

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ПРАВЛЕНИЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБЩЕСТВА

МАТЕМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Краткие тезисы докладов к совещанию
(Ленинград, 20-25 ноября 1972 г.)

Ленинград
1972

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ГОРНОГО ОБЩЕСТВА

МАТЕМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Краткие тезисы докладов к совещанию
(Ленинград, 20-25 ноября 1972 г.)

436

Ленинград
1972

Редакционная коллегия:

А.И.Айнемер, Г.Б.Бельды (ученый секретарь), И.Д.Булаевский,
Г.А.Булкин, В.И.Васильев, В.М.Васильев, К.Б.Гаталин,
В.В.Груза, В.И.Драгунов, И.Г.Клушин, А.Н.Олейников (отв.
редактор), С.И.Романовский, В.А.Рудник, Ю.Р.Ткачев.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

МАТЕМАТИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИИ
(итоги и перспективы)

Процесс интенсивного проникновения математики в геологию, начавшийся приблизительно лет десять тому назад, продолжает успешно развиваться. Трудно назвать какую-либо область геологии, где было бы противопоставлено использование принципов, методов и языка математики. Столь же решительно обогащается и арсенал используемых математических средств.

Изначальная весьма скромная задача - "с мерой и весом" подойти к оценке эмпирических наблюдений уступила место более широкому и, вместе с тем, глубокому пониманию возможностей и конечной цели математизации геологического знания. Геологические тексты "легированные" математическими символами, нередко отражают теперь и повышение надежности и достоверности выводов, и возрастание полноты извлечения дополнительной геологической информации, и тысячекратное ускорение процесса ее содержательной переработки и, что, пожалуй, самое главное, - ревизию теоретических основ науки, включая построение строгих теорий геологических процессов.

К числу важнейших достижений последних лет можно отнести выявление субъективизма и неполноты многих традиционных палеонтологических описаний, на которых покоятся разнообразные построения теоретического и прикладного плана; уяснение динамики формирования слоистых толщ на основе стохастических моделей слоенакопления; установление основных соотношений в ряду корреляционных связей между компонентами минералов и пород и энергетикой процессов их образования; статистические обобщения в плане петрохимии магматических формаций; автоматизацию процедуры металлогенического прогноза, с максимальной полнотой и последовательностью реализующей метод аналогий.

Накоплению позитивного знания сопутствовали горячие споры почти по всем кардинальным вопросам методологического плана и вместе с тем всепоглощающий поток публикаций, перепол-

ненных формальными преобразованиями одного вида эмпирической информации в другой и обобщениями, уровень которых не намного отличается от уровня исходных данных. Подобная ситуация сохраняется и сегодня, хотя многие дискуссии уже прекратились. Так постепенно исчезли со страниц печати "подтверждения" того, что нормальная и логнормальная кривые суть универсальные геохимические законы. Ослабло увлечение охотой за так называемой "ложной" корреляцией и поисками "истинной". Безвозвратно нарушено табу на детерминированные модели, в результате чего претензия вероятностно-статистических методов на монополию в геологии стала казаться крайне сомнительной. Затих спор между сторонниками локальной и глобальной формализации понятийной базы науки.

В числе продолжающихся – дискуссия о соотношении онтологического и гносеологического аспектов познания геологической действительности.

Перспективы математизации геологии в ближайшие годы определяются теми направлениями, где уже сегодня получены обнадеживающие результаты. В палеонтологии – это вовлечение в сферу формализованной обработки качественных признаков древних организмов на основе разнообразных методов цифрового кодирования; в литологии – изучение законов осадконакопления и решение на их основе прямых и обратных задач, связанных с ретроспективными построениями в сфере фациального анализа и литостратиграфии; в геохимии – выявление закономерностей миграции рудных компонентов путем прослеживания тенденций изменения иерархии корреляционных связей между ними; в петрологии – моделирование петрогенетических процессов на базе учета энергетических, массовых и объемных характеристик компонентов магматического расплава, а также глобальные обобщения, позволяющие выявить основные закономерности эволюции состава изверженных горных пород; в металлогении – моделирование процессов рудообразования, дальнейшее совершенствование алгоритмов автоматизированного прогноза при соответствующей перестройке системы сбора исходной информации, разработка стратегии поиска, количественная оценка эффективности прогнозирования. Весьма перспективными представляются также классифика-

ционные построения, особенно в палеонтологии, в области формационного анализа и в тектонике. Как показывает этот перечень, в течение ближайших лет основные усилия исследователей ориентируются в русле эмпирических обобщений, опирающихся преимущественно на статические модели, хотя, несомненно, что для прогресса геологии первостепенное значение имеют модели динамические.

От математизации геологии как науки через автоматизированную обработку информации неизбежен и реален переход к математизации геологии как отрасли народного хозяйства. Эта тенденция проявляется сегодня в проектировании автоматизированных систем управления разного уровня и назначения.

Л. И. Четвериков

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЗАЦИИ ГЕОЛОГИИ

В процессе математизации геология проходит тот же путь, что и другие естественные науки. Отчетливо наметились три направления: 1) прикладное; 2) создание математической геологии; 3) решение математических аспектов данной проблемы.

Первое направление ставит своей целью решение конкретных задач, возникающих при геологических исследованиях, путем применения математики (обычно математической статистики) и ЭВМ для анализа и обработки имеющихся данных.

Используемый математический аппарат должен при этом соответствовать природе изучаемого объекта, методике и этапу проводимого исследования, с тем чтобы получаемое решение не противоречило данным геологического анализа и здравому смыслу. Основная цель данного направления - создание и отработка набора стандартных задач, однотипных для разных областей геологии. Таковы, например, задачи по разграничению, определению тесноты связи, фиксации закономерной составляющей и т.д. Возможность данного направления - свертывание геологической информации и выражение устанавливаемых геологических законо-

мерностей в строгой аналитической и графической форме.

Создание математической геологии знаменует качественный скачок — завершение описательного этапа. Это направление требует принципиально иного методического и методологического подхода к применению математики. Математическая геология предполагает не только свободное, органическое использование математики в качестве языка геологии, но и изменение "традиционного мировоззрения" геологов.

Наметился ряд узловых методологических проблем:

1. Проблема случайности и элементарности в геологии.

2. Формализация (от геологии — к математике) основных наиболее общих понятий, категорий геологии.

3. Обоснование принципа математического моделирования: от модели генезиса геологического объекта к модели его строения или, наоборот, от модели объекта к модели его генезиса. Сейчас имеют место оба подхода, хотя они методологически диаметрально противоположны.

4. Создание типовых, формализованных геологических моделей отдельных классов геологических объектов (например, класса тел полезных ископаемых).

5. Анализ природы наблюдаемой изменчивости геологических параметров.

6. Геологическое обоснование принципиальной возможности применения того или иного математического аппарата для аппроксимации геологических моделей определенных классов объектов.

Без решения перечисленных проблем не может быть радикального прогресса в математизации геологии.

Практика применения математики показывает, что решаемые задачи и геологические объекты оказываются значительно сложнее и специфичнее, чем это кажется на первый взгляд, и математический аппарат далеко не всегда может быть применен в том виде, в каком он разработан. Можно привести ряд примеров необходимости математической разработки новых специальных статистических критериев. Одним из актуальнейших вопросов

является, например, разработка статистики неэргодических и нестационарных случайных полей.

Вместе с тем математизация геологии, на наш взгляд, не требует специального создания, нового, узковедомственного математического аппарата типа геостатистики Ж. Матерона. Обычно возможно подобрать уже готовый математический аппарат, отвечающий природе изучаемого геологического явления и существу решаемой задачи. Если все же требуется модификация применяемого или создание нового математического аппарата, то это очевидно является компетенцией математики, но не геологии.

И. П. Шаратов

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ МАТЕМАТИЗАЦИИ ГЕОЛОГИИ

Применение математических методов в геологии оказалось менее эффективным, чем ожидалось. Связано это с некоторыми методологическими трудностями. Сущность математизации геологии многие видят в моделировании геологических процессов. Но эти процессы (в большинстве своем) тянутся миллионы лет, и геолог, наблюдая лишь моментальный снимок с такого процесса, может только строить о нем догадки, многозначность которых вытекает из явлений дивергенции и конвергенции.

Для геолого-разведочных работ более важно исследование геологических тел, а не процессов. При этом последние также исследуются через тела.

В математической геологии наблюдается преувеличенная оценка нормального и логнормального законов. Предмет геологического исследования можно описывать не только нормальным и логнормальным, но и многими другими законами (Вейбулла, Паскаля, Коши, двойного логарифма, Лапласа, кривыми Пирсона и т.д.), имеющими стохастическое обоснование. Математики должны помочь геологам в методике вычислений, связанных с этими законами.

Главные задачи математизации геологии - это исследо-

вание пространственного распределения признаков, выявление и измерение связей тел, улучшение планирования геолого-разведочных работ, геологическая прогностика и диагностика, создание методов проверки правильности геологических заключений, использование логической теории оценки.

Генетическая интерпретация есть лишь частный случай структурной интерпретации. Н.Бурбаки определяют математику как науку о структурах. Главное в математической геологии – структурно-системный подход к предмету исследования, теорию которого создает новая наука – метageология (Szczepow, 1971).

Наибольшая методологическая трудность математизации геологии – поиски обоснования перехода от интерпретированной системы (определение предмета исследования) к неинтерпретированной системе (математическая модель предмета исследования) и, особенно, от неинтерпретированной системы (математического решения) – к интерпретированной системе (геологическим выводам). Необходимо отбросить некоторые предвзятые идеи, например, связанные с генетическим истолкованием нормальности и многовершинности распределения.

От малой эффективности математико-геологических исследований не спасает даже большой талант и эрудиция, если исследователь не использует достижений в области логики и методологии.

В.И. Оноприенко

ВОПРОСЫ МАТЕМАТИЗАЦИИ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

Процесс математизации геологических знаний тесно связан с более широким процессом теоретизации современной геологии. С одной стороны, эта связь проявляется в том, что при всяком переходе от простого наблюдения объектов и вывода некоторых эмпирических закономерностей к этапу построения абстрактных

конструкций возникают предпосылки для применения математических методов, которые, правда, не всегда могут быть реализованы в силу необходимости целого ряда дополнительных условий. С другой стороны математизация абстрактных научных представлений составляет одну из реальных форм теоретизации научного знания наряду с такими формами как: 1) создание теории на основе синтеза фактов в систему с помощью некоторых немногих принципов, 2) формулирование теории на основе синтеза различных, не связанных между собой теорий, 3) построение теории, в основе которой лежит принципиально новый способ описания.

Любое из обосновываемых в настоящее время направлений математизации геологических знаний в различной степени сталкивается с проблемой переосмысления сложившейся теоретической базы науки. Эта проблема приобретает огромное значение для того направления математизации геологии, которое предполагает формализацию конкретно научного знания. Следовательно, методологический анализ специфики, особенностей теоретических средств познания в геологических науках весьма существенен при обсуждении вопросов математизации и может оказаться решающим при определении и осуществлении задач и методов математизации. Вопреки распространенному мнению об "эмпиричности" геологии как науки, геологические знания как раз существенно "теоретичны". Задачи методологического анализа геологических теорий можно подразделить на такие основные направления.

1. Выяснение общих особенностей геологических теорий, отличающих их от теорий других естественных наук.

2. Определение специфики и структуры системы теоретических средств в геологических отраслях.

3. Исследование специфических подходов к изучению объектов, выработанных геологическими науками. В первую очередь это относится к проблеме историзма геологического исследования, соотношения генетического и структурного подходов в изучении геологических объектов.

Другой важной проблемой в этом плане является проблема

системности геологического знания. Системно-структурный подход позволяет наметить реальный путь математизации геологии, заключающийся в преодолении "сложности" геологического объекта через выделение различных уровней изучения сложных, системных объектов.

И. В. Круть

О КАТЕГОРИАЛЬНОМ БАЗИСЕ ФОРМАЛИЗАЦИИ И МАТЕМАТИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ

Известный нам мир природы представляет собой квазиерархическую систему материальных вещей, относящихся к различным уровням организации и поэтому взаимопроникающих и пересекающих друг друга. В пределах одного уровня организации вещи находятся в отношении простой субординации и координации, образуя так называемые структурные уровни. Понятие организации отражает совокупность всех внутренних и внешних системообразующих факторов, а понятие структуры — отвечает внутрисистемным отношениям.

В типовой теоретико-множественной интерпретации (Рассел, Куайн, Хао-Ван) объекты различных уровней организации образуют взаимоисключающие слои. В пределах же одного уровня организации объекты образуют накапливающиеся или куммулятивные слои (структурные уровни). Возможность задания общего слоя для двух любых объектов недопустима, если эти объекты относятся к разным условиям организации.

Материальная вещь — система является совокупностью других материальных вещей — компонентов, относящихся к данному и к более глубоко лежащим уровням организации. Элементами вещи как материальной системы выступают вещи субординированных структурных уровней, причем вещи-элементы ближнего из них являются атрибутивными элементами. Вещь-система таким образом характеризуется "широким" компонентным и "узким" элементным составом. Элементарная для данного уровня организации система лишена элементов, хотя и содержит компоненты.

Вещь-система находится в отношениях с вещами-компонентами (и элементами) и другими вещами-системами того же, а также выше- и нижележащих уровней. В отличие от отношений вообще, следует выделять атрибутивные отношения, т.е. взаимодействия материальной вещи-системы с вещью-надсистемой, с другими вещами-системами данного уровня, с атрибутивными элементами: сюда же относятся и взаимодействия последних между собой. В таком случае свойства материальных вещей-систем, обусловленные их атрибутивными отношениями, нужно считать атрибутивными свойствами. Можно полагать, что число атрибутивных элементов, отношений и свойств вещи-системы конечно. Всякое непрерывное изменение атрибутов вещи-системы отражает ее состояния. Совокупность атрибутов характеризуется видовой и родовой, т.е. таксономической определенностью вещи-системы.

Каждая материальная вещь-система имеет пределы своего распространения и ей присущи свои специфические пространство и время. Материальная вещь-система является телом, поскольку вещь как целостная часть другого целого гранична. Но не всякое тело оказывается вещью-системой, поскольку тело может быть выделено по произвольным признакам не обеспечивающим целостности. Все атрибутивные элементы, отношения и свойства материальных вещей-систем имеют свои пространственные и временные пределы. Существует проблема пространственно-временной неадекватности разных свойств одной вещи-системы. Границы вещей-систем, относящихся к разным уровням организации, в принципе (но не всегда) не должны совпадать, поскольку вещи-системы, обладая своими специфическими пространственно-временными свойствами (топологическими, симметрично-групповыми, метрическими) неадекватны друг другу.

Пример общей геологической проблемы - установление многоуровневной организации нашей планеты, которая выступает сложной динамической и исторической системой, находящейся на стыке прямой иерархии объектов (идущей из микромира), с контриерархией (прослеживающейся из мегамира). Земля и ее подсистемы организуются на разных уровнях: физических полей и частиц (геофизическом), ядерно-атомарном (геохимическом), молекулярно-минеральном (минералогическом), горных пород

(петрографическом) и биогеоценозов, геологических формаций и ландшафтов, регионально-этажных систем, геослоек и геосфер планеты в целом. Подобное видение природы выдвигает новые теоретические проблемы, например, о топологическом (и дискретно-топологическом или симметрично-групповом) переплетении и взаимопронизывании квазиерархий объектов, о естественной "перекодировке" уровнеобразующих факторов о межуровневых "квантах организации", о симметрии как пространственной и ритме как временной организации естественных систем и т.д. Важно сознавать, что проблема построения целевых и прогнозных теоретических концепций, связанных, например, с использованием земных ресурсов или с упорядочением взаимодействий общества и природы, не "растворена" во всей сумме научного знания, и не детерминирует решение всех научных вопросов, как это иногда утилитаристски предполагается, а должна вычлениваться и ставиться самостоятельно, но на основе общих теорий сложных естественных явлений с привнесением по существу нового параметра, который имеет социально обусловленный характер.

В.И. Васильев

ДЕТЕРМИНИЗМ И НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Если на неискривленной сфере в поле действия центрально-симметричных сил в какой-либо точке сферы возникает какой-либо геологический объект, то эквивалентные объекты синхронно возникают во всех других точках сферы (принцип Стенона), что вытекает из энергетического принципа минимума, т.е. из II закона термодинамики. Сфера приобретает симметрию многогранника, если вдоль нее возникают волны механических напряжений. В этом случае синхронно возникает три класса эквивалентных геологических объектов, отвечающих вершинам, ребрам и граням многогранников.

Этот принцип применим как к непрерывным (безграничный слой или земная оболочка с границами, параллельными горизонту),

так и к дискретным совокупностям геологических объектов.

Если сфера геометрически искривлена, или вдоль нее действуют другие силы (кориолиса, ветры, течения), то в поле действия центрально-симметричных сил вдоль вектора анизотропии (наибольшего искривления) любые две точки не эквивалентны (упорядочены). Поэтому вдоль вектора анизотропии анизотропный объект окажется синхронным, а однородный — асинхронным (принцип Головкинского). В данном случае однородные объекты (слои в осадочном ритме, однородные минеральные парагенезисы в зональном рудном теле, месторождении, рудном поле и т.д.) являются элементами анизотропных объектов. Формирование нижней и верхней границ анизотропных объектов разделено промежутком времени структурообразования. Поэтому границы однородных слоев внутри ритмов или минеральных парагенезисов в эндогенном рудном теле пересекающие ритмы или рудные тела от нижней до верхней границы, являются асинхронными, но не выходящими за пределы промежутка времени структурообразования. Абсурдно требование о выделении однородных объектов с изохронными границами. В эндогенных рудных объектах с горизонтальной зональностью однородные минеральные парагенезисы в тех своих частях, где они пространственно разобщены, являются синхронными, а в тех частях, где они пространственно совмещены — являются асинхронными, что вытекает из неодновременности формирования однородных минеральных парагенезисов в различных его частях по латерали.

Если в поле действия центрально-симметричных сил вдоль радиуса-вектора возникает какой-либо зональный объект или серия объектов, связанных вертикальной зональностью, то любой вышележащий однородный слой (или зона) начинает формироваться одновременно, но завершает формирование несколько позже нижележащих слоев (зон). Если зоны, упорядоченные по составу, пространственно совмещены (телескопированы), то они формировались последовательно во времени. Согласно Е.В.Плющеву, при пространственном совмещении объектов мы можем судить о последовательности их формирования лишь в том случае, если эти объекты принадлежат к одному уровню организации и к одному порядку внутри данного уровня. Нельзя определять, например, по-

следовательность формирования данного минерала, и включенного в него атома, данной горной породы и включенного в нее минерала и т.д.

Границы осадочных ритмов являются плоскостями трансляционной или зеркальной симметрии и в то же время – изохронными поверхностями (Васильев, 1971; Гейслер, 1955). Любая точка, принадлежащая нижнему ритму, древнее любой точки верхнего ритма. Этот принцип аналогичен принципу последовательности напластования Стенона, но учитывает двухвековой опыт ритмостратиграфии.

Более крупный ритм всегда состоит из целого числа более мелких ритмов. Между однопорядковыми ритмами существуют отношения либо временной последовательности, либо синхронности, но никогда – отношения временного пересечения.

Анизотропное геологическое тело (ритм, зональный объект) представляет собой **овеществленное** геологическое пространство – время, и как таковое, несет в себе квант (дискретную порцию) геологического времени. Анизотропия (качество) кванта времени запечатлено в структурной сложности анизотропного объекта. Длительность кванта времени может быть определена с помощью каких-либо внешних "часов" – периодических процессов, связанных с астрономическими или физическими процессами. Для одного и того же кванта времени его анизотропия на разных участках сферы может быть различной. Для квантов времени с различной длительностью анизотропия может совпадать или не совпадать. Кванты времени представляют собой элементы ритмохронологической шкалы Земли.

А.Н.Дмитриев

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

Накопление временной информации порождает хронику планетарных событий, в форме "планетарной памяти", устойчивость и полнота которой связывается с периодичностью геологических процессов. Одновременно имеет место рассеивание информации о

16

событиях прошлого. Обнаружение пропорций между мощностями запоминания и забывания процессов укажет на действительное состояние общепланетарного процветания или угнетения. Приводятся расчеты и формулы для кинетики временной информации Земли по данным радиогеохронологии.

