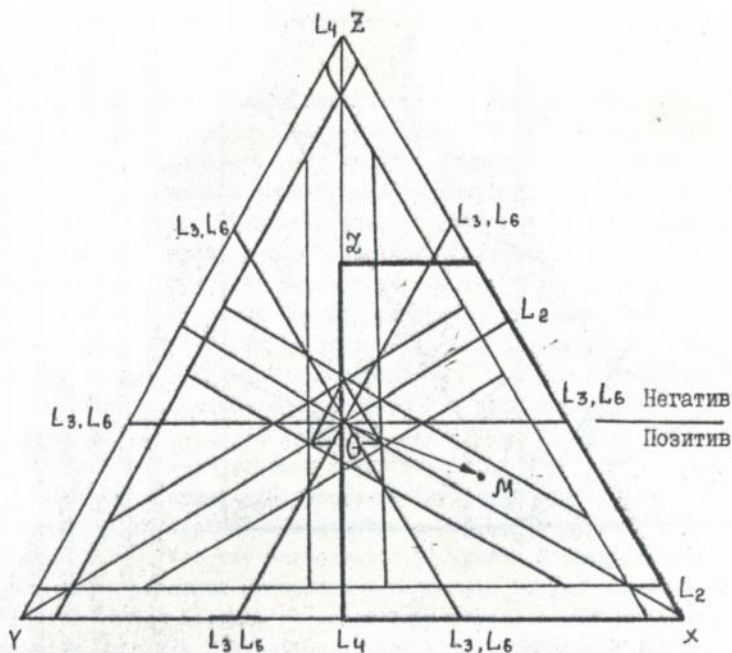


Рис. II. Треугольная диаграмма текстур горных пород. Поля на диаграмме определены тремя полосами нормативных флюктуаций по величинам "X", "Y", "Z". В центре треугольник, в который попадают текстуры соответствующие определению "массивная", а также изображения полученные на ЭВМ с помощью генератора случайных чисел. Элементы симметрии обозначены соответственно: L_2, L_3, L_4, L_5, L_6 . Учитывая то, что диаграмма симметрична относительно L_4 , в практической работе целесообразно пользоваться её фрагментом, обозначенным толстой линией. При этом предполагается, что изображение исследуемой текстуры всегда ориентировано параллельно схеме опробования "окно-строка". Сложность текстурного изображения тем выше, чем дальше от центра "G" находится соответствующая ему фигуративная точка "M".