А.Э.Конторович, Е.В.Кронгардт,
М.А.Садиков

ПОНЯТИЕ "ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ" В ГЕОЛОГИИ

В качестве исходных можно принять следующие положения.

436
Функциональные связи характерны для равновесных систем, при статистическом изучении они выражаются высокой корреляцией, при нарушении равновесия системы характер связей ослабевает и изменяется. Предполагается, что связи в объектах, сформированных одним процессом, линейны. Нелинейность связей для признаков системы свидетельствует о наличии более, чем одного процесса, ее сформировавшего. Таким образом, "оптимальная система" во времени (или пространстве) характеризуется наиболее высокими связями из всех возможных в данном ряду наблюдений. Близкий к понятию и "оптимальной системы" подход был предложен И.А.Неженским (1971) для оценки зональности рудных месторождений. Восстановление природных систем до их оптимального состояния может быть произведено путем построения взаимнокорреляционных функций и сдвига значений параметров до их максимумов.

Одновременно вычисляются две оптимальные системы: линейная и нелинейная (на основе взаимнокорреляционных отношений), сдвиг этих систем в пространстве (времени), может говорить о разобщении процессов их сформировавших. Существенность нелинейности позволяет или в дальнейшем рассматривать вторую систему, или пренебречь ею. Две получившиеся системы выражают неадекватность первичной равновесной системы в статистическом выражении, в связи с набором процессов, ее сформировавших.



Далее при помощи факторного анализа рассматривается линейность получившихся двух систем, таким образом мы имеем четыре факторных реализации, сопоставляемых между собой, с учетом наличия в системе более одного процесса. Далее производится отбраковка и интерпретация процессов, сформировавших систему, выявление "исключительных" значений и т.д. В площадном варианте имеет смысл составление карт тренда для "оптимальных систем", карт факторной регрессии, карт "исключительности" и сопоставление их с картами по первичным данным. Таким образом картирование "оптимальных систем" позволяет более целенаправленно производить поиски полезных ископаемых, а интерпретация факторов способствует изучению генетических аспектов формирования геологических объектов.

Понятие "оптимальной системы" позволяет моделировать конкретные геологические условия; в случае подтверждения многочисленными реализациями, полученные закономерности могут служить основой прогноза для неизученных территорий.

И.Н.Голынюк

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД, ЕЕ СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

1. Основные понятия

1. Изучаемые объекты - геологические объекты различных иерархических ступеней, соответствующие различным пространственно-временным масштабам проявлений магматизма (магматические серии, магматические формации, комплексы, массивы, фазы и фации).

2. Геохимическая система (г.с.) - сопоставляемая изучаемому объекту целостная система геохимических переменных с учетом их вариаций и взаимосвязей. Элементы системы - компоненты анализа, структура определяется характером связей между элементами.

3. Изучение структуры г.с. предполагает решение следующих задач:

а) выявление инвариантных свойств, не зависящих от пространственно-временных масштабов;

б) выявление специфических свойств конкретных объектов.

Инвариантное свойство максимальной степени общности — устойчивый характер анизотропии изменчивости в г.с., проявляющийся, в частности, в однонаправленности известных петрологам "главных тенденций" в объектах всех уровней. Это свойство является отражением общей закономерности — упорядоченности изменения составов пород в магматических сериях, которая устанавливается во всех магматических телах вне зависимости от конкретных механизмов генезиса.

4. Баланс компонентов в системе — совокупность характеристик, описывающих согласованное изменение содержаний компонентов. Нормальным геохимическим балансом будем называть совокупность характеристики изменчивости, отражающих инвариантное свойство структуры г.с. (устойчивость главных тенденций). Это понятие служит для оценки норм вхождения элементов в породу и является расширением одномерного понятия кларка.

II. Математическая модель г.с. и допущения в модели

I. Математически баланс компонентов в г.с. может описываться двумя первыми моментами многомерного распределения — вектором средних и матрицей ковариаций. Разложение баланса компонентов на нормальную и специфическую составляющие производится путем анализа внутренней структуры ковариационной матрицы и выявления главных векторов изменчивости (в геометрической интерпретации главные векторы — оси n -мерного эллипсоида изменчивости). Используется метод главных компонент факторного анализа, осуществляющий преобразование эллипсоида к ортогональным осям (Лоуди, Максвелл, 1967).

2. Выбор в качестве модели г.с. линейной модели с независимыми факторами связан с введением следующих допущений:

а) предполагается, что I фактор, дающий прямую ортогональную регрессию по всем переменным, достаточно хорошо аппроксимирует главные тенденции (гипотеза линейности);

б) при изучении нормального и нарушенного геохимического баланса I фактор рассматривается как аппроксимация условий нормального баланса, а геохимические ассоциации, соответствующие меньшим по вкладам независимым факторам, "подозреваются" на нарушение баланса.

3. Для контроля допущений и интерпретации используются:

а) сопоставление факторных карт, разрезов и диаграмм с геологической основой;

б) последовательное применение факторного анализа к объектам низших ступеней;

в) дисперсионный анализ.

III. Некоторые выводы из анализа имеющегося геохимического материала

1. Инвариантное свойство г.с. проявляется в устойчивой ориентировке оси главной изменчивости в n -мерном пространстве признаков. На разных уровнях и при разных наборах элементов значения I фактора упорядочивают пробы пород по основности-кислотности состава.

2. Главная ассоциация (группа элементов, связанных с I фактором) наиболее устойчива для объектов высших иерархических ступеней. На более низких уровнях главные ассоциации могут меняться, отражая закономерный рост разнообразия при снижении уровня иерархии.

3. При изучении разных наборов микроэлементов в одном объекте так же, как при изучении г.с., являющихся составными частями более высоких по иерархической позиции г.с., ассоциации I фактора могут рассматриваться как "гомологичные ряды" элементов, отражающие сходную тенденцию в разной степени общности.

4. К генетическим интерпретациям главной изменчивости

следует подходить с осторожностью, поскольку вектор главной изменчивости является интегральной характеристикой, отражающей результат суммирования реализаций ряда процессов, происходивших в ходе становления и преобразования интрузивных массивов. Различные механизмы образования сходных по составу тел (кристаллизация из расплава, метасоматическое минералообразование) часто приводит к однотипным главным ассоциациям в системах петрогенных элементов (проявления конвергентности).

5. Представление о нормальном геохимическом балансе и нарушении баланса может быть использовано в практических целях для выявления геохимических индикаторов металлогенической специализации магматических формаций, комплексов, массивов.

С. В. Гольдин

ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ МАССИВОВ ЦИФРОВОЙ ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Одной из основных проблем цифровой обработки геофизических данных является большой объем входной информации, часто превышающий размер оперативных запоминающих устройств современных ЭВМ. Особенно серьезной эта проблема является при обработке данных сейсмозаписи.

С целью экономии памяти и уменьшения вычислительной сложности входная информация обрабатывается по частям. Алгоритмы такого типа называются расчлененными или многошаговыми. В докладе формулируются условия, при которых расчлененный алгоритм дает эффективную оценку параметров. Дается оценка сокращения вычислительной сложности. Один из основных результатов работы содержится в следующей теореме:

Пусть $F(X, \theta)$ — функция совместного распределения вектора X большой размерности, зависящая от неизвестного векторного параметра θ , и пусть задано разбиение вектора X на подвекторы X_1, X_2, \dots, X_N . Если

- 1) векторы X_i и X_k , $i \neq k$, независимы;
- 2) существует система локальных параметров $\alpha_1, \dots, \alpha_N$

такая, что $F(X_i, \theta) = F(X_i, \alpha_i)$;

3) существуют эффективные (в смысле неравенства Рао-Крамера) оценки $\theta^*(X)$ и $\alpha_i^*(X_i)$, $i = \overline{1, N}$, то существует расчлененная оценка $\hat{\theta} = \hat{\theta}(\alpha_1^*, \dots, \alpha_N^*)$, являющаяся также эффективной.

В.Д.Карбышев, Е.А.Смертин

ИНФОРМАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Если геологическую характеристику представить в виде случайной величины, принимающей значений, то ее энтропия может быть использована для определения модели распределения геологической характеристики. Критерием для оценки степени близости теоретического распределения к эмпирическому служит разность теоретической и эмпирической энтропий случайной величины.

Изучается возможность применения этого критерия для случая нормальной и логнормальной модели распределения случайной величины. Для определения зависимостей между геологическими характеристиками рассматривается ряд методов вычисления информационных коэффициентов корреляции.

Разрабатываемые информационные методы исследования апробированы на ряде геологических задач.

М. А. Садиков

ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ "ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОСТИ"

"Исключительность" как свойство возмущающего объекта может быть оценена статистически. Исходя из того, что "исключительных" объектов значительно меньше, чем всех остальных, для их выявления можно использовать факторный анализ. Принцип

выделения "исключительности" заключается в оконтуривании полей объектов, количество которых мало по первому фактору, т.е. берутся точки с концентрированными значениями факторов, в противоположность "размазанным" по площади. Нами за нижний предел "исключительности" для централизованных и нормированных значений фактора бралась величина 0,5. Перекрытие полей "исключительности" I-го фактора "исключительными" значениями по 2-му фактору, при ортогональности факторов, является событием достаточно редким, и еще более редким событием является перекрытие "исключительностей" по трем и более факторам. Перекрытие "исключительностей" определяет их порядок, так перекрытие "исключительных" значений I-го и 2-го фактора создает "исключительность" 2-го порядка, перекрытие же имеющихся значений еще и 3-му фактору — "исключительность" 3-го порядка. Таким образом, порядок "исключительности" характеризует редкость появления возмущающего объекта на площади. Для усиления "исключительности" производится алгебраическое суммирование значений факторов, т.е. выделение аддитивных полей "исключительности". Для отделения малых "исключительных" значений от больших производится перемножение значений факторов, т.е. выделение мультипликативных однозначных и знакопеременных полей "исключительности".

Факторный анализ использовался для пяти признаков (медь, никель, хром, титан, марганец) поверхностных и инфильтрационных вод центральной части Норильского плато.

Л.Д.Кюринг, В.Н.Деч

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИДЕЙ ТЕОРИИ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ИНФОРМАЦИИ О ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИХ СТОРОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ход геологического процесса отражается в изменении ряда характеристик объекта, контролируемых этим процессом. При совместном проявлении различных процессов или их наложении друг на друга изменение отдельной характеристики объекта,

либо их совокупности, происходит под действием как соответствующих процессов, так и случайных (неконтролируемых) причин, вторгающихся в эволюционный ход каждого процесса, что в конечном итоге сильно затрудняет четкое разграничение изучаемых явлений различной природы. С этой точки зрения каждый геологический объект изучения представляет собой плохо организованную, диффузную систему.

Диффузные системы изучаются методами математической теории эксперимента, в основе которой лежит концепция оптимального использования факторного пространства (пространства независимых переменных).

Геологические задачи, как правило, не могут быть сформулированы в виде систем аксиоматически — дедуктивных построений. Невозможно также вывести строгую взаимосвязь между тем или иным процессом и величинами соответствующих признаков. Характер изменения признаков диффузных систем (геологических объектов) удастся описать только в виде моделей, отражающих феноменологические стороны этой системы, и обоснованных лишь на интуитивно-эвристическом уровне. Один и тот же геологический объект может быть описан несколькими моделями, не исключаящими друг друга.

По нашему мнению, одновременное использование ряда различных моделей может выявить как общие феноменологические черты исследуемых процессов, так и специфические их детали, придавшие своеобразие изучаемому геологическому объекту.

Авторами изучались вопросы формирования карбонатных и терригенных толщ и их геолого-геофизических свойств, путем использования моделей регрессии, авторегрессии (которые обобщают модели марковских цепей), факторного (компонентного) анализа и анализа скрытых периодичностей. Результаты были использованы для оценки интенсивности проявления первичных процессов седиментации и вторичных катагенетических процессов, определивших современный облик изучаемых пород. Интенсивность первичных процессов в карбонатных породах определяется характером колебательных движений, оказавших влияние на основные соотношения между составными элементами породы и ее

свойствами. Изменение легко доступных геофизических характеристик имеет ту же природу, что позволяет использовать их при изучении некоторых вопросов образования осадочных толщ.

Модели позволили разграничить как общие, феноменологические, так и специфические черты изменения различных свойств осадка по разрезу, что дало возможность картировать различные составляющие процессов.

Б. А. Ермолаев

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ПРИНЦИП ФОРМАЛИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

В качестве основы для корреляции метрических и вводимых хтонометрических параметров земной коры предлагается использовать соотношение неопределенностей, установленное В. Гейзенбергом.

В. М. Сидоров

О СИСТЕМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОСТАНОВОК ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Рассматриваются математические основы геологических классификаций.

А. С. Девдариани

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ МЕТОДАМИ ПРИЕМА СИГНАЛОВ НА ФОНЕ ПОМЕХ

Восстановление событий геологической истории на основании свидетельств, запечатлевшихся в напластованиях горных пород, рассматривается как задача считывания, выделения на фоне помех и декодирования сигналов, пришедших из геологического прошлого.

РАЗГРАНИЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СОВОКУПНОСТЕЙ

Распределение некоторой m -мерной случайной величины Y_{X_i} в разрезе (на профиле) можно рассматривать как реализацию m -мерного случайного процесса. Обычно случайные процессы разлагают на три части: тренд, циклы и "случайная" компонента. Отдельный процесс может включать все три, две ("случайная" и тренд или циклы и "случайная") или одну ("случайная") из этих компонент. Сумма тренда и циклов является систематической компонентой.

Задача разграничения разрезов сводится к выделению в их пределах участков, однородных по характеру систематической компоненты.

Алгоритм решения этой задачи для случая, когда случайные процессы в пределах однородных участков стационарны предложен Д. А. Родионовым (1965, 1968). Нами разработан алгоритм для более общего случая, когда задача разграничения заключается в выделении участков, в пределах которых распределение некоторой m -мерной случайной величины можно описать моделью стационарного случайного процесса или случайного процесса со стационарными приращениями.

Введем меру различия $\Delta_{X_i, X_{i+1}}$ между величинами Y_{X_i} и $Y_{X_{i+1}}$

$$\Delta_{X_i, X_{i+1}} = \frac{1}{m|R|} \sum_{f=1}^m \sum_{j=1}^m R_{fj} \frac{|Y_{X_i f} - Y_{X_{i+1} f}| \cdot |Y_{X_i j} - Y_{X_{i+1} j}|}{Y_{f \max} - Y_{f \min}} \cdot \frac{|Y_{j \max} - Y_{j \min}|}{Y_{j \max} - Y_{j \min}} \quad (I)$$

где $Y_{X_i f}$ и $Y_{X_i j}$ - значения f -го и j -го признаков в точке X_i .

Деление разностей значений отдельных признаков в соседних точках на их размах необходимо для того, чтобы сделать признаки соизмеримыми. Для устранения влияния статистической связи между признаками, следуя Рао (Rao, 1952), в формулу меры различия введены величины $|R|$ - определитель матрицы, образованной оценками коэффициентов корреляции и R_{fj} - алгебраическое дополнение элемента этой матрицы, стоящего на

пересечении f -той строки и j -го столбца.

Если все признаки независимы, то $|R| = I$, а $R_{fj} = I$ при $f=j$ и равны 0 во всех остальных случаях, что ведет к существенному упрощению выражения (I).

Процесс разграничения сводится к анализу одномерной последовательности величин $\Delta x_i, x_{i+1}$:

При этом возможны следующие ситуации:

1. Реализации в каждом из двух соседних участков стационарны. Граница таких участков расположена между точками x_i и x_{i+1} величина $\Delta x_i, x_{i+1}$ для которых является аномальной.

2. Реализации в каждом из участков описываются моделью процесса со стационарными приращениями с одинаковым характером тренда.

На их границе, как и в первом случае, будет аномалия на кривой распределения величин $\Delta x_i, x_{i+1}$ в разрезе, вызванная "скачком" в систематической компоненте процесса.

3. Реализации в каждом из участков нестационарны, но "скачка" в систематической компоненте на их границе в отличие от первых 2-х вариантов не наблюдается. Такие участки будут отличаться средними значениями меры различия. Частным случаем рассмотренного варианта является контакт стационарного и нестационарных участков.

4. Возможны и такие более сложные соотношения между соседними участками как контакт стационарного и нестационарного или между двумя нестационарными с разным характером тренда участками со "скачком" в систематической компоненте на границе, такие участки будут характеризоваться наличием на их границе аномального значения $\Delta x_i, x_{i+1}$ и различием в средних значениях $\Delta x_i, x_{i+1}$

Для разграничения (расчленения) геологических разрезов с учетом возможных ситуаций, рассмотренных выше, предлагается алгоритм анализа последовательности $\Delta x_i, x_{i+1}$ с помощью величины

$$\nu = \frac{|\bar{\Delta} - \Delta x_i, x_{i+1}|}{S_{\Delta}} \quad (2)$$

которой обычно пользуются для проверки гипотезы о принадлежности варианты $\Delta x_i, x_{i+1}$ к некоторой совокупности.

Н.Н. Жуков

ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ БЕЗ ДАННЫХ ДЛЯ "ОБУЧЕНИЯ" ПО ПРИНЦИПУ МИНИМУМА МЕРЫ КОМПАКТНОСТИ КЛАССОВ

В соответствии с различными исходными условиями можно выделить следующие типы задач классификации без материала для обучения: (А) – классификация по неупорядоченным данным; (В) – классификация по упорядоченным данным.

Задачи обоих типов допускают следующие принципы решения: а) параметрический – по методу максимума правдоподобия; б) непараметрический – на основе некоторого естественным образом задаваемого правила минимизации меры компактности классов, подлежащих выделению в качестве однородных совокупностей.

Параметрический способ предполагает известными параметрические семейства плотностей распределений используемых показателей в каждом из предполагаемых классов.

Поскольку даже при нормальных распределениях возникающая система трансцендентных уравнений оказывается весьма сложной, а реализация метода последовательных приближений наталкивается на значительные трудности вычислительного характера, эта процедура применима лишь в одномерном случае, либо при упорядоченности наблюдений.

При решении задач в соответствии со вторым принципом предварительно выбирается мера компактности классов.

Наилучшее разделение на фиксированное число классов осуществляется по минимуму усредненной метрики компактности. При этом наиболее полное решение задачи достигается полным перебором.

АДАПТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗДЕЛЯЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В геологии методы решения широкого круга задач основаны на сопоставлении известных геологических объектов с новыми, с целью установления их общих свойств и различий, и таксономической принадлежности неизвестных объектов. В общем случае эта система исследований сводится к решению задач классификации геологических объектов.

Для решения этих задач используются методы распознавания образов, причем для нахождения оптимального вектора параметров дискриминантной функции применяются градиентные методы.

Адаптивные методы построения оптимальных разделяющих поверхностей были использованы при решении задачи прогноза перспектив нефтегазоносности локальных структур по результатам геолого-геофизических и геохимических исследований до постановки глубокого бурения на структуре и после бурения на структуре хотя бы одной скважины, вскрывшей прогнозируемые отложения.

Результаты исследований показали высокую эффективность адаптивных методов построения СР и их перспективность при решении задач к классификации геологических объектов.

И. А. Ванчуров

О МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ ПОСТРОЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПАЛЕОНТОЛОГИИ

С целью выявления филогенетических взаимоотношений предложен алгоритм, позволяющий выяснять систему взаимного расположения различных групп фауны в пространстве количественных и качественных признаков. Параллельно, на основании общих соображений, частично определяется система достоверных и запрещенных связей, называемая априорной. Перебором различных сочетаний признаков и их весовых значений достигается логиче-

ское непротиворечие формальной и априорной систем. Выбранная на этом основании система связей объектов рассматривается как возможное филогенетическое древо. Соответствующий ему набор признаков определяет диагноз исследуемой совокупности объектов. Предлагаемый метод позволяет учитывать как формализуемые, так и неформализуемые сведения о фауне. Выбранная система связей является фундаментальным фактором, определяющим классификационную систему.

В.Н.Николенко

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ САМООБУЧЕНИЯ И МЕТОДИКЕ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИ- ФИКАЦИИ

Описывается метод кластер-анализа, основанный на минимизации внутриклассового рассеяния.

В.М.Гордин

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОДНОМЕРНОГО ТРЕНД-АНАЛИЗА

Несмотря на широкое применение тренд-анализа в геолого-геофизических приложениях, вопросам выбора рациональной методики вычислений до последнего времени не уделялось должного внимания. Это приводило к определенным затруднениям при практических расчетах и в целом ряде случаев снижало эффективность анализа.

Для преодоления этих затруднений разработана методика оценки эффективности операторов одномерного тренд-анализа типа весового скользящего среднего, основанная на идеях вероятностного моделирования и во многом сходная с применяемой при решении аналогичных задач в теории связи. В качестве критерия эффективности принят коэффициент подавления случайных ошибок

$K^2 = \bar{g}^2 / \bar{\epsilon}^2$, показывающий во сколько раз уменьшился средний квадрат помехи (увеличилось отношение сигнал-помеха) после проведения тренд-анализа.

Составлены таблицы и номограммы, позволяющие получить оценки K^2 для некоторых часто применяемых на практике формул среднеквадратического полиномиального сглаживания и скользящего среднего при конкретных параметрах (радиусах автокорреляции и средних квадратах амплитуд) полезного сигнала и помехи.

Детально исследована ситуация, когда радиус автокорреляции помехи примерно равен шагу наблюдений. Сопоставление полученных оценок с соответствующими оценками для фильтра Колмогорова-Винера показало, что оптимизация операторов анализа тренда в широком диапазоне практических случаев не дает ощутимых преимуществ по сравнению с традиционными методами.

Ю.В.Шурубор, Г.Л.Дурманова

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОЛЯ КАК РЕЗУЛЬТАТА ДЕЙСТВИЯ МНОГОФАЗНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С НЕПОЛНОСТЬЮ СОВПАДАЮЩИМИ ОБЛАСТЯМИ ПРОЯВЛЕНИЯ ФАЗ

Предлагается представлять поля геологических параметров суперпозициями функций, принимающих отличные от 0 значения лишь в узких областях.

Е.Л.Тавьев, В.С.Щербаков

МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЯ ИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Описывается методика исследования законов распределения.

МАТЕМАТИКА В ГЕОЛОГИИ

В.Н.Водолазский

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОСАДОЧНОГО
ЧЕХЛА БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

Под прогнозированием понимается процесс экстраполяции значений геологических параметров, на основе выявленных на некотором "эталонном" множестве статистических связей между искомыми геологическими параметрами и некоторыми известными характеристиками или параметрами, получение которых не представляет затруднений. Предложено одновременно с построением прогнозного оператора осуществлять построение интерполяционного полинома. Одним из вариантов решения этой задачи является такой, когда в качестве переменных используются не только значения геолого-геофизических параметров, но и их координаты. Построены прогнозные структурные карты осадочного чехла Большеземельской тундры по горизонтам, стратиграфически приуроченным к подошве карбона и кровле терригенных толщ девона. Сравнение полученных карт с данными сейсморазведки, не привлекавшимися к построению прогнозного оператора, показало их хорошее совпадение. Среднеквадратическое расхождение составило ± 60 м, тогда как при обычном подходе оно было равно ± 130 м.

В.С.Зильберг

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СВЯЗИ МЕЖДУ ГИДРОГРАФИЕЙ
И ТЕКТОНИКОЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ДОНБАССА

Количественная оценка связи между линейными элементами (гидрографической сетью и тектоническими разрывными нарушениями) может быть выполнена статистическими методами. Прежде всего следует проверить "критерием согласия" правдоподобие гипотезы о гидрографической и тектонической однородности

исследуемой территории. По критерию выяснена правдоподобность предположения, что при любом количестве выделенных по площади северо-западной части Донецкого бассейна разрядов (квадратов Γ), насыщенность гидрографической сети и тектонических нарушений будет сравнительно одинакова и гипотетически равна средней протяженности \bar{L} , при соответствующем Γ . Мерой расхождения будет сумма квадратов отклонений ($L_i - \bar{L}$). В этом случае

$$\chi^2 = \frac{1}{\bar{L}} \sum_i (L_i - \bar{L})^2. \quad (I)$$

Для выполнения расчета исследуемая территория произвольно была разделена квадратной сеткой с последовательно меняющимися размерами квадратов (5x5, 10x10, 20x20 и 30x30 км). При каждой разбивке измерялась по карте протяженность гидрографической сети и тектонических нарушений внутри отдельного разряда, а затем рассчитывались их средние значения и величина χ^2 .

Гипотеза об однородности (равномерности) распределения гидрографической сети и тектонических нарушений в пределах северо-западной части Донбасса отвергается. Полученные значения χ^2 соответствуют вероятности меньшей 0,001. Остается заключить, что в пределах исследуемой территории имеются участки с различной степенью развития рассматриваемых линейных элементов. Для их количественной оценки введем понятие - плотность соответствующего линейного элемента, понимая под этим отношение общей протяженности линейного элемента в пределах одного разряда к площади этого разряда.

Применяя регрессионный анализ с реализацией его на ЭВМ М-20, получим уравнение связи между плотностью тектонических разломов X_T и плотностью гидрографической сети X_G :

$$X_T = 0,26 + 0,89 X_G - 2,7 X_G^2 - 68,8 X_G^3 + 234,8 X_G^4 \quad (2)$$

(Значимость разности между дисперсиями превышает 1%-й уровень критерия Фишера).

Уравнение (2) указывает на прямую связь между плотностями исследуемых линейных элементов, причем при малых значениях плотности гидрографической сети увеличение плотности

тектонических нарушений очень незначительно и лишь при $\chi_r > 0,1$ скорость возрастания χ_r значительно увеличивается, что связано с гидрогеологическими особенностями исследуемой территории. Зоны повышенной плотности разрывных нарушений служат путями разгрузки водоносных горизонтов и обеспечивают формирование рек за счет питания их подземными водами.

В.С.Зильберг

ОЦЕНКА СИЛЫ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ТРЕЩИНОВАТОСТЬЮ
КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗОНЫ АКТИВНОГО
ВЫВЕТРИВАНИЯ И НЕКОТОРЫМИ ФОРМИРУЮЩИМИ ЕЕ
ФАКТОРАМИ (на примере Волчье-Торецкой
котловины Донецкого бассейна)

Региональная оценка характера изменения трещиноватости выполнена путем построения трендовых поверхностей водопроводимости. Получена закономерная составляющая изменения трещиноватости, характер распределения водопроводимости которой описывается полиномом 5-го порядка. Количественный учет трещиноватости и формирующих ее факторов (плотности гидрографической сети χ_r и тектонических разрывных нарушений χ_T) позволяют исследовать их взаимовлияние и оценку силы зависимости между ними.

По программе А.П.Петрова и М.М.Элланского на ЭВМ М-20 исследованы многомерные и парные функции

$$T = \mathcal{F}(\chi_T, \chi_r), \quad T = \mathcal{F}(\chi_T), \quad T = \mathcal{F}(\chi_r).$$

Связь между водопроводимостью (трещиноватостью) каменноугольных отложений зоны активного выветривания и плотностями тектонических разрывных нарушений и гидрографической сети выразилась следующими уравнениями регрессии:

$$T = 46,8 + 246,5 \chi_T - 239 \chi_r - 365 \chi_T^2 - 118,4 \chi_T \cdot \chi_r + 1392,3 \chi_r^2 \quad (1)$$

$$\text{при } S_0 = 42,5 \text{ и } S_{\min} = 33,4;$$

$$T = 468 + 128,8 \chi_T + 56,3 \chi_T^2 - 395,7 \chi_r^3, \quad (2)$$

$$\text{при } S_0 = 42,5 \text{ и } S_{\min} = 37,8;$$

$$T = 76,4 - 500,4 X_r + 3750 X_r^2 - 5840 X_r^3 \quad (3)$$

при $S_{\theta} = 42,5$ и $S_{min} = 36,0$.

Наблюдаемый характер связи объясняется гидрогеологическими особенностями исследованной территории.

В.С.Резник

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЛИН ОДНОПОРЯДКОВЫХ РЕК ПРИ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

На участках новейших поднятий реки одного порядка обычно укорочены по сравнению с опускающимися участками (В.П.Философов 1960). В.Я.Гвин (1965) предложил строить карту изолиний ("изолонг") непосредственно по замерам длин однопорядковых рек для характеристики новейшей тектоники.

Измерение длин нескольких сотен рек разного порядка в районе Сухонского вала (Московская синеклиза) показало, что их распределения имеют логарифмически нормальный характер.

Для получения тренда использован прием "скользящего окна", в пределах которого оценивалось среднее отклонение по измеренным значениям на основе формулы Стьюдента. Полученные цифры относились к центру "окна", и затем по ним строилась карта в изолиниях). Построенная карта аномальных длин рек характеризует новейшие тектонические движения на обследованной территории, причем величина среднестатистического отклонения, очевидно, отражает интенсивность этих движений.

Коэффициент корреляции средних уклонов и длин рек второго порядка равен 0,798 (по 250 замерам). С повышением порядка рек данный показатель снижается.

В.Л.Чудинский МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО СРАВНЕНИЯ РОЗ-ДИАГРАММ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ПЛАТФОРМЕННОГО КОМПЛЕКСА

Обнажению или группе рядом лежащих обнажений (точке на

карте) по данным полевых замеров приписывается вектор P_i в R^n ($n=18$) - роза-диаграмма вертикальной тектонической трещиноватости (Пермяков, 1954); i - индекс точки на карте; компонента вектора $P_{ij} = 100 n_{ij} / N_i$, где n_{ij} - число замеров в j -ом интервале i -ой розы-диаграммы, а N_i - общее число замеров в точке i .

Составляются вектор P^c - сводная роза-диаграмма всей изучаемой территории и векторы P_i^c - сводная роза-диаграмма круговой окрестности i -ой точки.

Их компоненты $P_j^c = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^k n_{ij}}{\sum_{i=1}^k N_i}$ и $P_{ij}^c = 100 \frac{\sum_{i=1}^k n_{ij}}{\sum_{i=1}^k N_i}$, соответственно; k - общее число роз-диаграмм P_i^c на рассматриваемой территории, k' - число роз-диаграмм, попавших в окрестность i -ой точки.

Для каждой точки вычисляются и наносятся на карту величины

$$R_i = \sum_{j=1}^{18} \frac{(P_{ij} - P_j^c)^2}{P_j^c} \quad \text{и} \quad R_i' = \sum_{j=1}^{18} \frac{(P_{ij}^c - P_j^c)^2}{P_j^c},$$

которые можно рассматривать как расстояние или меру расхождения между диаграммами. Для облегчения интерпретации строятся изолинии величин R и R' . Интерпретация карт R и R' основывается на следующих схематических представлениях.

Региональный фактор определяет упорядоченную выдержанную ориентировку, единую во всем регионе, и отчетливо проявляется в P^c . Локальный наиболее ярко проявлен в P_i^c , отмеченных какими-либо локальными структурно-тектоническими особенностями. В P^c локальные особенности различных точек как бы нейтрализуют друг друга. Большое различие между P_i и P^c , которому отвечает большое значение R_i , свидетельствует о присутствии в точке i локальной структурной особенности или о том, что точка входит в зону осложнений общего структурного плана региона. Локальной особенностью в частном случае может быть и брахиантиклинальная складка.

Аналогичным образом интерпретируется и карта R' : участкам с простым и слабо меняющимся характером структурно-тектонического строения должно отвечать большее сходство P_i и P_i^c , т.е. меньшее значение R' .

Карты R и R' близки между собой. На карте R присутствуют все аномальные точки карты R' ; аномальных точек R' меньше, а общий характер поведения R' проще, менее дифференцирован.

При ряде упрощающих предположений может быть сделана грубая оценка надежности определения величины R , как случайной. При $N_i = 100$ величина R_i переходит в критерий согласия χ^2 ; вероятная ошибка Δ в определении R положительна и при $n = 18$ с высокой степенью вероятности не превышает значения 40. При $N_i < 100$ надежность определения R уменьшается, однако и в этом случае значение R , в несколько раз превышающее Δ , например, $R > 200$ можно рассматривать как действительно аномальное, свидетельствующее о присутствии некоторого тектонического осложнения.

В.Я.Воробьев

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Рассматривается методика совместного анализа на ЭВМ структурных и геоморфологических показателей для выяснения развития структур во времени, установления характера связи геологического строения и геоморфологии и решения на этой основе обратной задачи: прогнозирования геологического строения по комплексу геоморфологических показателей.

В качестве структурных показателей рассматриваются абсолютные отметки залегания разновозрастных структурных поверхностей, в качестве геоморфологических - 14 количественных геоморфологических характеристик рельефа и 26 качественных (плотность и плановый рисунок гидросети, скорость нарастания

порядков долин и водоразделов, асимметрия долин и т.д.) Использовались 20 качественных и 21 количественный показатель, полученные при дешифрировании аэрофотоматериалов. Весь фактический материал представляется в виде матрицы

$$\begin{pmatrix} k_1 & x_1 & y_1 & \xi_{11} & \dots & \xi_{1p} & \zeta_{1,p+1} & \dots & \zeta_{1k} & \zeta_{1,k+1} & \dots & \zeta_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ k_N & x_N & y_N & \xi_{N1} & \dots & \xi_{Np} & \zeta_{N,p+1} & \dots & \zeta_{Nk} & \zeta_{N,k+1} & \dots & \zeta_{Nm} \end{pmatrix},$$

где k_i - численное значение специализированного кода, x_i, y_i - условные координаты сиважи, ξ_i - структурные показатели, ζ_i - качественные (с $p+1$ по k) и количественные (с $k+1$ по m) геоморфологические показатели.

Выяснение развития структуры во времени проводится с помощью алгоритма, предусматривающего изучение современных и палеорегиональных наклонов, что дает возможность проследить изменение направленности развития структур во времени. Для выяснения времени формирования локальных поднятий анализируются отклонения отметок залегания разновозрастных структурных поверхностей от региональных составляющих, что дает возможность по отклонению угла наклона теоретической линии регрессии от 45° определять в чистом виде время и интенсивность локальных структуроформирующих движений. Предусматривается также возможность изучения морфологических особенностей поверхностей. Отношение разности абсолютных отметок на своде структуры и отметок, полученных на расстоянии радиуса R , к величине радиуса R в направлениях, различающихся на 30° , дает возможность судить об изменении во времени морфологии структурных поверхностей и проводить классификацию тектонических структурных форм по их морфологической выраженности.

Выделение информативных геоморфологических показателей производится по алгоритму, предусматривающему нахождение некоторого подмножества геоморфологических показателей, мера информации которого о рассматриваемом структурном показателе максимальна. На первом этапе из множества геоморфологических показателей выделяется информативная подсистема первого рода, для которых $r_j > r_j^0$,

$$P(H_0) = \int_{r_j^0}^{r_j} \frac{\Gamma[0,5(n_j-1)]}{\Gamma[0,5(n_j-2)]\sqrt{\pi}} (1-r^2)^{0,5(n_j-4)} dr,$$

где $P(H_0)$ - вероятность отвергнуть гипотезу H_0 о том, что j -ый геоморфологический показатель с рассматриваемым структурным показателем независим, когда она верна.

Для решения обратной задачи структурной геоморфологии рассматриваются уравнения связи структурных показателей с информативным комплексом геоморфологических показателей (линейные и нелинейные) и определяется ошибка прогнозирования. Уравнение, обладающее наименьшей ошибкой, удовлетворяющей поставленной задаче, используется для построения гипотетических структурных карт. Уравнения, полученные на различных эталонах, сравниваются между собой для классификации исследуемой территории по степени пригодности того или иного уравнения для прогнозирования в пространстве положения структурных поверхностей. Проведенный анализ показал, что наиболее четко в геоморфологических показателях отражаются структуры, претерпевшие импульс структуроформирующих движений в новейший этап тектогенеза. Типично погребенные структуры и структуры с несоответствием структурных планов в геоморфологических показателях отражения не находят.

А.А. Кузнецов

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕКТОНО- МАГМАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Метод построения геологических моделей заключается в разбиении явлений и объектов на классы по структурно-вещественной сложности и пространственно-временному масштабу. Формализация осуществляется приложением понятий топологии. Топологическая размерность - инвариант, не меняющийся при непрерывных преобразованиях, которым можно подвергать любые объекты и "фигуры", включая геологические элементы и тела.

Моделирование производится применительно к различным уровням организации вещества, охватывающим важные моменты тектономагматической эволюции: серии магматических формаций - горные породы - минералы - молекулы.

Геоструктурно-магматическая модель описывает соотношение, классификацию тектонических структур первого порядка и типов магмы, производные которой пользуются максимальным распространением в пределах той или иной геоструктуры. Выделяются четыре главных типа топологически трех-, дву-, -одно- и нульмерных качественно отличных структур земной коры. Для каждой структуры первого порядка типоморфны производные соответственно кислой, основной, ультраосновной и щелочной магмы.

-Геолого-топологическая модель описывает пространственное соотношение состава и морфологии тел изверженных горных пород и структурных элементов. Морфология типичных образований закономерно изменяется для каждого типа магмы: объемно-батолитовый гранитоидов (3) - покровно-площадной базальтов и андезитов (2) - линейно-цепочечный, поясовый массивов "альпийских гипербазитов (1) - точечно-центральный интрузий (0) (в скобках указана размерность). Каждому из этих классов тел горных пород изоморфен свой класс структурных элементов (А.А.Кузнецов, 1969). Последние в свою очередь являются характерной составной частью той или иной геоструктуры первого порядка.

Топологическая структурная модель расплавов описывает соотношение состава кристаллизующихся минералов и структуры кремнекислородных анионных радикалов. Выделяются нуль-, одно-, дву- и трехмерные фигуры кремнекислородных радикалов как основа минералов: оливин, гранат - пироксен, амфибол - слоистый силикат (слюда и др.) - кварц, полевой шпат, фельдшпатоид. С топологической точки зрения в расплавах возможно существование только четырех качественно различных классов анионных радикалов.

Петрологическая модель описывает четыре самостоятельные ветви расплавов и связанных с ними растворов собственно магматической, поздне- и постмагматической стадий: галоидно-углекислая (щелочная магма и карбонатиты), "углеводородная" (ультраосновная магма), гидроксил-водная (основная магма) и кислородная (кислая, гранитная, магма). Специфика подобного спектра типоморфных летучих компонентов, помимо химизма,

обусловлена топологическими особенностями молекул газов, иначе-степенью соответствия размерности их молекул и размерности кремнекислородных радикалов.

Главным следствием, вытекающим из "перекрестного" геометрического моделирования, является вывод о существовании четырех самостоятельных типов первичной магмы, образующейся на независимых глубинных уровнях магмогенерации. Структурно-вещественная сложность типов магмы закономерно возрастает в направлении: щелочная - ультраосновная - основная - кислая, а для геоструктур наблюдается последовательность: области активизации - рифтогенали - платформы - геосинклинали.

В.Б.Соколова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ
С АЭРОФОТОСНИМКОВ, ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТАХ
В "ЗАКРЫТЫХ" РАЙОНАХ

Статистическая обработка роз-диаграмм линейных элементов, частот их встречаемости, количества на единицу площади и др. позволили выявить тектонические особенности дочетвертичных отложений, рельеф их кровли, прогнозировать водообильность.

И. Динен

ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ СОПОСТАВЛЕНИЯ РАЗРЕЗОВ И
НЕСКОЛЬКО АЛГОРИТМОВ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Различные варианты задачи сопоставления разрезов могут быть сформулированы одинаковым образом.

Пусть T - модель геологического тела, которая рассматривается в трехмерном евклидовом пространстве, $\{T_i\}$ - его разбиение, $f_j(t)$ - функции, описывающие его свойства в каждой точке t с координатами (x, y, z) , $t \in T$. Пусть T^1 и T^2 - подмножества множества T . отображение Π , $\{T_{\alpha}^1\} \xrightarrow{\Pi} \{T_{\beta}^2\}$, называется параллельным отображением множества T^1 , если в случае фиксированных T^1 и T^2 каждому подмножеству $T_{\alpha}^1 \subset T_i$ соответствуют подмножества T_{β}^2 типа $T_{\beta}^2 \subset T_i$.

Задача сопоставления разрезов заключается в нахождении такого отображения Π , чтобы погрешность корреляции была минимальной. На основе общей формулировки задачи разработан ряд алгоритмов и их варианты.