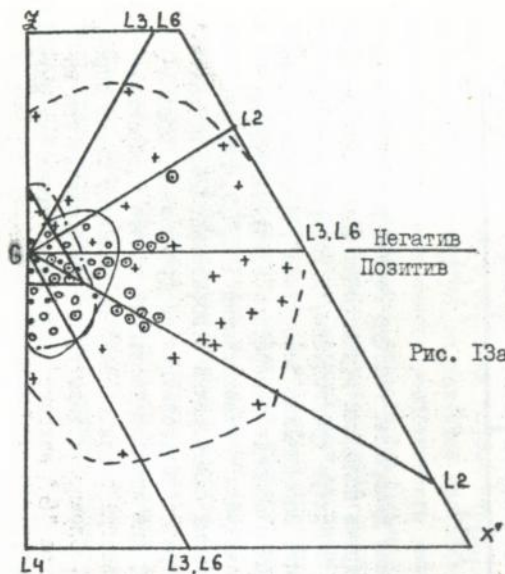


Рис. 12а

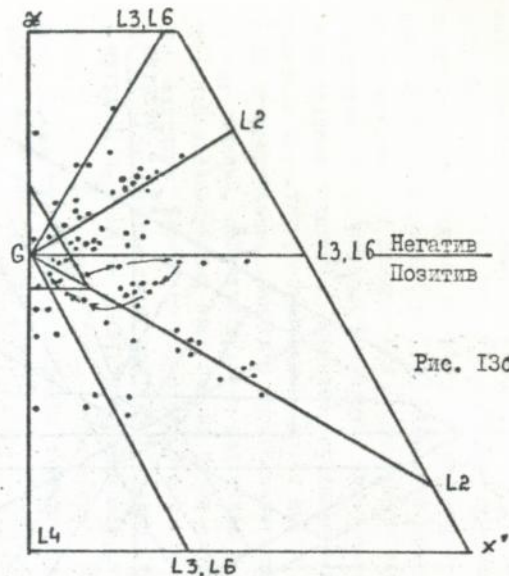


Рис. 12б

Рис.12. Фрагменты диаграммы текстур для некоторых изученных горных пород. На рис.12а вынесены фигуративные точки, соответствующие различным текстурным типам из месторождения "Гора Полковник" (+), гранитам из месторождений Украины (*), ладеитам месторождения "Итмурунды"; кальцифирам месторождения Завалье (⊙). На рис.12б вынесены фигуративные точки, соответствующие различным типам чароититов месторождения "Сиреневый Камень". Стрелками показано направление смещения текстурометрических координат, вызванное последовательным увеличением уровня генерализации текстурного изображения.

начале XX столетия, а вполне логично согласуется с ними в рамках четких логических схем (В.В.Индутный, 1993).

З а к л ю ч е н и е

1. На основании анализа многочисленных литературных источников, а также результатов, полученных автором в модельных построениях, удалось показать, что процесс развития должен быть предметом исследования и научной абстракции только в виде общности, включающей конечный список взаимосогласованных и аксиоматически принимаемых положений и принципов. Результаты конкретных исследований не могут быть рассмотренными как материал для воссоздания процесса развития без формулирования вполне определенных общих представлений об эволюции. Формулирование основ для построения абстрактных моделей, отражающих характер и закономерности естественно исторических изменений и взаимопревращений природных систем – единственный путь для согласования универсума научных гипотез с эмпирической конкретикой.

2. Важнейшим принципом, вводимым автором в эволюционную теорию, является масштабная инвариантность процесса развития, проявляющаяся в том, что вне зависимости от уровня объектной детализации, набор основных принципов и положений теории сохраняется. Именно этот аспект теории, позволил рассмотреть с единых позиций особенности развития минеральных индивидов, агрегатов и тел горных пород, осуществить корректное внедрение эволюционных знаний в петрологическую науку.

3. Установлено, что геометрические описания реальных минеральных индивидов "произвольных" очертаний, слагающих горные породы, следует осуществлять лишь на основании разномастных исследований при различных уровнях объектной детализации. Сложные очертания минеральных индивидов – результат автономного развития их частей, в различной степени подверженных влиянию процессов агрегатообразования и взаимного кристаллофизического согласования межзеренных границ. Минеральные зерна обнаруживают типологические черты своего строения лишь геометрических спектрах, которые можно считать основным объективным документом при воссоздании картины структурообразования.

4. Формы минеральных индивидов в мономинеральных кварцевых породах сохраняют следы своей протоструктурной организованности и запечатлевают путь естественно исторических структурных преобразований.

5. Элементы протоструктурной организованности выявляются методами клиппирования при различных оптимальных уровнях детализации. Разработанные в диссертационной работе приемы клиппирования (визуализации существенных структурных элементов организованности) позволяют установить природу мономинеральных кварцевых пород, предположить их первичное строение. В большинстве случаев обнаруживается протокалцедоновое либо прототерригенное строение агрегатов (кварцевые породы Кривого Рога, кварциты месторождения Завалье).

6. Развитие процессов текстуро- и структурообразования опосредовано индивидуальными изменениями морфологии минеральных зерен в постоянно изменяющейся геологической среде.

7. Установлено, что количественное описание текстурных изображений горных пород возможно лишь с использованием методов, предусматривающих пошаговое изменение уровня объектной детализации. Разработаны приемы описания текстур на количественной основе с применением обобщенной треугольной диаграммы текстур. Текстурометрический анализ является эффективным средством для воссоздания процесса естественно исторического процесса структурообразования горных пород от минеральных зерен к текстурному мотиву, затем, к текстурной композиции и, наконец, к реальному текстурному рисунку. Это подтверждено материалами исследования текстур гранитов, джеспилитов, кальцифиров, чароитов, яшм и т.д.

8. Система количественных данных о текстурах горных пород может быть непротиворечиво согласованной с традиционными представлениями о текстуре и структуре, имеющимися в парадигме современных качественных классификаций, представленных в многочисленных петрографических справочниках.

9. Предложенная в работе система текстуроизмерения является основой для решения всего множества прикладных петрографических вопросов, таких как: воссоздание хода структурного развития горных пород; создание рациональной структурной классификации пород; разработка методов оценки их как сырья для производства строительных материалов, разработка схем рациональной добычи и обработки и т.п.

Кроме того, представленная в работе система измерения геометрических параметров минеральных зерен, агрегатов, структур и текстур горных пород служит основой для создания новых высокоэффективных информационных технологий, способствующих преодолению

перепроизводства научно-технической информации, переходу петрологии на новый уровень построения геологических реконструкций, внедрению методов эволюционного анализа и моделирования.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Количественное определение степени идиоморфизма минералов в кристаллических породах с целью построения микроструктурных разрезов // Доклады АН УССР, 1980, серия "Б", № II, С.9-11.
2. Формальное определение степени идиоморфизма минералов в плоских шлифах. Препринт ИГН АН УССР, Киев, 1981, № 80-10, С.40-43.
3. Степень идиоморфизма - энергетическая характеристика поверхности минеральных индивидов и фаз // Доклады АН УССР, 1981, № 10, С.7-11 (Соавторы: Д.А.Кулик).
4. Пространственное строение минеральных фаз в горных породах // Доклады АН УССР, 1982, № 10, С.10-13 (Соавторы: Д.А.Кулик)
5. Конституция минералов и ее формальное определение // Доклады АН УССР, 1984, № 2, С.25-29 (Соавторы: А.С.Поваренных).
6. Микроструктурный разрез графитового месторождения Завалье / Сб.: Петрология, минералогия и рудообразование в пределах Ущ. К., "Наукова думка", 1984. С.47-53.
7. Геометрические свойства и оптический показатель преломления кварца, представленного индивидами неправильной геометрической формы. Препринт ИГФМ АН УССР, г.Киев, 1985, С.25-30.
8. Количественное описание структурных особенностей горных пород в петрографических шлифах на примере графитового рудника Завалье / Сб.: Материалы школы по математическим методам в геологии, Иркутск, 1985, С.75-80.
9. Конституция минералов как система исчисления и логической предикации // Тр. Всесоюзного совещания по теории и методологии минералогии, Сыктывкар, 1985, часть I, С.53-54.
10. Элиминирование структурных особенностей горных пород при анализе петрографических шлифов. Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1987, 47 с.
11. Исследование геометрических свойств минеральных индивидов сложных очертаний в петрографических шлифах. Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1987, 50 с.
12. Количественная оценка пространственного строения минеральных агрегатов и текстур горных пород / на примере кальцифи-

ров месторождения Завалье УССР . Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1987, 44 с.