Интегрирующий алгоритм базируется на предположении, что если существует связь между составом и мощностью осадочных пород, отложившихся в бассейне седиментации, то имеют место следующие соотношения

$$z(x, y, p) = \int_0^p r[g(x, y, \tau)] d\tau + u(x, y) \quad (1),$$

$$f(x, y, z) = g(x, y, p) \quad (2),$$

$$r[g(x_2, y_2, p)] = I[f(x_1, y_1, z)] \quad (3),$$

$$g(x_2, y_2, p) = J[f(x_1, y_1, z)] \quad (4).$$

Основой алгоритмов "Маркер" и "ВУ" служит предположение, что множества значений функций $f_j(t)$ создают частично упорядоченное разбиение геологического тела.

Алгоритм "ЕО" базируется на одном формализованном варианте такого предположения, заключающемся в том, что свойства осадочных отложений и скорости осадконакопления, происходившего одновременно в двух близких точках бассейна, различаются в среднем незначительно:

$$\int_0^t v(x, y, \tau) d\tau + u(x, y) = z(x, y, t) \quad (5),$$

$$|v(x_1, y_1, \tau) - v(x_2, y_2, \tau)| < \delta \quad (6),$$

$$0 < v_{\min} \leq v(x, y, \tau) \leq v_{\max} < \infty \quad (7),$$

$$|g(x_1, y_1, \tau) - g(x_2, y_2, \tau)| < \varepsilon \quad (8)$$

и заранее известен верхний предел скорости изменения свойств:

$$\left| \frac{dg(x, y, \tau)}{d\tau} \right| \leq K \quad (9).$$

Алгоритмы применялись для сопоставления разрезов плиоценового и миоценового возраста, представленных глинистыми, песчаными и известковыми отложениями.

С.И.Романовский

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНХРОНИЗАЦИИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ

Сделана попытка сформулировать задачу синхронизации стратиграфических единиц, исходя из конкретных предпосылок о механизме слоенакопления.

Назовем части разрезов A и B , т.е. $X_k^{(A)} \subset X^{(A)}$ и $X_k^{(B)} \subset X^{(B)}$, синхронными, если $M(t)_{X_k^{(A)}} = M(t)_{X_k^{(B)}}$. Пусть процесс слоенакопления осуществляется с единичной скоростью

по известной схеме А.Н.Колмогорова (1949). За отрезок времени $[t_i, s_i]$ образуется "слой" мощностью ξ_i , затем в течение времени $[s_i, t_{i+1}]$ ξ_i сокращается на величину ρ_i . $[t_i, t_{i+1}]$ - элементарный период слоеобразования. Последовательности случайных величин $\{\xi_n\}$ и $\{\rho_n\}$ имеют экспоненциальные функции распределения с параметрами λ и μ соответственно, причем $\mu > \lambda$. Назовем шагом процесса случайную величину $h_n = \xi_n - \rho_n$. Требуется определить число шагов, за которое траектория процесса выйдет на уровень $N = \sum_{i=1}^m h_i$. Иначе говоря, необходимо установить меру, оценивающую продолжительность (в смысле условного времени) формирования произвольной выборочной совокупности слоев.

Из постановки задачи ясно, что ищется такое m , при котором выполняется равенство $\sum_{i=1}^m \xi_i - \sum_{i=1}^m \rho_i = N$. Дополнительно предполагаем, что случайные величины ξ_i и ρ_i взаимно независимы. Тогда совместная плотность величин

$t_m = \sum_{i=1}^m (\xi_i + \rho_i)$ и $h_m = \sum_{i=1}^m (\xi_i - \rho_i)$ запишется в виде:

$$P(t_m, h_m) = \frac{\lambda^m \mu^m}{2^{m-1} [(m-1)!]^2} (t_m - h_m)^2 \exp \left\{ -\frac{1}{2} [(\lambda + \mu)t_m + (\lambda - \mu)h_m] \right\} (1).$$

На основе принципа максимального правдоподобия заключаем, что искомое количество шагов m определится из условия

максимума (по m) $\int_0^{\infty} P(t_m, N) dt_m$ (2).

Таким образом, поставленная задача в принципе решена. Формула (2) доставляет нам "среднее время" выхода траектории процесса на фиксированный уровень, поскольку в предположении о единичной скорости слоенакопления в схеме А.Н.Колмогорова такие понятия как "число шагов процесса" и "время выхода процесса на определенный уровень за какое-то число шагов" совпадают.

Формула (2) неудобна в вычислительном отношении. Поэтому приведем решение той же задачи в смысле математического ожидания времени выхода траектории процесса слоенакопления

на фиксированный уровень N . Оценку для m будем находить в виде $Mh_m = N$. Учитывая, что величины ξ_n и ϱ_n распределены по показательному закону с параметрами λ и μ соответственно, то:

$$Mh_k = \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu} \quad \text{или} \quad m = \frac{N}{\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\mu}} \quad (3)$$

Так как $\mu > \lambda$, то $m \geq N$. Результат вполне естественный, если учесть, что в дискретном варианте модели А.Н. Колмогорова m - это промежуточные мощности слоев, сумма которых может оказаться равной N только в случае, когда вероятность сохранения в разрезе слоя конечной мощности (P) в точности равняется единице. В общем случае $m = f(P, N)$. Ранее было отмечено (Романовский, 1968), что вероятность сохранения слоя может быть представлена в виде $P = \frac{N}{N+K}$, где K - число слоев, "размытых" в процессе слоенакопления за фиксированный временной интервал. С учетом того, что $m = N+K$, формула (3) приобретает вид

$$m = \frac{N}{P} \quad (4)$$

Можно показать, что независимо от того, задается ли распределение случайных величин ξ_n (ординат накопления) и ϱ_n (ординат размыва), либо единственное распределение величин h_n , т.е. распределение $g(x)$ промежуточных мощностей слоев, оценка условной продолжительности накопления пачки из N слоев (в смысле математического ожидания) определяется из соотношения (4). Конкретные результаты при фиксированном N будут зависеть от вида функции $g(x)$. Если снять предположение о единичной скорости слоенакопления, то формула (4) приобретет вид:

$$m = t = \frac{N}{p\bar{v}} \quad (5)$$

Для апробации предложенной методики были выбраны разрезы туронского карбонатного флиша керкетской свиты Северо-Западного Кавказа, детально изученные В.А. Гроссгеймом (1962). В каждом из 13 разрезов была выделена коннекцией (сопоставление "слой в слой") пятиметровая синхронная пачка слоев

(подэлементов ритма). В нашу задачу входил контроль синхронности, установленной традиционным геологическим методом, расчетами по формуле (4). Эмпирические распределения мощностей слоев в данном случае уверенно аппроксимируются экспоненциальной плотностью. Подчеркнем одно важное обстоятельство, которое необходимо учитывать при конкретных расчетах m . Из исходных предпосылок модели А.Н. Колмогорова следует, что вероятность сохранения слоя не зависит в явном виде от средней мощности слоя (\bar{x}) в пределах фиксированной выборки. Такой характер зависимости между \bar{x} и ρ дает возможность не рассматривать $N = \mathcal{P}(\bar{x})$.

Расчеты показали, что условное время образования пятиметровой флишевой пачки практически постоянно для всех разрезов ($[m] = 7$). Кроме того, оно не зависит от принадлежности того или иного разреза к конкретной фации флиша (грубый флиш, флиш и субфлиш). Такой результат вполне естественен, если опираться на концепцию мутьевых потоков флишеобразования.

В.Л. Лось

ВОЗМОЖНЫЙ МЕТОД СОПОСТАВЛЕНИЯ И УВЯЗКИ РАЗРЕЗОВ

Предлагается метод сопоставления сложных (обладающих внутренней структурой) объектов, модели которых можно представить в виде линейно упорядоченных множеств A' и A'' , разделенных на непересекающиеся подмножества $B'_i \subset A'$ и $B''_j \subset A''$. Подмножества выделяются по принятым правилам на основании некоторой системы свойств \mathcal{U} , определенной на A' и A'' , и порядкового положения элементов в этих множествах.

A' и A'' можно рассматривать как пространство выборок, состоящее из $m(A')$ и $m(A'')$ элементов, а $B'_i \subset A'$ и $B''_j \subset A''$ как события с вероятностью появления

$$P(B'_i) = \frac{m(B'_i)}{m(A')} \quad \text{и} \quad P(B''_j) = \frac{m(B''_j)}{m(A'')}$$

Сравниваемые B_i' и B_j'' должны принадлежать одному классу эквивалентности — не должны отличаться друг от друга в системе U . Могут вводиться правила, запрещающие пересечения сравниваемых подмножеств.

Для объектов, которые можно рассматривать как трансформирующиеся друг в друга, допустимо предположить, что наиболее вероятным сопоставлением (увязкой) будет такое, при котором максимально сохраняется сходство A' и A'' , и чем более сходны вероятности появления сопоставляемых подмножеств (событий), тем более сходны сравниваемые множества.

В качестве меры расхождения возьмем величину

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{\ell} \{P(B_i') - P(B_i'')\}^2 / P(B_i'),$$

где $P(B_i) = \frac{1}{2}(P(B_i') + P(B_i''))$, а ℓ — число сопоставляемых подмножеств. Если какое-либо B_i' из A' не имеет аналога в A'' или, наоборот, вероятность его появления принимается равной 0 (практически это отвечает выклиниванию). Величина ε приближенно распределена по закону χ^2 с $\ell-1$ степенями свободы и поэтому в условиях H_0 -гипотезы можно определить вероятность того, что за счет случайных причин расхождение между A' и A'' будет не меньше, чем наблюдаемое. При $P[\varepsilon(A', A'')] > \chi_0^2$, $\chi_0^2 < 0,05$, считаем, что A' и A'' отличны друг от друга. В противном случае отличие можно считать несущественным и отнести его за счет случайных причин. Величина P будет служить мерой сходства между A' и A'' . При нескольких вариантах сопоставления A' и A'' выбирается вариант с максимальной P . Метод был использован при увязке литологических разрезов по Ревлюшинской антиклинальной структуре (Рудный Алтай) и рудных тел на полиметаллическом месторождении Шалия (Каратау).

А.М.Шурыгин, А.П.Биряков

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ КОРРЕЛЯЦИИ "НЕМЫХ" РАЗРЕЗОВ
РИТМИЧНЫХ ТОЛЩ (на примере среднеюрских отложений
Южного Дагестана и Азербайджана)

А.М.Шурыгин предложил методику корреляции ритмичных толщ, основанную на применении статистических методов. Разрез
50

ритмичных толщ разбивается на интервады равной мощности или содержащие одинаковое количество ритмов. Для каждого интервала считаются статистические характеристики, отражающие характер ритмичности, совокупность которых представляет собой функции, меняющиеся по разрезу, подобно карротажным диаграммам. Методика применена для сопоставления разрезов "немых" ритмичных юрских толщ Азербайджана с фаунистически охарактеризованным разрезом Дагестана (Самурский хребет). Наиболее удобными для целей корреляции оказались следующие статистические характеристики: средняя мощность I э.р. (элемента ритма), средняя мощность II + III э.р., максимальная мощность I э.р. и прирост мощностей песчаников в каждом последующем интервале по сравнению с предыдущим, при интервале разбиения с одинаковым количеством ритмов. Сравнение кривых приводит к индексации разрезов юры Азербайджана, в общих чертах совпадающей с общепринятой; однако в объем нижнесидеритовой свиты следует включить верхи нижнего аалена, а в объем хиналутской - верхи верхнего аалена.

Ю.Л.Верба

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ПО ПРОСТИРАНИЮ

Определим "степень изменчивости" как величину изменения некоторого признака на единице расстояния.

Изменчивость признака в неупорядоченной генеральной совокупности обычно оценивается дисперсией. Пространственная изменчивость признака в линейно упорядоченной совокупности может быть описана также неслучайной функцией $x=f(L)$.

Функция $x=f(L)$ может характеризовать изменчивость признака по простиранию. Например, для Туаркира (Запад Средней Азии) выклинивание слоев континентальной толщи нижнего мела в северо-западном направлении удовлетворительно описывается функцией $V = V_0 \sqrt{L}$,

где λ_0 - параметр, характеризующий выклинивание на единице расстояния.

Если вследствие сложности эмпирической зависимости найти простое аналитическое выражение невозможно, допустимо описывать изменение признака в пространстве с помощью ряда Фурье и характеризовать изменчивость в некотором направлении спектром дисперсии (А.М.Марголин, 1968).

Исследуя изменчивость по многим параллельным рядам наблюдений, возможно перейти к семейству аналитических функций, образующих случайную функцию $X=f(L)$. Вычисленная по ней любая из функций: корреляционная $K_X(L)$, структурная $S_X(L)$ или спектральной плотности дисперсии $S_X(L)$ - является исчерпывающей характеристикой латеральной изменчивости признака. Сравнительной оценкой последней будет служить величина изменения любой из этих функций на единице расстояния.

Если каждая точка пространства определяется значением не одного, а нескольких признаков, их латеральная изменчивость по многим рядам наблюдений вдоль выбранного направления выразится в виде многомерной случайной функции, а оценкой ее будут многомерные аналоги функций $K_X(L)$, $S_X(L)$ или $S_X(L)$, отнесенные к единице расстояния.

При одновременном изучении многих объектов, например, слоев песчаника, глины и известняка, многомерные случайные функции которых, вообще говоря, будут различными, обобщающей усредненной характеристикой изменчивости для толщи в целом будет любая из отмеченных многомерных функций "второго порядка", а оценкой изменчивости - ее изменение на единице расстояния. Функция второго порядка, например корреляционная, получается, если рассматривать корреляционные функции, характеризующие каждый объект в отдельности, как единичные реализации более общей случайной функции, определяющей изменчивость толщи в целом.

Вычислена одномерная (\mathcal{L} - мощность слоев) корреляционная функция второго порядка (количество типов пород - 4), позволяющая дать общую оценку изменчивости вышеназванной континентальной толщи в СВ направлении, которая для $\angle = 0, 1$ км

В.С.Зильберг

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОЩНОСТЕЙ
КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ДОНБАССА

Каменноугольные отложения северо-западной части Донбасса расчленены на 15 свит (C_1^{1-5} , C_2^{1-2} , C_3^{1-3}), представленных переслаиванием песчаников, известняков, глинистого и песчаного сланцев и каменного угля.

По методике М.В.Раца (1968) исследована изменчивость мощности пластов внутри вышеназванных свит по простиранию. На основании сопоставления результатов, полученных по всем свитам, дана оценка изменчивости мощностей в плане.

Результаты расчетов, выполненных на ЭВМ "Минск-2", показали, что коэффициенты вариации средней мощности обратно пропорциональны корню квадратному из средней мощности, т.е. аппроксимируются "правилом \sqrt{n} ".

М.Е.Каплан, Е.Г.Юдовный, Л.Д.Кноринг

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЕ
ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ХАТАНГСКОГО ПРОГИБА, МЕТОДОМ
ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Факторы, контролирующие формирование морских терригенных верхнеюрских и нижнемеловых отложений, вскрывающихся в опорных для Сибири разрезах Хатангского прогиба по р.Боярке и на п-ве Пахса, изучались методами факторного анализа (главных компонент). В качестве исходных показателей использовались структурные, минералогические и геохимические характеристики (медианный размер зерен, сортировка, пористость, иммерсионные

данные по составу тяжелой и легкой фракций, рентгенографические данные по глинистым минералам, результаты анализа поглощенного комплекса пород, содержания в них органического углерода, хлороформенных битумоидов, форм железа и серы, малых элементов) отложений.

Для отложений прибрежной зоны восстановлены факторы, ответственные за 82% изменений исследуемых показателей. Первый фактор (вес - около 46%) оказал влияние на все группы рассматриваемых признаков (гранулометрический состав, обломочные, глинистые, аутигенные минералы, поглощенный комплекс, органическое вещество) и отражает влияние главных источников сноса - кристаллических пород Анабарского массива и обрамляющих его осадочных и трапových образований и фациальных условий осадконакопления (чередования прибрежных и более глубоководных обстановок). Второй фактор (вес - около 11%) оказывает влияние на минеральный состав отложений. При этом выделяются две ассоциации - наиболее тяжелых и наиболее легких минералов. Фактор отражает изменение гидродинамической обстановки седиментации, обуславливающее дифференциацию минералов по удельному весу. Остальные пять факторов (вес 7, 7-2, 9%) оказывают влияние только на состав обломочных и глинистых минералов. Они отражают роль отдельных петрографических комплексов в пределах источников сноса в формировании минерального состава отложений.

Для отложений глубоководной зоны восстановлено 7 факторов, обуславливающих изменение исследуемых показателей: влияние диагенетических преобразований (вес 12%), влияние продуктов разрушения пород в пределах южного и северного источников сноса (вес 10,9 и 7,8%), влияние гипергенных процессов (6,8%), северного дополнительного источника сноса (6,5%), катагенетических преобразований (5,7%) и палеосолености (5,3%). Таким образом, для отложений прибрежной зоны на первый план выдвигаются факторы, отражающие физические аспекты седиментации (влияние состава исходных пород), в то время как для глубоководных отложений существенную роль играют химические преобразования, связанные с фациальной обстановкой седиментации

и диагенезом. Для отложений прибрежной зоны характерно наличие мощного ведущего фактора с высоким весом. Для отложений глубоководной зоны характерны низкие, мало отличающиеся между собой, веса главных компонент. Такая картина обусловлена различиями в характере седиментации — ее контрастностью в прибрежной, и относительной стабильностью в глубоководной зонах. В первом случае восстановление факторов, контролирующих формирование отложений, производится с большей полнотой и надежностью.

Б.И.Смирнов

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАДОЧНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ

Использован один из разделов факторного анализа — метод главных компонент. В качестве объекта исследования выбрано бурогольное месторождение сарматского возраста, формирование которого происходило в прибрежно-морской среде на фоне затухающей вулканической деятельности в областях сноса. Месторождение обогащено германием и другими металлами.

Вычислительные процедуры выполнены на ЭВМ "Мир-1". Первые 3 компоненты описывают 64% общей изменчивости системы, включающей 15 химических элементов, а также показатель зольности угля. Действие 6 факторов обеспечивает учет более 80% суммарной дисперсии.

Анализ компонентных весов в сочетании с исследованием формы нахождения элементов в углях (Смирнов Б.И., 1969) позволяет интерпретировать выявленные факторы (I—VI) следующим образом:

I. Общий фактор (все веса компонент положительны) — усиленная циркуляция вод, питающих углеобразующий бассейн и несущих в торфяник элементы как в форме взвесей (Ti, Zr, Fe, Mn, V), так и в растворенном виде.

II. Насыщенность питающих вод растворами металлов, активно реагирующих с углефицирующимся растительным материалом

(Be, Mo, Ba, Y, Yb).

Ш. Накопление металлов при жизни растений. Наиболее высокие нагрузки характерны для трех элементов - *Ni, Cr, Cu*, что объясняется биофильными свойствами последних (Малюга Д.П., 1963). Значительные отрицательные нагрузки для *Sr, Mn* и особенно для *Be* указывают на сернокислотную среду в областях сноса, что облегчало перевод в подвижную форму *Ni, Cu, Cr* и вместе с тем затрудняло усвоение растениями *Ba, Sr, Mn*.

IV. Разубоживание гидротермальных растворов, насыщенных *Be* и *Mo*, поверхностными водами.

У и VI. Перераспределение некоторых элементов (*Cu, Sr*) в толще углефицирующегося материала, образование аутигенных минералов (карбонаты, пирит и др.)

А.И.Айнемер, В.Б.Ляцкий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАЦИОНАРНОСТИ РАЗВИТИЯ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ ПО КАРТОГРАФИЧЕСКИМ ДАННЫМ МЕТОДОМ ВЫДЕЛЕНИЯ ОДНО- РОДНЫХ СОВОКУПНОСТЕЙ

Шельфовые зоны являются морфологическим выражением особого типа блоков земной коры, расположенных на периферии континентов и находящихся под непосредственным геодинамическим влиянием геологических структур дна прилегающих океанов. Предлагается именовать такие геоблоки теофидными (по имени Теофиды - жены титана Океана).

Принято допущение, что стационарные интервалы (этапы) развития зоны отражаются в однородном статистическом распределении площадей, охарактеризованных некоторым набором свойств (палеогеографические и палеотектонические характеристики). Таким образом, задача сводится к определению рубежей нарушения однородности их распределения во времени.