13. Применение оптико-колориметрических и структурно-геометрических методов исследования для количественной оценки цветовой и текстурной неоднородности горных пород / Деп. в ВИНТИ ОI.Ю.87, № 6869-В87, С.20 (Соавторы: М.Н.Таран).
14. Сложные геометрические соотношения минеральных индивидов в петрографических шлифах / Деп. в ВИНТИ, № 200-В87.
15. Классификация минералов и их конституция / Материалы научной конференции молодых ученых Института геохимии и физики минералов АН УССР, Киев, 1985, С.120-121 / Деп. в ВИНТИ, №200-В87.
16. Соотношение представлений о текстурах и структурах горных пород в свете количественных данных / Деп. в ВИНТИ, №648-В88.
17. Структурные особенности некоторых кварцсодержащих пород Кривого Рога и их генезис. Киев, Препринт ИГФМ АН УССР, 1988, 33 с. (Соавторы: Э.А.Ярошук).
18. Обобщение принципов теории эволюции в геологии. Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1988, 55 с.
19. Опыт количественного измерения и описания текстуры поделочных и облицовочных камней на примере чароита / Тез. Второго Всесоюзного совещания "Геммология-2", Черноголовка, 1989, С.83-84.
20. Структура мономинерального агрегата и моделирование его генезиса // Математические модели в расшировке генезиса минералов. М., Тр. ИМГРЭ МГ СССР, 1989, С.75-83.
21. Способ классификации текстур горных пород. А.с. № I578598, МКИ СОI № 2I/25 / Открытия, изобретения, № 26 - 1990 г.
22. Количественная оценка данных о текстуре и цвете декоративных камней как критерий определения их сортности и коммерческой стоимости. Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1990, 49 с. (Соавторы: М.Н.Таран, Ю.Н.Назаров, Г.В.Дунаева)
23. Измерение и стандартизация текстурных разностей горных пород, используемых для производства облицовочных плит и декоративных изделий // Строительные материалы. 1990, № 10. С.13-14.
24. Существуют ли минеральные индивиды произвольных геометрических очертаний // Минералогический журнал, 1991, № 2, Т.13. С.24-28.

25. Планиметрический анализ структур минеральных агрегатов. Киев: "Наукова думка", 1991, 178 с.
26. Опыт количественной оценки текстур некоторых гранитов Украины // Геологический журнал, 1991, № 1, С.114-118.
27. Направленность структурно-вещественных преобразований геологических систем и ее отражение в эволюционных моделях. Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1991, 63 с.
28. Автоматизированное измерение рисунка ювелирного, поделочного, декоративного и строительного камня. ДАН УССР, 1991, №6, С.104-105 (Совавторы: М.Н.Таран, Ю.Н.Назаров, Г.Э.Дунаева).
29. Геоморфологическое изучение цветовых и текстурных характеристик чаронта месторождения "Сиреневый камень". Препринт ИГФМ АН УССР, Киев, 1991, 46 с. (Совавторы: А.А.Смирнов, Е.В.Бухтиярова, М.Н.Таран, С.И.Игнатов).
30. О возможности использования случайных конфигураций в практических задачах минералогии // Доклады АН УССР, № 12, 1991, С.75-80.
31. Простой прибор для контроля симметрии и контрастности текстурных рисунков камня при производстве облицовочных плит // Строительные материалы, 1991, № 10, С.25-26.
32. Автоматизированный прибор для количественных измерений и оценок текстур горных пород / Приборы и техника эксперимента, 1992, № 1, С.238. (Совавторы: М.Н.Таран, Ю.Н.Назаров, Г.В.Дунаева).
33. Оценка общего уровня структурно-текстурной организованности горных пород // Доклады АН Украины, 1992, № 9, С.94-97.
34. Природа шелковистого и перламутрового отливов чаронта // Минералогический журнал, 1992, Т.14, № 2, С.95-99. (Совавторы: Е.В.Бухтиярова, А.А.Смирнов, М.Н.Таран).
35. Элементы теоретико-множественного моделирования структур и автоматизированное описание строения горных пород. Препринт ИГФМ АН Украины, Киев, 1992, 40 с.
36. Система количественного описания текстур и традиционные петрологические представления // Геологический журнал, 1993, № 1, С.19-24. (Совавторы: Е.В.Ивченко).
37. Количественная оценка интенсивности шелковистого и перламутрового блеска ювелирных и поделочных камней // Минералогический журнал, 1993, 15, № 1, С.95-99.

AB 27.314

AB 27.314