Решение задачи показано на примере субазральной части Баренцевоморской зоны (Тимано-Печорской провинции). Исходным материалом послужил Атлас литолого-палеогеографических и тек-

тонических карт Русской платформы. Учитывалось 17 параметров (знаков легенды), отражающих как стабильные, так и нестабильные (например, чередования на одной площади бассейнов различной солености и т.п.) состояния системы осадконакопления. В качестве меры интенсивности свойств принимались размеры площади, соответствующие выбранным знакам легенды. Измерение площадей производилось планиметром (эта часть работы выполнена О.П.Апольским, которому авторы приносят свою благодарность). Для нахождения временных границ использован метод выделения однородных совокупностей (Д.А.Родионов, 1965). Вычисление выполнено на ЭВМ БЭСМ-4 по программе И.Н.Голышко.

Для фанерозоя в пределах Тимано-Печорской провинции устанавливается 12 границ нарушений однородности, в большинстве случаев отвечающих наиболее значительным структурно-тектоническим перестройкам региона. Предполагается, что выявленные основные этапы геологического развития допустимо распространить на всю Баренцевоморскую шельфовую зону.

Е.Ф.Попович

УСЛОВИЯ СЕДИМЕНТАЦИИ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ МЕЗОЗОЯ
ЮГА КАЛМЫЦКОЙ АССР И АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ
(ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИИ)

Информативная ценность параметров, получаемых при статистической обработке сокращенного числа весовых фракций, подлежащих геологической интерпретации, недостаточна в случае преобладания во фракции тонкозернистых компонентов. Искажение истинных значений параметров, снимаемых с кумулятивной кривой, объясняется неравномерностью фракционных интервалов. Линейный или параболический методы интерполяции принципиально не исправляют положения.

Применение теории информации, в частности понятия об относительной энтропии, позволяет избежать недостатков стандартного шестифракционного анализа и обосновать граничные пределы фракций, отражающих физические законы седиментации,

а также градации отсортированности осадков (*Petto* 1954; Романовский, 1968).

На основании расчета информационных индексов (характеристик относительной энтропии) для отложений промышленно-нефтегазоносных горизонтов юрского и нижнемелового возраста юга Калмыцкой АССР и Астраханской области (восточный склон мегавала Карпинского), произведенного на ЭВМ М-20, и анализа распределения гранулометрических параметров устанавливается:

1. Для юрской и нижнемеловой продуктивных толщ характерна широкая градация энергетических уровней седиментации.

2. Значительная изменчивость основных гранулометрических показателей свидетельствует о значительной дифференциации среднеюрско-раннемелового палеорельефа и несет информацию в палеотектоническом плане, отражая конседиментационный характер развития структур.

3. Для продуктивных толщ нередко характерны относительно низкие значения коэффициентов сортированности, что связывается с переотложением песчано-алевритовых компонентов пород.

4. Информационный коэффициент сортированности обладает большей избирательностью и информативностью по сравнению с квантильным. Верхний предел значений информационного коэффициента обычно указывает на примесь крупнопесчанистого и мелкогравийного материала.

В.С.Дданов, М.А.Бобырева

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МОРФОМЕТРИИ ОБЛОМКОВ
В ОТЛОЖЕНИЯХ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ЗАПАДНОГО
ПРИОХОТЬЯ

Работа посвящена изучению соответствия эмпирического распределения морфометрических характеристик галек и валунов нормальному закону распределения и установлению представительного объема выборки.

Произведены замеры 7000 обломков галечников и слабо сцементированных конгломератов Иссык-Кульской котловины и Западного Приохотья. В каждом месте отбора проб изучались совокупности галек по 100-300 штук. Измерялась длина (а), ширина (в) и толщина (с) каждого обломка. Были вычислены коэффициенты Цинга (*Zingg*, 1935) v/a и c/v , являющиеся наиболее показательной мерой формы обломков, а также асимметрия, эксцесс и другие параметры распределения морфометрических характеристик для каждой выборки по 25, 50, 75, ..., 300 обломков. Количество замеров галек и валунов, необходимое для получения оценок параметров распределения с заданной точностью, определялось по уравнению

$$N = \left(\frac{\alpha \sqrt{\lambda}}{100 \lambda} \right)^2,$$

где α - аргумент функции нормального распределения вероятностей; λ - заданный уровень ошибки среднего арифметического в абсолютных значениях \bar{x} .

Обработка данных производилась на ЭВМ "Минск-22".

Исследование параметров распределения и характера изменения их в зависимости от объема выборки показало, что распределение формы обломков в галечниках и слабо сцементированных конгломератах нормальному закону не подчиняется.

Н. И. Кирко

ОЦЕНКА МАССОПЕРЕНОСА ГЛИНИСТЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИИ В БЕСПРИЛИВНЫХ МОРЯХ

Рассматриваются вопросы физико-математического моделирования условий формирования месторождений россыпных полезных ископаемых в прибрежных участках бесприливного моря.

Исследовано четыре типа глин: диатомит, гумбрин, аскангель и латвийская синяя глина. Устанавливается, что количество уносимой ламинарным потоком массы глинистых пород является линейной функцией скорости потока, пропорционально времени действия потока и (вследствие аддитивности процесса)

пропорционально омываемой поверхности образца. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы при анализе процессов осадконакопления, контролируемых придонными течениями, и создании математических моделей седиментации.

Г.Н.Кузнецов

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ ВОЛГО-УРАЛА

Массив исходной информации состоит из описания 746 залежей нефти, каждая из которых охарактеризована 16 признаками (6 качественных и 10 количественных). Проанализировано свыше 150 выборок, отображающих различные сочетания геологических факторов (тектоническая привязка, стратиграфическая приуроченность, литология коллектора и глубина залежи). Количественная оценка влияния геологических факторов на свойства нефти получена с помощью модели двухфакторного дисперсионного анализа. Применение регрессионного анализа позволило установить зависимость между глубиной залежи и свойствами нефти и проанализировать связи между признаками, характеризующими некоторые свойства нефтей. Построены поверхности тренда, иллюстрирующие зависимость одного признака от двух других. Операции, связанные с сортировкой исходной информации, и вычислительные процедуры осуществлялись автоматически с помощью АСОД-ВНИГНИ на ЭВМ БЭСМ-4.

И.С.Барсков

ИЗУЧЕНИЕ ЧАСТОТНО-РАЗМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАКОВИН В СОВРЕМЕННЫХ И ФОССИЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЯХ МОЛЛЮСКОВ

Проведено изучение частотно-размерного распределения раковин азовских мидий и сердцевидок на 10 станциях в окрестностях п-ова Казантип с целью сопоставления распределений в

живых ассоциациях (биоценозе), в ассоциациях мертвых и захороненных моллюсков (тафоценозе) и в береговых выбросах (некроценозе). С площади 0,5–2,0 кв.м собирались все раковины. Всего измерено около 10000 экземпляров, которые распределились по 6 (для мидий) и 8 (для сердцевидки) размерным классам. Подсчитывалось процентное количество раковин каждого класса и их плотность.

Распределение живых и субфоссильных раковин сердцевидки близко к нормальному с максимумом в средних классах. Это свидетельствует о стабильном состоянии популяции в исследованных биотопах. Отсутствие существенных изменений частотно-размерного распределения при захоронении вероятно связано с инфаунным образом жизни этих моллюсков. Отклонения от такого распределения в ископаемых ассоциациях моллюсков, ведущих сходный образ жизни, могут свидетельствовать о нестабильном состоянии популяции при жизни, либо о существенном перемыве осадка перед окончательным захоронением.

Мидии в биоценозе имеют два типа распределения. В одних биотопах наблюдается максимум в первых размерных классах (сеголетки), в других – распределение близко к нормальному с максимумом в средних классах (2–3-летки). Очевидно, в последнем случае личинки не оседают, и популяции при неизменных условиях обречены на вымирание. В тафоценозах во всех случаях наблюдалось двувершинное распределение, причем больший пик приходится на средние классы, а меньший – на самые высокие. Особи моложе I года в захоронение почти не попадают. Примечательно, что захоронения состоят на 70% из раковин средних классов (они преобладают, хотя и имеют минимальную смертность) и раковин самых старых (имеющих высокую смертность и лучшую сохраняемость). Промежуточные звенья между этими классами представлены слабо. Это явление не может быть объяснено сортировкой, так как в некроценозах характер распределения сохраняется и, по-видимому, связано с эпифаунным образом жизни мидий.

И.И.Абрамович, Л.Н.Дуденко

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ТИПИЗАЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОРНЫХ
ПОРОД НА ПЕТРОХИМИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Практика детальных петрологических исследований и естественное стремление петрографов получить эффективное средство описания наблюдаемого разнообразия вулканических образований, позволяющее учитывать формационные, региональные и возрастные вариации химизма пород, стимулируют совершенствование систематики изверженных горных пород на петрохимической основе. Можно выделить несколько подходов к решению задачи:

1. Выделение типов вулканических пород, тождественных по химизму известным плутоническим разновидностям. Принципиальная возможность построения такой классификации была обоснована А.Б.Вистелиусом, однако по ряду причин практическая реализация ее осталась неосуществленной.

2. Типизация вулканических пород с учетом соответствия их нормативного состава модальному составу полнокристаллических аналогов. Этот подход, пользующийся наибольшей популярностью у петрографов, нашел удачное выражение в работах и П.Ниггли, А.Н.Заварицкого и ряда американских исследователей. Попытки усовершенствования подобных классификаций (Штейнберг, 1969; Ирвин, Барагар, 1971 и др.) имели целью более точно отразить петрогенетическую роль отдельных компонентов химического состава пород.

3. Типизация излившихся пород вне зависимости от состава глубинных образований (Ф.Ю.Левинсон-Лессинг, Л.Х.Аренс, Ф.Чейз, А.Ф.Белуосов и др.) — поиск "естественных" "хемостатистических" границ в эмпирических кривых распределения отдельных петрогенных элементов. Многомерный вариант этой задачи с выделением однородных, в понимании Д.А.Родионова, совокупностей рассматривался В.Н.Бондаренко. В целом опыт

выявления "естественных" границ в вулканических сериях нельзя признать вполне успешным, поскольку обнаруженные таким путем закономерности обычно имели локальное значение и потому не могли быть положены в основу генеральной типизации вулкани- тов.

В основе предлагаемого подхода лежит представление о том, что совокупность петрохимических разновидностей вулкани- ческих пород должна оптимизировать описание и диагностику классов вулканических серий, выделяемых с учетом формацион- ной, региональной и возрастной принадлежности. Это может быть достигнуто путем перебора комбинаций вариантов дискрети- зации всех интервалов непрерывного изменения учитываемых при- знаков. Наилучшей комбинацией может быть признана та, которая при заданном числе интервалов обеспечивает минимум ошибок при диагностике, или иначе, максимальную информативность совокуп- ности дискретных признаков.

Формальная постановка задачи.

Имеется вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ независимых перемен- ных, принимающих непрерывный ряд значений и выборки Z_1, Z_2, \dots, Z_n значений этих переменных для n диагностируемых классов (вулканических серий). Необходимо осуществить разбие- ние области значений каждой переменной x_j на конечное чис- ло интервалов k_j таким образом, чтобы максимизировать общую информативность I набора переменных. В качестве меры инфор- мативности переменных можно использовать известные в настоя- щее время показатели, например, количество информации по Кульбаку.

Пусть заданы правые границы интервалов группирования

$c_1, c_2, \dots, c_{k_j-1}$ переменной x_j . Информативность этой переменной J_j есть функция от этих границ: $J_j = J_j(c_1, \dots, c_{k_j-1})$.

Необходимо для всех j найти такие границы

$c_1^0, c_2^0, \dots, c_{k_j-1}^0$, чтобы

$$J_j^0 = J_j^0(c_1^0, c_2^0, \dots, c_{k_j-1}^0) = \max J_j(c_1, c_2, \dots, c_{k_j-1}).$$

Набор $\{c_{e_j}^0\}$, $e = \overline{1, k_j - 1}$; $j = \overline{1, n}$ и будет являться решением задачи, поскольку в силу независимости переменных их суммарная информативность $J = \sum_j J_j$. Метод нахождения такого оптимального набора $\{c_{e_j}^0\}$ описан в статье Л.Н.Дуденко, помещенной в данном сборнике.

Существенное для данной модели предположение о независимости переменных находится в противоречии с хорошо известной сильной коррелированностью компонентов химического состава пород. Поэтому, поиску оптимальной дискретизации должна предшествовать процедура преобразования исходных переменных с нахождением их независимых линейных комбинаций — главных компонент. В данной конкретной ситуации эта процедура сводится к вычислению:

1) средневзвешенной матрицы ковариаций диагностируемых классов

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{N_i - 1}{\sum_{k=1}^n N_k - n} W_i, \quad \text{где}$$

N_i — объем i -ой выборки, W_i — матрица ковариаций i -ой выборки;

2) матрицы факторных нагрузок $A = U\Lambda^{1/2}$, где U — набор собственных векторов средневзвешенной матрицы ковариаций, Λ — диагональная матрица собственных чисел средневзвешенной ковариационной матрицы;

3) матрицы коэффициентов для вычисления значений новых независимых переменных (факторов) $B = \Lambda^{1/2} U^T$;

4) матриц значений факторов $F_i = BZ_i$, $i = \overline{1, n}$.

Полученные таким путем факторы рассматриваются в качестве исходных переменных, используемых и процедуре поиска оптимальной дискретизации.

Реализация алгоритма на представительных выборках может способствовать созданию формализованной основы для решения широкого спектра задач петрологического и тектонического плана и прогнозно-металлогенических построений

СВЕРТЫВАНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ О РАЗМЕЩЕНИИ
МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ТЕЛ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Выявление изменчивости пространственного признака и свертывание информации о ней может быть произведено несколькими путями.

1. Автокорреляционный анализ, в результате которого изменчивость признака описывается через корреляционную (1) или структурную (2) функции:

$$K(j\tau) = \frac{1}{n-j\tau} \frac{\prod_{i=1}^{n-j\tau} (\xi_i - \bar{\xi}_i)(\xi_{i+j\tau} - \bar{\xi}_{i+j\tau})}{\sigma(0) \cdot \sigma(j\tau)} \quad (1),$$

$$S(j\tau) = \frac{1}{n-j\tau} \sum_{i=1}^{n-j\tau} (\xi_i - \xi_{i+j\tau})^2 \quad (2),$$

где $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_n$ — значения признака, измененные в точках $x = i, \tau$ (для простоты рассмотрения все точки лежат на одном направлении). Таким образом $\xi = f(x)$ — пространственная функция; $j\tau$ — сдвиг по оси x , τ — шаг сдвига (расстояние между пробами), j — коэффициент сдвига, σ — стандартное отклонение. Удобно принять τ постоянным.

Функции (1) и (2) записаны не в интегральной форме, поскольку информация о концентрациях полезных компонентов всегда дискретна (при непрерывности значений признака ξ).

Вид функций (1) и (2) специфичен для различных типов месторождений. Ж. Матерон (1968) выделяет четыре основных типа функций (2), или вариограмм. Этот вид анализа позволяет получать характеристики изменчивости пространственного признака — R (пределное расстояние автокорреляции; характеризует, в частности, степень подвижности компонента и степень непрерывности его концентраций) и Δ (коэффициент абсолютного рассеивания; в отличие от дисперсии "абсолютно" характеризует контрастность содержаний в месторождениях и позволяет сравнивать их между собой вне зависимости от системы опробования,

объема и геометрии проб).

2. Гармонический (частотный) анализ и синтез. Основаны на разложении функции $f(x)$ на отдельные гармоники, т.е. в ряд вида (на интервале $0, L$, L - длина опробованного интервала):

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^n (a_k \cos \omega_k x + b_k \sin \omega_k x) \quad (3),$$

a_0 - среднее значение признака; $0 < x < L$; a_k и b_k - коэффициенты Фурье.

Для свертывания информации важна функция $\varphi(\omega)$, характеризующая распределение амплитуд (дисперсий) σ_k^2 отдельных гармоник по их частотам ω_k .

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} \varphi(\omega) \omega \, d\omega \quad (4).$$

Функция $\varphi(\omega)$, называемая спектральной плотностью дисперсии функции $f(x)$, позволяет свернуть информацию о пространственной переменной и при необходимости вновь "синтезировать" исходные данные.

3. Картирование пространственной переменной. Наибольшее значение имеет картирование тенденций различных порядков ($f'(x)$ - тенденция первого порядка, $f''(x)$ - второго и т.д.).

Опыт исследования некоторых рудных месторождений показывает, что приемлемой моделью изменчивости концентраций по направлению является парабола вида $f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$, а в плоскости и объеме - парабола и экспонента (Рундквист, Неженский, 1968, 1971). В этом случае из $f'(x) = a_1 + 2a_2 x + \dots + n a_n x^{n-1}$ определяется еще одна важная характеристика изменчивости концентраций - градиент изменчивости (a_1). Помимо прогнозного значения формулы $f'(x)$, $f''(x)$ и т.д. позволяют свернуть информацию о пространственном поведении признака и, в отличие от первого и второго путей, представить ее в максимально наглядной форме, как аналитической, так и графической.

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ЗОНАЛЬНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

Рассматривается геометро-статистическая модель рудного тела. В соответствии с моделью концентрация каждого компонента в руде представляется как алгебраическая сумма регулярной и случайной составляющих, а рудное тело - как пространственное сочетание геохимических полей концентрации вещества.

Пространственное соотношение двух плоских полей сравнительно просто оценивается через усредненное по сечению рудного тела значение косинуса угла между проекциями градиентов функций ($\overline{\cos \varphi}$), аппроксимирующих изменение регулярных составляющих геохимических полей. Доказывается, что в границах принятой модели значение $\overline{\cos \varphi}$ номинально тождественно статистике, рассчитываемой по алгоритму коэффициента корреляции. Следствием доказательства является генетическая интерпретация корреляций компонентов руд.

В рудном теле принципиально возможно сосуществование трех типов соотношений геохимических полей: конкордантного, антиконкордантного и дискордантного. На примерах 103 месторождений СССР изучены условия появления и существования во времени типоморфных соотношений. Выяснено, что **конкордантные** соотношения соответствуют сочетанию компонентов общего парагенезиса. Геохимические поля компонентов руд разных парагенезисов либо антиконкордантны (полярная эволюция рудогенерирующих систем, метасоматоз), либо дискордантны (выполнение). Возникшие при рудообразовании соотношения геохимических полей возникают синхронно с изначальными парагенезисами, изменяются с их разрушением и перестраиваются в соответствии с вновь возникшими сочетаниями элементов. При этом соотношения однородных геохимических полей всегда линейны, а комбинированных геохимических полей - нелинейны.

Эмпирически установленные геологические свойства показателя пространственной согласованности геохимических полей концентрации вещества могут быть использованы при решении задач парагенетического анализа, в частности, для описания и

различения генетических типов зонального строения рудных тел.

Изучено три наиболее часто встречающихся генетических типа зонального строения рудных тел: зональность отложения, зональность метасоматоза и зональность телескопирования. Объектами исследования служили рудные тела Иртышского, Тамбулакского, Кансайского и Калангуйского месторождений полиметаллов и флюорита. Установлено:

1. Для всех генетических типов зональности характерно закономерное изменение модуля $\cos \varphi$ в зависимости от координат пространства. В незональных рудных телах такая закономерность отсутствует.

2. Зональность метасоматоза отличается от зональности отложения и телескопирования отрицательным знаком косинуса.

3. Моноасцедентная зональность (отложение и метасоматоз) отличается от полиасцедентной зависимостью $\cos \varphi$ от значения регулярной компоненты геохимического поля. При полиасцедентной зональности такая зависимость отсутствует.

Формулируется правило: при прямой зональности зависимости должны быть прямыми, при обратной — обратными.

И.Н.Голышко, Л.И.Тихомиров

ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ГРАНИТОИДОВ С ПОМОЩЬЮ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Выявление геохимических индикаторов металлогенической специализации магматических образований с помощью факторного анализа основано на представлениях о структуре изменчивости геохимических систем и нормальном геохимическом балансе, определение которых дано в статье И.Н.Голышко, помещенной в настоящем сборнике. Методика работы сводится к следующему:

1. Получение новой системы координат путем ортогонального разложения ковариационной матрицы набора элементов.

2. Выявление в новой системе координат групп с однородной структурой изменчивости.

3. Внутри таких групп - исключение влияния "главной тенденции", дающей первое приближение нормального геохимического баланса.

4. Для объектов с нарушенным балансом рудных компонентов - изучение условий распределения и концентрации рудных компонентов с помощью картирования рудных ассоциаций.

Изучение специализации гранитоидных комплексов п-ва Тайгонос является продолжением работ по многомерному геохимическому картированию (Л.Н.Дуденко, Л.И.Тихомиров; 1971).

Выявлена значительная роль регионального субширотного разлома, разделяющего в пределах Центральной и Восточной структурно-фациальных зон блоки с существенно различным металлогеническим профилем. Установлено, что интрузивные массивы северного ("перспективного") блока вне зависимости от этапа проявления магматизма в большинстве специализированы на комплекс элементов *Pb, Sn, Cu, Mo, U*. В южном блоке выявляются единичные массивы и группы даек с возможной редкостальной и молибденовой специализацией. Интенсивность и характер распределения минерализации в блоке определяется полнотой проявления интрузивного магматизма: пространственное совмещение типов минерализации и большее скопление аномальных значений "рудных факторов" для гипабиссальных интрузивов и даек верхнемелового комплекса посторогенного этапа по сравнению с раннемеловыми интрузивами синорогенного этапа в северном блоке.

Все известные рудопроявления п-ва Тайгонос совпадают с выявленными аномальными полями.

Выполненная работа основана на представлении о рудной минерализации как реализации тенденций, намечающихся на более ранних этапах эволюции соответствующих участков земной коры (провинций, зон, блоков), и подтверждает возможности выявления таких тенденций при изучении структуры изменчивости геохимических систем магматических комплексов.

К СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Геохимическая система, представленная совокупностью элементарных единиц вещества, обладает весьма большим числом степеней свободы и, следовательно, характеризуется определенными статистическими свойствами.

В условиях земной коры геохимическая система испытывает влияние постоянного потока энергии и вещества и любой ее элементарный фрагмент подвержен изменениям, активность которых является функцией его строения. Вследствие изменений геохимической системы создается обратная положительная связь, благодаря которой усложнение строения фрагмента приводит к прогрессивному увеличению его активности, а последнее, в свою очередь, повышает уровень его организации. В результате селекции потоков энергии и вещества на протяжении геологического времени наиболее сложные по строению фрагменты получают большую величину работоспособной энергии. Аппарат обратной связи и селекции лежит в основе прогрессивной эволюции геохимических систем.

Из некоторых допущений, не противоречащих условиям реальных геохимических систем разработана (с использованием теории эволюционного катализа А. П. Руденко) приближенная количественная модель и установлены статистический, кинетический, энергетический и информационный законы эволюции.

В соответствии со статистическим законом вероятность прогрессивных изменений даже при небольшой их последовательности превышает вероятность регрессивных изменений. В последовательности из n изменений при $n \rightarrow \infty$ эта вероятность находится в пределах от $-\frac{1}{e}$ до 1.

В соответствии с кинетическим законом

$$a_i = a_0 k^{+i}$$

где $\alpha = \frac{v}{t}$ - абсолютная скорость изменений, t - время, α_0 - начальная скорость изменений, t_i - прогрессивная или регрессивная стадия, k - коэффициент эволюции.

Наибольшей скоростью эволюции обладают наиболее прогрессивные пути развития геохимических систем, обеспечивающие интенсивное прохождение энергии и вещества через геохимическую систему. Скорость потока энергии на наиболее прогрессивных путях развития

$$\frac{\Delta E(J)}{\Delta T(J)} = \alpha_0 f k^J$$

максимальна. В этом уравнении $E(J)$ - поток энергии, проходящий через систему, при ее эволюции по пути J , $T(J)$ - время эволюции по пути J ,

$$f = \frac{-\Delta F(-\Delta Z)}{\Delta N_A}$$

(F или Z - мольная свободная энергия или свободная энтальпия, N_A - число Авогадро, Δ - коэффициент, учитывающий механизм реакции), k - коэффициент развития на пути J .

В соответствии с энергетическим законом эволюция геохимических систем не может происходить без совершения полезной работы за счет проходящего потока энергии и приводит к отбору путей, с наибольшей полезной мощностью:

$$\frac{\Delta B(J)}{\Delta T(J)} = \alpha_0 f k^J r(J),$$

где $B(J)$ - полезная работа на пути J , $r(J)$ - коэффициент использования энергии на полезную работу на пути J .

В соответствии с информационным законом эволюция приводит к максимальному росту объема общей эволюционной информации:

$$\frac{\Delta I(J)}{\Delta T(J)} = \alpha_0 k^J q_J \bar{p},$$

где $I(J)$ - информация на пути J , q_J - номер эволюционной стадии на пути J , \bar{p} - средняя вероятность прогрессивного изменения.

Используя негэнтропийный принцип информации Л.Бриллюена можно показать, что сформулированные законы эволюции могут

быть объединены в следующей формулировке: в процессе эволюционных изменений энтропия геохимических систем неизбежно уменьшается. Это положение не противоречит второму закону термодинамики поскольку движущей силой эволюции является поток энергии и вещества, приводящий к росту энтропии. Следовательно, энергетический закон эволюции означает не уменьшение энтропии, а лишь замедление темпа ее роста.

Из статистической теории эволюции геохимических систем выводится ряд следствий, в частности, акселерация эволюционных процессов во времени, наличие оптимального температурного интервала эволюции и др. Основные законы эволюции и следствия из них не противоречат эмпирическому материалу геохимических наблюдений.

В.Л.Лось, В.А.Нарсеев

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИИ РУДООБРАЗУЮЩИХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Содержания элементов в месторождениях образуют геохимические поля, характеризующиеся рядом параметров. За меру организации принимается информативность функции распределения главных рудообразующих элементов (или элемента)

$$J_X = -\int f(X) \log f(X) dx - \log \Delta X,$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$, $k \gg 1$ - число элементов, а ΔX принятая точность измерений. Организация системы тем выше, чем больше J_X . Оценка J_X использовалась для сравнения однотипных месторождений и их частей, в которых X - набор одних и тех же элементов. По величине J_X можно судить об уровне среза, а связав ее с масштабом месторождения, проводить оценку перспектив новых объектов данного класса.

Оценку организации рудообразующих гидротермальных систем в целом (включая области мобилизации и отложения) предлагается ввести по разности начального и конечного значений энтропии геохимических полей элементов X , т.е. по величине

$$\Delta H = H(V_{\text{Мод}}) - H(V_{\text{Отл}}) \quad (\text{Лось, Нарсеев, Гришин, 1971}).$$

Оценку организации можно осуществлять также по формуле $M = N \cdot \ln N$, где N - число элементов, несущих различные функции (П.Маргалев, 1958). Однако, в этом случае возникает некоторая неопределенность при установлении числа элементов.

Г.А.Вострокнутов

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОБРАБОТКИ
ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ МАТЕМАТИКО-
СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Разработана программа "Автокорреляция - I", позволяющая фиксировать в исследуемом геологическом пространстве участки развития однотипных геохимических процессов (по максимуму значений автокорреляционных функций) и производить пространственную увязку отдельных сечений рудных тел, околорудных ореолов и пластов пород.

Степень стационарности проявления геохимических процессов оценивается с помощью критерия Аббе. Разработаны методы использования критерия Аббе для выявления тренда дисперсий и коэффициентов корреляции. Отсутствие тренда является показателем стационарности проявления геохимического процесса при наличии значимого автокорреляционного эффекта (исследуемая выборка признается однородной). Наличие нескольких однородных выборок позволяет решать вопрос о наличии и характере тренда путем сравнительного графоаналитического исследования доверительных интервалов случайных колебаний соответствующих статистик (средних, дисперсий, коэффициентов вариации) в упорядоченных рядах. Для исследования тренда, вычисления статистик и их доверительных интервалов (при заданных уровнях значимости), разработаны программы, предусматривающие обработку полных и неполностью определенных выборок (СОПНОВ-3, СОПНОВ-4), а также статического (СНИГИ-I) и динамического (ДИНОР-I) нормирования содержаний относительно некоторых эталонных гео-

химических моделей. Применение нормированных величин, распределенных по закону $(0,1)$ в объектах и обстановках, тождественных эталонным, позволяет по комплексу геохимических показателей эффективно решать задачу выделения и интерпретации слабо проявленных рудогенных ореолов.

Серия вышеперечисленных программ разработана совместно с А.А.Беловым и реализована на ЭВМ М-220А.

В.С.Антоненко, Р.А.Резванов

ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СВЯЗИ ДВУХ МНОГОМЕРНЫХ СОВОКУПНОСТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ГЕОЛОГИИ

Для выяснения связи между газонасыщенностью двух горизонтов проверяется гипотеза о связи двух множеств X и Y , представленных выборками $\{x_{ij}\}$ и $\{y_{ij}\}$, где x_{ij} - содержание i -ой газовой компоненты в i -ом горизонте j -ой геохимической скважины; y_{ij} - содержание i -ой газовой компоненты во 2 -ом горизонте j -ой геохимической скважины, $i = 1, 2, \dots, k$, $j = 1, 2, \dots, m$.

В качестве исходных данных использованы газопоказания пород, зафиксированные в ядрах геохимических скважин, пробуренных на площадях Днепровско-Донецкой впадины. При расчетах учитывались следующие компоненты газа: метан, этан, пропан, бутан, пентан. Наличие связи проверялось как для горизонтов, выбранных на различном удалении от залежи, так и для разновозрастных комплексов пород.

За меру связи принимается информация, заключенная в множестве X относительно множества Y .

$$J(X, Y) = \iint P(x, y) \ln \frac{P(x, y)}{P(x) \cdot P(y)} dx dy.$$

Как выяснено, газонасыщенность перекрывающих залежь пород имеет многомерное логнормальное распределение. Поэтому в явном виде при N наблюдениях

$$J(X, Y) = \frac{N}{2} \ln \frac{|\Sigma|}{|\Sigma_{11}| |\Sigma_{22}|},$$

где Σ_{11} - оценка ковариационной матрицы 1-го горизонта;
 Σ_{22} - оценка ковариационной матрицы 2-го горизонта;
 Σ - оценка общей ковариационной матрицы множеств X и Y .

Величина $J(X, Y)$ имеет нецентральное распределение

χ^2 с $\sum_{i,j} \kappa_i \kappa_j$ числом степеней свободы.

На основе вычисленных $J(X, Y)$ можно сделать вывод о наличии существенной связи между газонасыщенностью ряда горизонтов Днепровско-Донецкой впадины, что указывает на генетическую общность их углеводородных полей.

Вычисления проводились на ЭВМ БЭСМ-2М.

И.Г.Клушин, К.А.Кромбет

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ СОСТАВА НИКЕЛЕННОЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Кора выветривания ультраосновных пород, обогащенная никелем, кобальтом и другими элементами, отличается значительным непостоянством химического состава. Изменения последнего отражают неоднородность пород, подвергшихся разрушению, и дифференциацию материала в процессе выветривания. Непосредственное сопоставление концентраций элементов в отдельных пробах или в группах проб, усредненных по скважинам, не дает ясного представления о закономерном изменении состава коры по площади, поскольку нерегулярные изменения концентраций создадут большой фон помех.

Для выявления закономерностей в распределении по площади отдельных химических элементов и соединений вычисляют тренд и строят карты тренда. В тех случаях, когда необходимо получить оценку изменений, основанную на совместном использовании данных о концентрациях нескольких элементов и соединений, используют обобщенное расстояние. Обобщенное расстоя-

ние в пространстве признаков является статистической мерой. Известны меры П.Махаланобиса, К.Матусита и некоторые другие. В настоящей работе для оценки систематических различий состава латеритов, вскрытых группами скважин, использованы обобщенное расстояние П.Махаланобиса и обобщенная производная.

Сопоставлены данные пяти групп скважин. В каждой группе, в свою очередь, имеется по пяти скважин, причем анализы, характеризующие состав никеленосной коры выветривания на разной глубине в одной и той же скважине, усреднены. Рассматриваются изменения химического состава по площади.

В качестве шести компонент вектора наблюдений рассматриваем процентное содержание следующих элементов и соединений:

Ni, Co, Cr₂O₃, MgO, Al₂O₃, SiO₂.

Суммарное содержание в коре выветривания этих компонент редко превышает 15%, поэтому в данном случае использование процентных величин не имеет следствием существенную внутреннюю связь переменных.

Распределения концентраций *MgO, SiO₂, Cr₂O₃* асимметричны; чтобы уменьшить влияние этого фактора и стабилизировать дисперсии, учитывались натуральные логарифмы концентраций.

Для преобразования вектора с коррелированными компонентами в вектор, компоненты которого не имеют линейной корреляции, применен способ, который обосновал К.Р.Рао. Максимальное значение недиагонального элемента исходной корреляционной матрицы не превышало 0,52.

Попарное сопоставление групп скважин показало, что обобщенное расстояние в пространстве признаков в общем случае увеличивается по мере увеличения геометрического расстояния между центрами групп скважин. Отношение обобщенного расстояния Махаланобиса к геометрическому расстоянию дает среднее значение обобщенной производной. Устанавливается, что изменения состава коры выветривания по некоторым направлениям умеренны, тогда как по другим направлениям значение обобщенной производной в 2-3 раза *больше*.

Положение зоны резкого изменения состава латеритов, установленной с помощью обобщенной производной, согласуется с данными геоморфологии.

Т.Г.Петров

РАСХОЖДЕНИЕ МЕЖДУ ХИМИЧЕСКИМИ СОСТАВАМИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПЕТРОХИМИИ

Использована предложенная А.Н.Колмогоровым мера расхождения между двумя распределениями:

$$R = \sum_i (p_i - q_i) \log \frac{p_i}{q_i}.$$

В качестве p_i - принимается значение атомной концентрации в анализе p (q_i - значение того же элемента в анализе q).

Соответствующую программу для ЭВМ БЭСМ-3М составил А.А.Книзель.

М.М.Ильвицкий, Г.Н.Романенко,
А.И.Передерий

СРАВНЕНИЕ ПЛОЩАДНОЙ ТЕНДЕНЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НИКЕЛЯ, КОБАЛЬТА, ХРОМА И ЖЕЛЕЗА В УЛЬТРАБАЗИТАХ И ИХ КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Площадная тенденция распределения никеля, кобальта, хрома и железа в ультрабазитах Карнауховского массива и их охристой коре выветривания изучалась методом анализа тренд-поверхностей второго и более высоких порядков. На основании расчетов, выполненных на ЭВМ Минск-22, построены карты тренда в изолиниях.

Выявлен сходный характер площадного распределения никеля в зоне охр и ультрабазитах, что связано, по-видимому, с равномерным выносом никеля и отсутствием значительных площадных перераспределений в продуктах выветривания.

Тенденция распределения кобальта в зоне охр отличается от таковой в коренных ультрабазитах. Это объясняется перераспределением кобальта, ранее входившего в состав минералов окислов марганца, наложенными процессами вторичной минерализации с переходом кобальта в карбонатную форму.

Площадная тенденция распределения хрома в зоне охр наследует пространственную тенденцию хрома в ультрабазитах, т.к. в ультрабазитах и продуктах коры выветривания хром концентрируется в реликтах акцессорного хромшпинелида, устойчивого к процессам выветривания.

Ю.К.Бурков, А.Г.Галимов

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОКРАТНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ПРИ
ВЫДЕЛЕНИИ ИНТРУЗИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ (на примере
гранитоидов Южного Урала)

Методом многократной корреляции исследованы гранитоиды верхнепалеозойского адамовского и среднепалеозойского каиндинского комплексов (Мудров, Самаркин, 1969) Восточно-Уральского поднятия (Южный Урал). В основу расчетов были положены результаты 910 полуколичественных спектральных анализов, выполненных в лаборатории Оренбургского геологического управления. Сравнение полученных данных позволяет расчленить изученные гранитоиды на три комплекса, различающиеся характерами ассоциаций химических элементов: адамовский, собственно каиндинский и крыклинский. Последний выделяется из состава каиндинского комплекса по данным корреляционного анализа, несмотря на их большое сходство по геолого-петрографическим и петрохимическим особенностям.

Для адамовского комплекса характерен резкий антагонизм группы Be, Zr, Pb, Li, Sn по отношению к группе V, La, Ba, Ti, Cu . При этом фельсифилы Hf, Ce и частично Zr, Sr присоединяются к фемафилам, а Cr переходит в фельсифильную группу.

Гранитоиды собственно кайндинского комплекса характеризуются антагонизмом Zr и Cr , переходом Sn в фемафильную группу, а Cu, Te, Co, Zn, V - в фельсифильную группу.

Особенностью крыклинского комплекса (Теренсайский антиклинорий) является наиболее часто встречающийся крайний антагонизм Zn или Cr по отношению к Be , переход Cu и Se к фельсифилам, а Mo, Zr, Fe, Y - к фемафилам. Интересно отметить сходство геохимических особенностей хрусталеносных кварцевых жил и гранитоидов Теренсайского антиклинория, что позволяет предполагать хрусталеносно-кварцевую специализацию крыклинского комплекса. Ассоциации химических элементов, полученные методом многократной корреляции, могут использоваться в качестве обобщенного геохимического критерия формационной принадлежности магматогенных образований.

А. Е. Тюленев

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО ДЛЯ ПОИСКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ И УСТАНОВЛЕНИЯ БОЛЕЕ ТОЧНОГО ГЕНЕЗИСА ПОСЛЕДНИХ

Методом многократной корреляции (Бурков, 1968) исследованы геохимические особенности мезо-кайнозойских кор выветривания серпентинитов на Южном Урале. Установлен более точный генезис охр, которые, как выяснилось, являются **результатом** не первоначального выщелачивания материнских пород, а наложения вторичных, не связанных с корообразованием, процессов.

Для пяти из шести исследованных зон выветрелых пород получены ассоциации, в которых не обнаружено обособления каких-либо перспективных элементов. В зоне же конгонитов установлены две неравные по объему ассоциации: в одной из них жестко скоррелировано между собой большинство исследованных элементов, в другой - относительно слабо связаны всего три элемента - марганец, кобальт и никель. Анализ мономинеральных

фракций показал, что эти компоненты входят в состав рудных минералов вада-псиломелана и нонтронита.

Таким образом, установлено, что с помощью упомянутой методики корреляционного анализа можно определять более точный генезис выветрелых пород и проводить геохимические поиски, устанавливая в безрудных в целом корах выветривания перспективные зоны и рудные ассоциации, интерпретирующиеся минералогически.

А.Н.Палицына

О ВОЗМОЖНОСТЯХ КОРРЕЛЯЦИОННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГИПЕРБАЗИТОВ

Излагается попытка использования метода многократной корреляции (Боровиков, Бурков, 1968; Бурков, 1968), с помощью которого были обработаны химические и спектральные анализы различных ультраосновных пород (серпентиниты, пироксениты, габбро) в Восточном Саяне.

Выявлены ассоциации, специфичные для разновидностей гипербазитов и общие для гипербазитов и габбро; уточнен генезис гипербазитов, до сих пор в значительной степени спорный; намечены поисковые критерии для ряда перспективных элементов.

Ю.В.Индукеев, А.Р.Вестфаль,
В.Е.Хохлов

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИЗОМОРФИЗМА В ГРАНАТАХ КОНТАКТОВО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследован характер корреляционных связей между компонентами в структуре гранатов гроссуляр-андрадитового ряда.

При анализе корреляционных связей выявлены 3 основные группы элементов, в каждой из которых устанавливается наличие изоморфизма между отдельными составляющими. Первая группа

включает Ca, Mg, Mn, Fe^{2+}
третья - Si, Te^{4+}

; вторая - Al, Fe^{3+}, Te^{5+} ;

Ю.Г.Езерский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧАХ
ТАКСОНОМИИ В ПРИМЕНЕНИИ К МИКРОГАЗОМЕТРИЧЕСКОЙ
СЪЕМКЕ

Рассматривается новая методика интерпретации данных поисковой геохимии (микрогазометрическая съемка), основанная на применении математической статистики на базе ЭВМ типа М-20. Используются методы корреляционного анализа в задачах таксономии (классификации). Особенности предложенного алгоритма является применение в качестве меры близости коэффициентов корреляции между образцами (векторами), а также нахождение "оптимальных" вариантов разделения множества. Алгоритм не использует сведения об априорном распределении точек по таксонам. Все построения для заданного множества точек делаются на основании предположения об изолированности областей, соответствующих различным образам.

В.Г.Фоминих, З.И.Полтавец

О КРИВОЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЯМИ
ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В СОСУЩЕСТВУЮЩИХ ТИТАНОМАГНЕТИТАХ
И ПИРИТАХ НЕКОТОРЫХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
УРАЛА

Связь между содержаниями Co, Ni и Te в сосуществующих титаномагнетитах и пиритах руд Маткальского месторождения хорошо аппроксимируется криволинейной зависимостью. Оценки корреляционных отношений для содержаний Co, Ni и Te соответственно равны: $r_{P/MC} = 0,73; 0,89$ и $0,99$ (где $r_{P/MC}$ - корреляционное отношение для содержаний элемента в

пирите к титаномагнетиту) и достоверны для 5%-го уровня значимости. Оценки обратных корреляционных отношений для тех же элементов ($\rho_{\text{Mg/Py}}$) оказались очень низкими (сотые доли).

В сосуществующих титаномагнетитах и пиритах из метаморфизованных руд Кусинского месторождения для Co и Te устанавливается линейная связь с эмпирическим коэффициентом корреляции соответственно 0,44 и 0,56. Оценки корреляционных отношений для распределения Co , Ni и Te очень высоки (например, для кобальта $\rho_{\text{Mg/Py}} = 0,98$, для никеля $\rho_{\text{Co/Mg}} = 0,99$; для титана $\rho_{\text{Py/Mg}} = \rho_{\text{Mg/Py}} = 0,90$).

Н.И.Боев

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ ОРУДЕНЕНИЯ ПРИ ДЕТАЛЬНЫХ ПОИСКАХ СМЕЩЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ

Поскольку ореолы рассеяния элементов смещены в пространстве и во времени относительно своего источника и по отношению друг к другу, косвенные индикаторы оруденения большей частью нельзя выявить стандартными приемами статистического анализа (часто даже содержания заранее известных рудных элементов ореола не коррелируются между собой). Опыт работ по гидро-, фито- и литогеохимическому (по вторичным ореолам) опробованию показывает невозможность проведения достаточно эффективного для детальных поисков статистического анализа без учета смещения ореолов.

Корреляционный анализ следует выполнять только после построения карт изоконцентраций, приведенных к их средним значениям для некоторого, строго определенного периода опробования. При изменении погоды, а также фаз развития преобладающих видов растительности, обязателен повторный отбор и анализ проб из всех режимных пунктов (с учетом потоков миграции).

Если сравнение изоконцентраций элементов не выявит четкой группировки аномалий и векторы относительного смещения рас-

положены в плане беспорядочно, а их модули невелики, то взаимозависимости содержаний элементов находят после сглаживания моноэлементных полей - без учета направления потоков. Для скользящего осреднения содержаний обычно используется прямоугольник трансформации со сторонами, равными двойному расстоянию соответственно между точками опробования и между профилями. Шаг скольжения - вдвое меньше, а его вектор направлен по преобладающему потоку миграции либо в сторону больших градиентов изоконцентраций.

В случае значительных взаимосмещений выбираются аномалии (или их группы) трудно мигрирующих элементов, расположенные выше по потоку и по форме аналогичные (с учетом уклона) аномалиям других элементов, смещенным ниже по тому же потоку. Миграционные свойства элементов определяются опытными работами или, в крайнем случае, по литературным данным. Корреляционные зависимости содержаний выявляют по изоконцентрациям и гистограммам их распределения в пределах сопоставляемых аномалий с различной величиной площади.

При сложных вариантах расположения векторов и больших (по сравнению с шириной аномалий) модулях смещения определяются корреляционные зависимости между поверхностями тренда аномальных участков без учета смещения аномалий. При этом теснота (поисковая достоверность) связей будет ниже, чем в других случаях.

Н. А. Каримов

ВЫДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ И ИХ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОМ КОНКОРДАЦИИ

Предлагается метод выделения ассоциаций элементов по имеющимся парным коэффициентам корреляции. Процедура начинается с построения "ассоциативного ряда" по принципу наибольшей связанности рядом стоящих элементов. От ряда подвижности Ю.К.Буркова ассоциативный ряд отличается тем, что при его построении выполняется только первое из двух труднсовместимых требований, предъявляемых к ряду подвижности: а) рядом стоящие

элементы соединяются наибольшими коэффициентами корреляции; б) чем дальше отстоят элементы друг от друга в ряду подвижности, тем меньше корреляционная связь между ними.

С помощью ЭВМ ассоциативный ряд получается по модифицированному алгоритму решения задачи о коммивояжере. При этом за "расстояние" между элементами принимается величина $K=100/(1-r)$, где r - коэффициент корреляции между парой элементов.

Выделение ассоциаций элементов по ассоциативному ряду производится путем построения круговой диаграммы ассоциаций (Рабинович, 1970), причем элементы на диаграмме размещаются в порядке расположения их в ассоциативном ряду. Процесс построения диаграмм реализован на ЭВМ "Минск-22" с выводом на графопостроитель "Атлас".

Задача сравнения большого числа ассоциативных рядов (более двух) решается путем вычисления величины W - коэффициента конкордации (согласованности) рядов. Для этого ассоциативные ряды элементов выражаются рядами чисел, где каждое число отражает порядковый номер места, занимаемого соответствующим элементом в своем ассоциативном ряду. Для сравнения двух ассоциативных рядов может применяться ранговый коэффициент корреляции.

Г.П.Белянина, В.Г.Шигарев

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОДАХ СПИЛИТ-
КЕРАТОФИРОВОЙ ФОРМАЦИИ (на примере карамалыташ-
ского комплекса, Южный Урал)

Рассмотрено поведение халькофильных элементов, типоморфных для колчеданного оруденения $Cu, Zn, Pb, Mo, As, Sn, V$ в породах кислого и основного состава в пределах Сибайского рудного поля и вне его (Карамалыташская структура).

Для статистической обработки использованы приближенно-количественные спектральные анализы проб, отобранных по

отдельным разновидностям пород.

Расчет статистических параметров позволяет установить значимые различия концентраций микроэлементов в отдельных разновидностях основных и кислых вулканитов различной фациальной принадлежности.

В.Г.Фоминих, В.Е.Каплан

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МНОГОМЕРНОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА, ФОСФОРА И МЕДИ НА ОДНОМ
ИЗ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО
УРАЛА

Излагаются результаты статистического анализа распределения концентраций меди, железа и фосфора. Исследование изолиний плотностей распределения для 7059 проб в трех координатных плоскостях приводит к выводу о неоднородности статистической совокупности. Путем последовательного подбора исходная совокупность расчленена на четыре однородные составляющие, каждая из которых получает определенное генетическое истолкование.

Сложный полимодальный характер многомерного распределения рудных элементов в месторождении отвечает многоэтапному процессу рудообразования.

С.Б.Хенкина, М.А.Бобьрева

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА В ПРОТЕРОЗОЙСКИХ
ТОЛЩАХ РЯДА РАЙОНОВ КАРЕЛИИ

Проведена статистическая обработка свыше 1200 спектральных анализов пород на золото (с привлечением материалов В.С.Войтовича, Э.П.Степнова). Определялся закон распределения содержания золота и его параметры для разрезов протерозойских отложений некоторых районов Центральной и Северо-восточной

Карелии. Устанавливается:

1. Протерозойские отложения Койкарской структуры (Центральная Карелия) имеют более высокое среднее региональное содержание золота по сравнению с отложениями Лехтинской мульды (Северо-Восточная Карелия). 2. В Лехтинской мульде низы разреза богаче золотом, чем все вышележащие отложения; в Койкарской структуре несколько толщ имеют средние содержания в сотые доли г/т, в то время как обычное содержание элемента по разрезу на 1-2 порядка ниже. Среди обогащенных толщ - нижнепротерозойские амфиболиты, ниже- и верхнеятулийские конгломераты, нижнеятулийские метапорфириты, а также все постъятулийские интрузивные образования. 3. Участки интенсивного проявления среднепротерозойского гидротермального метаморфизма (Воицкое, Серебряная Горка, Воронов Бор) независимо от состава пород характеризуются близкими средними содержаниями золота - 0,01-0,03 г/т.

А.И.Гавришин

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫВОДОВ В ГЕОХИМИИ

С развитием количественных методов анализа в геохимии возникла необходимость количественной характеристики погрешностей различных видов спектрального и химического анализов и различных методов геохимического опробования.

Погрешности формируются при опробовании, обработке, хранении, подготовке к анализу и при анализе проб. В зависимости от того, какая из составляющих вносит наибольшую долю в ошибки, определяются направления совершенствования методики работ. Например, установлено, что при определении содержаний микроэлементов в водах приблизительно количественным спектральным анализом сухого остатка случайная погрешность на 30% обусловлена отбором, на 65% приготовлением сухого остатка и на 5% спектральным анализом.

Реставрация истинных параметров распределений химических

элементов и связей между ними целесообразна, когда величины систематических и случайных погрешностей меньше или соизмеримы с неоднородностью природных объектов; в противном случае необходимо совершенствование методики исследований.

Е.Н.Архипович, Е.Н.Панов,
А.П.Соболев, Г.К.Шнай

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ
РАСЧЛЕНЕНИЯ МЕЗОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДОВ
СЕВЕРО-ВОСТОКА СССР

Метод линейных дискриминантных функций использован для корреляции кислых разновидностей ($SiO_2 \geq 70\%$) мезозойских гранитоидов Северо-Востока СССР. Вычисления выполнены на ЭВМ БЭСМ-4 по программе, составленной Э.В.Агукиной.

Расчитанные величины обобщенного расстояния между многомерными средними, а также анализ распределения значений линейных дискриминантных функций свидетельствуют о значительной петрохимической неоднородности колымских гранитоидов и пород иультинского типа. В частности, весьма различны по химическому составу породы массивов Охандж, Маяк и Чьорго, а среди гранитов иультинского типа – породы Омчикандинского и Бутыгычагского, Бутыгычагского и Иультинского массивов. Тожественными в петрохимическом отношении оказались гранитоиды интрузивов Маяк и Бутыгычаг; близки друг другу породы массивов **Иультин** и Маяк.

Устанавливается аналогия в химическом составе омурчанских и охотских гранитоидов, а также определенная петрохимическая близость пород охотского комплекса и биотитовых гранитов жестких структур.

Большинство других комплексов мезозойских гранитоидов Северо-Востока СССР хорошо различается по совокупности петрохимических признаков, и линейные дискриминантные функции можно использовать для их индивидуализации и классификации.

Д.П.Храменкова,
В.Я.Манаков, Е.В.Гаврилова, И.П.Шарапов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СКЛОННОСТЬ СУЛЬФИДНЫХ
РУД К САМОВОЗГОРАНИЮ

На основании обработки экспериментальных данных получены эмпирические уравнения регрессии, характеризующие влияние содержания пирита, пирротина, халькопирита, сфалерита и галенита на физико-химические свойства руды, характеризующие ее склонность к самовозгоранию (температуру воспламенения, скорость окисления, константу скорости сорбции кислорода). С помощью факторного анализа и методов непараметрической статистики установлена зависимость склонности к самовозгоранию от структуры и минералогического состава руд.

В.В.Трофимов, О.Ф.Трофимова

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАТОРА МСМ-1 В ГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ
ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СОЛЕЙ ПРИ ОРОШЕНИИ

Одномерная нестационарная задача перемещения солей в растворе, заполняющем поровое пространство, при переменных коэффициенте конвективной диффузии, активной порозности и скорости перемещения порового раствора сводится к решению уравнения:

$$mD \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \left[mv - \frac{d(mD)}{dx} \right] \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{d(mv)}{dx} c = m \frac{\partial c}{\partial t} \quad (I)$$

при начальном условии $c(x, 0) = c_0(x)$ при $0 < x < l$ и комбинациях из следующих условий на границах:

а) на границе задана концентрация раствора как функция времени; б) граница изолирована; в) на границе имеет место обмен $D \frac{\partial c}{\partial x} = \nu c - q$. К решению уравнения (I) сводится, в частности, задача о прогнозе засоления верхних слоев почвогрунтов при движении порового раствора вверх к поверхности земли и при наличии испарения внутри порового пространства.

Решение уравнения (I) аналитическими методами является

весьма сложной задачей, и в настоящее время получены аналитические решения этого уравнения лишь при постоянных значениях параметров m , D и v . В связи с этим представляется интересным нахождение процедуры, позволяющей решить уравнение (I) на аналоговом устройстве. Нами получена такая процедура для сеток омических сопротивлений.

Предлагается вывод соотношений между сопротивлениями сетки сопротивлений, моделирующей уравнение (I) с переменными коэффициентами, представленное в конечных разностях; приводится методика моделирования на обеих границах сформулированных выше граничных условий для различных случаев задания величины φ ; дается алгоритм реализации конечно-разностного решения уравнения (I) на сетках омических сопротивлений при всевозможных граничных и начальных условиях и при различных направлениях движения порового раствора; приводятся примеры решения различных задач, сводящихся к уравнению (I) на интеграторе МСМ-1.

Ю. А. Воронин, Ю. М. Гусев

О ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПО ГРАВИТАЦИОННЫМ
ИЛИ МАГНИТНЫМ ДАННЫМ

При районировании гравитационного и магнитного полей обычно используются понятия - "простая аномалия", "аномалия", "сложная аномалия", "сложная аномальная область" и т.д. Анализ имеющейся литературы (Фотиади, 1958; Балабушевич, 1958; Кропоткин и др., 1958; Маловичко, 1960; Ахмятжанов, Каратаев и др., 1961; Савадский, 1963; Яновский, 1964; Симоненко, 1965; Андреев, 1965 и др.) показывает, что в настоящее время в грави- и магниторазведке отсутствуют четкие определения упомянутых объектов исследования, нет четких правил для их выделения, описания и классификации. Вследствие этого до разработки алгоритмических способов районирования, необходимо формализовать определения основных объектов исследования - "элементарной аномалии", "аномалии" и "сложной аномалии". При наличии таких определений общая формальная схема процедуры районирования территорий по гравитационным или магнитным данным может быть представлена в следующем виде:

- 1) построение алгоритма выделения элементарных аномалий;
- 2) построение процедуры описания элементарных аномалий;
- 3) введение мер сходства между элементарными аномалиями;
- 4) группирование элементарных аномалий и выделение "аномалий";
- 5) построение процедуры описания аномалий;
- 6) введение мер сходства между аномалиями;
- 7) группирование аномалий и выделение "сложных аномалий";
- 8) построение процедуры описания сложных аномалий;

9) введение мер сходства между сложными аномалиями;

10) распознавание сложных аномалий.

Поскольку построение формальных конструкций, например, процедуры описания элементарных аномалий, осуществимо многими способами, возможно много формальных процедур районирования. Формальный критерий оптимальности, позволяющий выбирать наилучшую из многих возможных процедур, может быть задан различным образом. Его выбор целесообразно провести после накопления достаточного опыта использования автоматизированных схем районирования территорий по гравитационным или магнитным данным. На первом этапе ставится задача получить любой формальный способ районирования, удовлетворяющий следующим минимальным требованиям: алгоритм районирования должен быть 1) в максимальной степени опирающимся на имеющийся опыт визуального районирования, 2) как можно более простым, 3) легко модифицируемым.

В соответствии с приведенной формальной схемой построен и опробован на фактическом материале алгоритм районирования территорий по гравитационным или магнитным данным, удовлетворяющий выдвинутым требованиям. Предлагаемый способ районирования позволяет перейти от рассуждений по аналогии, основанных на опыте и интуиции специалистов, к формализованным процедурам классифицирования, группирования и сравнения, которые могут быть реализованы на ЭВМ.

Г.Г.Кравцов

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ОБРАЗОВАНИЙ ПО МАГНИТНЫМ И ГРАВИТАЦИОННЫМ АНОМАЛИЯМ
МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Общепринятым приемом выяснения геологической природы магнитных и гравитационных аномалий является подбор теоретической модели геологической среды, создающей поле, близкое к экспериментальному.

В качестве одного из возможных путей формализации этой

задачи С.В.Шалаев предложил использовать аппарат линейного программирования.

При определенных геологических предпосылках можно приближенно заменить поле Z или его горизонтальной производной полем системы маломощных пластов. В общем виде эта задача сводится к аппроксимации наблюдаемого поля рациональной дробью

$$\frac{\varphi(x)}{\psi(x)} = \frac{\sum_{j=1}^p c_j x^{p-j}}{x^{2n} + \sum_{j=1}^{2n} c_{p+j} x^{2n-j}},$$

у которой полином $\psi(x)$ имеет только комплексные корни. Для отыскания коэффициентов c_j необходимо решить систему линейных неравенств:

$$\left. \begin{aligned} -\varphi(x_i) + (Z_i - kV_i) \psi(x_i) &\leq 0 \\ \varphi(x_i) + (-Z_i - kV_i) \psi(x_i) &\leq 0 \end{aligned} \right\} \text{если } \psi(x_i) > 0$$

или

$$\left. \begin{aligned} \varphi(x_i) - (Z_i - kV_i) \psi(x_i) &\leq 0 \\ -\varphi(x_i) - (-Z_i - kV_i) \psi(x_i) &\leq 0 \end{aligned} \right\} \text{если } \psi(x_i) < 0$$

$$\psi(x_i) \geq H > 0, \quad i = \overline{1, S}.$$

Разработанный алгоритм обеспечивает стабильную сходимость итераций независимо от степени сложности аппроксимируемых кривых.

При геологической интерпретации гравитационных аномалий предварительно, на основании геолого-геофизических данных, строится трехмерная модель геологической среды, описываемая формулой $\Phi_j(x_i, y_i, z_i) = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \sigma_j + Ax_i + By_i + C$ и устанавливаются доверительные интервалы изменения избыточной плотности для каждого элемента модели ($\sigma_{nj} \leq \sigma_j \leq \sigma_{aj}$). Известные соотношения плотности у некоторых элементов модели задаются ограничениями-равенствами. Коэффициенты α_{ij} определяют гравитационный эффект j -го элемента модели единичной плотности в точке пространства (x_i, y_i, z_i) . Вычислены α_{ij} для произвольно ориентированных в пространстве многогранников, образованных усеченной произвольными плоскостями призма-

тической поверхностью. С помощью таких многогранников обеспечивается математическое моделирование достаточно сложных структурных элементов геологического разреза. Коэффициенты A, B, C характеризуют условный уровень поля Δg . Применение равномерной меры приближения

$$|\Delta g_i - \Phi_i(x_i, y_i, z_i)| \leq \kappa |\Delta g_{max}|, \quad i = \overline{1, N}$$

позволяет найти для минимального κ избыточные плотности σ_i и коэффициенты A, B, C методом линейного программирования. С целью локализации аномалий вместо поля Δg можно рассматривать трансформированное поле. В этом случае аналогичным преобразованиям должна быть подвергнута функция $\Phi_i(x, y, z)$.

За основу вычислительной схемы принят алгоритм модифицированного двойственного симплекс-метода.

Опробование рассмотренных вычислительных схем выполнено на ЭВМ Минск-22.

И.Г.Клушин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Интерпретация геофизических данных проводится, преимущественно, с помощью детерминированных моделей геологической среды и физических процессов. Детерминированные модели среды включают ограниченное число тел и предполагают наличие четко выраженных границ. Эти модели удовлетворительно отображают основные, регулярные изменения геологической среды и соответствующие изменения физических полей. Однако, они не адекватны части вариантов распределения масс, представляющих интерес с практической и теоретической точек зрения. Естественным дополнением детерминированных моделей являются стохастические модели.

Стохастическая компонента изменения физических свойств геологической среды и физических полей в области наблюдений зачастую рассматривается как некоторая "помеха" для интерпретации. Анализ и учет особенностей проявления стохастиче-

ской компоненты позволяет более корректно интерпретировать аномалии, отвечающие регулярным особенностям геологического строения. В некоторых случаях, когда стохастическая компонента становится доминирующей и объяснение данных в рамках детерминированных моделей невозможно, стохастические модели расширяют область применения количественных методов.

Практическое применение стохастические модели нашли при интерпретации данных сейсмических и магнитных исследований строения земной коры.

В сейсморазведке и сейсмологии привлечение стохастических моделей связано со статистическим учетом случайных флуктуаций скорости распространения упругих волн и показателя преломления. Неоднородность физических параметров горных пород, особенно отчетливо проявляющаяся в кристаллической толще земной коры и в меньшей степени — в породах верхней мантии, является причиной сложной деформации фронта сейсмической волны. Большие флуктуации фазы, в сочетании с некоторыми другими причинами, осложняют или делают невозможными надежное выделение и корреляцию волн, отраженных от крутопадающих границ, расположенных на большой глубине. Это обстоятельство проявляется, в частности, в том, что на сейсмических разрезах земной коры по мере увеличения глубины исчезают элементы с большими углами наклона, происходит существенное сглаживание и выполаживание границ.

Учет эффекта диффузии сейсмических волн позволяет оценить возможную ошибку, с которой оценивается наклон геологических границ в верхней части (3–10 км) кристаллической толщи коры по данным метода отраженных волн. В типичных условиях ошибка составляет 10–15°.

При регистрации удаленных землетрясений с помощью временных сейсмологических станций, приспособленных для выделения короткопериодных (1–2 гц) колебаний, фиксируется большое число вступлений. Привлечение стохастической модели дает возможность показать, что число вступлений однотипных волн превышает число границ. Некоторые вступления, разделенные интервалом в несколько секунд и мало различающиеся по углу выхода,

могут соответствовать одной и той же границе.

В магниторазведке стохастические модели упрощенно отображают строение толщ эффузивов, траппов, неоднородную структуру и микроструктуру интрузий.

Для двумерного распределения магнитных масс выведена формула, выражающая корреляционную функцию аномалий ΔT через корреляционные функции вертикальной и горизонтальной компонент вектора намагниченности. Частный случай формулы, соответствующий стационарному распределению намагниченности в горизонтальном слое, практически использован для приближенной оценки суммарной толщины траппов в одном из районов Восточной Сибири.

Для интерпретации магнитных аномалий на основе стохастических моделей важное значение имеет оценка дисперсии намагниченности геологической среды.

Е.Б.Изотова

МЕТОД ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОДБОРА ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

При количественной интерпретации геофизических данных удобно использовать метод целенаправленного подбора. Суть его состоит в следующем.

Для исходного материала выдвигается гипотеза о модели среды и ее параметрах, которые в дальнейшем принимаются за неизвестные. В виде ограничений на параметры задается класс допустимых решений. Выбирается или разрабатывается алгоритм и программа решения прямой задачи. Назначается функция отклика, т.е. выбирается критерий близости вычисленной и интерпретируемой кривых. Выбирается или разрабатывается алгоритм минимизации функции отклика. В результате применения алгоритма минимизации к прямой задаче в пределах заданного класса допустимых решений получают одно из возможных решений задачи для фиксированной параметризованной модели среды. На основании имеющихся данных о теоретической эквивалентности для

одной модели или путем применения специального алгоритма для оценки эквивалентности в окрестности полученного решения определяют возможную погрешность интерпретации.

Разработан алгоритм и составлена программа для выполнения наиболее трудоемких этапов минимизации функции отклика и изучения областей эквивалентности. Для минимизации используется комбинация методов поиска по дискретным точкам и сопряженному градиенту. Окрестность полученного решения анализируется на предмет выявления в ней "линий связи" параметров, при движении вдоль которых наблюдаются минимальные отклонения функции отклика. Это дает возможность изучить практическую эквивалентность и оценить точность полученного решения.

Программа испытана на материалах электро- и гравиразведки.

Т.Б.Калинина, С.Ф.Безруков

ОЦЕНКА УКРУПНЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С НЕОДНОРОДНЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПО ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ПОЛЯМ

В случаях сложной формы и неоднородного намагничивания или плотности объект может быть охарактеризован лишь большим числом неизвестных параметров.

Определить большое число параметров с требуемой точностью невозможно. Поэтому в таких сложных ситуациях приходится ограничиваться характеристикой объекта в общих чертах, т.е. определять его "укрупненные" параметры.

Под "укрупненными" параметрами понимаются суммарный магнитный момент или суммарная избыточная плотность объекта, координаты центра тяжести намагниченных или гравитирующих масс, степень вытянутости объекта и направление его падения.

Предлагается алгоритм и программа для оценки "укрупненных" параметров по магнитным полям ΔZ , ΔT , а также по гравитационному полю Δg , измеренным на неровной поверхности

наблюдений по системе профилей. Оцениваются погрешности определения перечисленных параметров. Приводятся примеры опробования программы и даются рекомендации по ее эксплуатации. Рассматриваются типичные ситуации, где программа может найти практическое применение.

В.Н.Деч

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ КОРУНЕНА-ЛОЭВА ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОМПЛЕКСА ДАННЫХ ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ КАРБОНАТНЫЕ И СИЛЬНО КОНСОЛИДИРОВАННЫЕ ТЕРРИГЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ

Диаграммы каротажа, полученные в районах с карбонатными и консолидированными терригенными разрезами, представляют собой многопараметрическую, сложно построенную, плохо организованную (диффузную) систему. Традиционные методы интерпретации геофизических диаграмм, основанные на использовании строго функциональных взаимосвязей между геологическими и геофизическими характеристиками, не всегда эффективны. Подобные сложные системы необходимо изучать методами теории эксперимента.

При совместной интерпретации большого числа диаграмм каротажа (методов НГК, БК, ГК, БКЗ и др.) полученных скважинам, вскрывшим карбонатные и сильно консолидированные отложения некоторых нефтегазоносных областей СССР, оказалось возможным, используя разложение Корунена-Лоэва, заменить в каждом случае большую совокупность регистрограмм небольшим числом диаграмм "простых" переменных. Каждая из этих переменных в лучшей степени характеризует отдельные свойства исследуемых толщ (например, только межзерновую пористость или только глинистость и т.п.), максимально "очищенные" от побочных эффектов. Метод позволил определить наиболее информативные диаграммы каротажа в смысле отражения ими интересующих исследователя свойств осадочных толщ.

Произведено разложение диаграмм каротажа и кривых, полученных на основе прямых определений свойств и состава керна,

характеризующих те же разрезы скважин. Сопоставление выделенных естественных составляющих позволило количественно оценить общие и индивидуальные черты различных диаграмм каротажа. Форма и структура этих составляющих позволяет предположить, что они имеют генетический смысл и могут быть использованы для получения информации геологического характера (например, о размахе и длительности колебательных движений и др.).

О.Ф.Путиков

ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КАРОТАЖА СКВАЖИН

При геофизических исследованиях в скважинах используются физико-химические методы, позволяющие вести прямые измерения концентрации ионов в скважинной жидкости с помощью погружаемых датчиков (pH -каротаж, методы избирательных электродов на Cl^- и SO_4^{--} , полярографический каротаж). Теоретические основы этих методов отсутствуют.

Рассматривается связь измеряемых концентраций в жидкости с источником — твердой фазой стенок скважины. Задача сводится к решению нестационарного уравнения диффузии при различных граничных условиях, вытекающих из физико-химической и геологической обстановки. Проанализирован случай изменения концентрации во времени для пласта большой мощности при рассеянном распределении растворяющегося элемента на стенках скважины при отсутствии и наличии "активного" растворителя. Выявлены различия в протекании процесса для массивных и вкрапленных руд. На основании анализа расчетных данных обоснован выбор оптимального времени для проведения измерений.

Е.Б.Изотова, В.И.Кучер

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УЧЕТА РЕЛЬЕФА В ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ

Электроразведка в горных условиях и в платформенных областях при изучении подземного рельефа требует численного

учета влияния рельефа на результаты измерений.

Математически задача сводится к решению интегрального уравнения Фредгольма II-го рода, либо уравнения Пуассона с граничными условиями на поверхности раздела двух сред произвольной формы.

Предполагая, что на достаточно большом расстоянии от источника распределение потенциала слабо зависит от формы поверхности раздела, можно рассматривать задачу в конечной области.

Рассмотрены три алгоритма численного решения задачи:

- 1) линеаризация уравнения Фредгольма для определения потенциалов на элементарных поверхностях и решение системы уравнений высокого порядка;
- 2) решение уравнения Фредгольма методом последовательных приближений;
- 3) сведение проблемы к задаче о случайном блуждании и решение ее методом статистических испытаний.

Е.Б.Изотова, Л.В.Егорова

ПОЛЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДИПОЛЯ В ПРИСУТСТВИИ ШАРА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

В плане изучения аномальных эффектов при различных соотношениях параметров объектов и условий возбуждения поля рассматривается задача о расчете поля электрического диполя в присутствии шара. Решение представляется в виде ряда по специальным функциям Бесселя, Ханкеля и полиномам Лежандра.

Учет границы раздела земля-воздух значительно усложняет задачу и приводит к рассмотрению двух задач для полуплоскости и шара.

Составлена программа для расчета поля в широком диапазоне частот при различных параметрах (электропроводность, электрическая и магнитная проницаемость) шара и среды. Расчет

производится по лучам, выходящим из центра шара, либо по линиям, имитирующим скважину или горную выработку. Результаты расчета представляют интерес для методов радиоволнового просвечивания в глубоких скважинах и горных выработках.

Ю. А. Лебедев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГОДОГРАФОВ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

В Западном геофизическом тресте в течение ряда лет проводились исследования, направленные на выяснение причин недостаточной эффективности применяемых способов интерпретации годографов отраженных волн при поисках пологих платформенных структур сейсморазведкой МОВ. Существующие алгоритмы и статистические модели интерпретации предполагают нормальность и стационарность случайных помех, а детерминированные модели строятся в соответствии с законами геометрической сейсмики.

Автором проведены полевые эксперименты для исследования зависимости волнового поля от условий возбуждения и приема. Изучение динамических характеристик поля позволило установить, что время западывания сопутствующих отражений (волн-спутников) по отношению к первичным волнам в значительной мере определяет форму записи сейсмического импульса. Изменение динамики регистрируемых волн сопровождается искажением формы годографов.

Статистический анализ кинематических характеристик, выполненный на ЭВМ Минск-2 по специально разработанной программе, показал, что среднее значение и дисперсия отклонений экспериментальных данных от модельных систематически и нелинейно изменяются с удалением от пункта взрыва. Случайный процесс, представляющий помеху, обладает заметной нестационарностью.

В типичных условиях средняя величина систематического искажения прогиба годографа составляет 5-6%, что дает ошибку в скорости около 3% от абсолютного ее значения. Полная ошибка

эффективной скорости, вычисленная по разбросу единичных определений, равна примерно 5%. Коэффициент корреляции ошибок скорости и вариаций абсциссы минимума годографов относительно среднего значения равен 0,9 и более. Таким образом, учет статистических свойств реальных помех может более чем в 2 раза повысить точность интерпретации годографов.

Более строгий учет нестационарности случайных помех в рамках общей статистической теории интерпретации позволит повысить эффективность решения обратной кинематической задачи сейсморазведки МОВ.

Л.И.Борейша, А.Е.Куликович

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ЦЕЛЮ ПАЛЕОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

В целях автоматизации палеоструктурного анализа в Киевской экспедиции УкрНИГРИ разработан экспериментальный комплекс программ для ЭВМ Минск-22, обеспечивающий обработку информации, полученной на выходе считывающего устройства, определение мощностей отдельных горизонтов и толщ по заданным пересечениям, аппроксимацию поверхностей раздела и поля мощностей, пересчет значений глубинных отметок структурных горизонтов и поля мощностей по правильной сети, выдачу полученных данных на графопостроитель. Организация работы отдельных программ комплекса осуществляется программой-диспетчером.

В качестве считывающей аппаратуры используется полуавтоматическое устройство цифрового считывания сейсмограмм "УЦС", разработанное ИФЗ АН СССР (шаг считывания - 6,4 мм; укрупнение шага осуществляется при необходимости программным путем). Выводным устройством служит графопостроитель "Атлас".

И.В.Литвиненко, А.Л.Ливанцова,
М.Х.Меламуд

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ПЕЧЕНГСКОМ РАЙОНЕ

Составлены программы для массового вычисления координат, углов наклона отражающих элементов и оценки погрешности расчетных величин. Излагаются результаты использования ЭВМ при определении скоростного разреза по способу Вихерта-Чибисова, расчете лучевых диаграмм, вычислении годографов и амплитудных графиков различных типов волн.

Поставлен вопрос о расширении круга прямых и обратных задач, решаемых с помощью ЭВМ для сложных разрезов, типичных для Печенгского и других рудных районов. Акцептируется необходимость разработки программы для построения отражающих площадок в градиентных средах и определения положения основного отражающего горизонта.

А.Н.Дмитриев, А.А.Бишаев, В.О.Красавчиков,
Е.А.Смертин, Г.С.Федосеев, Т.И.Штатнова

ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ
ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ

Логико-математический подход в сочетании с эвристическими схемами обработки предназначен для решения задач, в постановках которых наряду с логическими переменными используются количественные данные (обеспечение прироста запасов полезных ископаемых, прогнозирование площадей, оценка рудопроявлений на предмет принадлежности к разряду месторождений и т.п.) Детерминистский подход к распознаванию, использование аппарата математической логики, а также применение тестовых и тестовых процедур позволяют работать с небольшими выборками объектов, охарактеризованных значительным (до 400) количеством малоинформативных признаков.

Алгоритмы логико-дискретного анализа позволяют а) определить информационный вес признаков, привлекаемых для доказательства различия объектов или установления их тождественности (нахождение количественной меры близости); б) классифицировать объекты по комплексному параметру (информационный вес строк), находящемуся в прямой корреляционной связи с целевыми признаками (запасами, масштабами, качеством руд и др.); в) оценить (в заданном пространстве признаков) принадлежность объекта с неизвестной целевой характеристикой к одному из эталонных классов и найти внутри данного класса ближайший аналог.

На основе тестовых разработок С.В.Яблонского, И.А.Чегис, А.Н.Дмитриева, Ю.И.Журавлева и др. в общем виде решаются две задачи. Во-первых, вычисляются значения набора тестовых параметров $\{\rho_1, \dots, \rho_n\}$ для таблицы T , состоящей из m строк

и $n+1$ столбцов. Во-вторых, находится явный вид двух функций:

$$f_i(p_1, p_2, \dots, p_n, x_{n+1}) = P(i), \quad \text{где } i = \overline{1, n};$$

$$g_j(p_1, \dots, p_n, x_{n+1}) = J(j) = \sum_{i=1}^n t_{ij} P_i, \quad \text{где } j = \overline{1, m}.$$

Функции f_i упорядочивают столбцы по информационным весам $P(i)$ признаков, а функции g_j ранжируют строки по найденным значениям $\{P_1, \dots, P_n\}$ и по заданному столбцу (целевому признаку).

Излагается содержательная интерпретация полученных результатов.

В.А.Нагорский

МЕТОД АНАЛОГИИ И ЕГО РАЗЛИЧНОЕ ПОНИМАНИЕ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОРУДЕНЕНИЯ

Метод аналогии продолжает оставаться теоретической основой прогнозирования полезных ископаемых. Анализ его важен и для решения вопроса о соотношении между принципами аналогии и исключительности.

Каждое месторождение является одновременно и уникальным, неповторимым образованием и типичным представителем определенной группы месторождений. Соответственно, среди его свойств (признаков) можно выделить общие, типичные для данного класса месторождений и единичные, индивидуальные свойства. Рудо-контролирующими, поисковыми являются только первые признаки: их выделение, анализ и осмысливание и составляют основу классического метода аналогии.

Аналогия начала пониматься в абсолютном смысле — как сходство по всем изученным (а не только контролирующим) признакам. Это, в свою очередь, порождает стремление увеличить набор признаков, по которому оценивается аналогия, нередко даже до размеров, превышающих число эталонных месторождений. С другой стороны, оценка степени аналогии производится, как правило,

дишь по двухбалльной шкале ("подобен" - "не подобен").

Если в комплексе преобладают признаки случайные, не рудоконтролирующие, то даже при отличном результате "экзамена" можно получить, тем не менее, низкое качество прогноза. Поэтому предварительное выделение контролирующих поисковых признаков является совершенно необходимым.

Меру подобия (анalogии) новых участков с "образом" месторождения необходимо оценивать только в пространстве выделенных рудоконтролирующих признаков; желательно искать дифференцированную меру аналогии, чтобы получать при прогнозе результаты не в виде категорических утверждений "перспективен"-"неперспективен", а в гораздо более гибком и естественном для геолога виде: "перспективен в такой-то (количественная оценка) степени". При этом важно, чтобы эта оценка давалась в единицах, обладающих четким геологическим смыслом.

А. П. Куклин

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

В целях металлогенического прогнозирования с помощью программ распознавания ("Кора-Э" и аналогичные алгоритмы) разработаны методы построения знаковых информационных моделей, использующие понятия об элементарной ячейке и элементарной точке отражения.

Для территории Чукотки на базе разработанных моделей проведено прогнозирование в трех масштабах, проверены гипотезы об источнике рудного вещества золоторудных месторождений и об изменении информативности различных групп параметров в зависимости от масштаба исследования, рассмотрены вопросы региональной зональности оруденения, проведена классификация территории; для проверки металлогенических прогнозов впервые осуществлен эксперимент на модели.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
ЯЧЕЕК И ПОДГОТОВКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ
МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассматривается вопрос об элементарной ячейке при решении задач прогнозирования, тектонического районирования и проверки металлогенических гипотез. Предлагается использовать в качестве первичных носителей информации перфокарты, каждая из которых отвечает ячейке. Составлена картотека на основе элементарных ячеек (равновеликие квадраты на площади) размером 25, 100 и 225 кв.км.

Я.Ш.Флак

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЮЖНОГО УРАЛА С
ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММ РАСПОЗНАВАНИЯ

Для составления прогнозных карт с помощью математических методов разработаны поисковые критерии, признаки и факторы медноколчеданного оруденения, собрана информация по эталонным объектам и классам месторождений, которая обработана с помощью программ распознавания "Прогноз-1" и "Прогноз-2".

Программа "Прогноз-1" представляет собой модификацию известного алгоритма "Кора-3". Объем рабочего подпространства в программе "Прогноз-1" может изменяться от 2 до 7 (в программе "Кора-3" он постоянно равен 3), введены также некоторые изменения, облегчающие интерпретацию результатов и оценку информативности признаков.

Программа "Прогноз-2" основана на осреднении результатов распознавания при последовательном исключении объектов из эталонной выборки по любому алгоритму и реализована на примере формулы Бейеса.

Разработан способ подбора оптимального объема признаков без уменьшения эффективности распознавания.

Показана целесообразность вероятностного подхода к

результатам распознавания по любой программе и разработан способ такого перехода с помощью графиков условной вероятности.

В.Н.Николенко, Л.А.Приказчиков, В.В.Скворцов,
В.И.Старостенко, А.В.Стекольников

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕГМАТИТОВ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ И
ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ С ПОМОЩЬЮ ОБУЧАЮЩЕЙСЯ
СИСТЕМЫ

Для прогнозирования пегматитовых полей Волины использовалась автоматизированная система классификации и прогноза АСКИП-1, работающая в режиме обучения на эталонных объектах.

Исходным материалом служили геохимические карты девяти элементов, а также карты гравитационного и магнитного полей. Вся площадь исследований была разбита на элементарные квадраты 200x200 м. В узлы квадратной сети перенесены с исходных карт значения полей (β , ε , концентрации химических элементов). При необходимости значения полей интерполировались. Точки в узлах квадратной сети принимались за объект.

Для обучения выделены 134 точки на хорошо изученном участке А. 60 точек этого же участка составили контрольную выборку для выяснения эффективности диагностики, проводимой системой.

Региональный фон учитывался с помощью полиномов 1-й и 2-й степени. По остаточным значениям поля было автоматически сформировано 128 признаков, характеризующих различные особенности и свойства изучаемых классов пород (средние значения поля по палеткам 6x6, 4x4, 2x2 см в масштабе карты, дисперсия, амплитуда, изрезанность, градиенты, корреляционные моменты и др.) Статистический анализ полученных признаков показал, что большинство из них имеет одновершинное распределение близкое к нормальному. Кривые распределения в исследуемых классах значительно пересекаются, что не позволяет проводить классификацию по одному признаку. Прогноз осуществлялся в минимизиро-

ванном 30-мерном пространстве.

Наиболее информативную систему составили геохимические признаки. Весьма интересным и обнадеживающим оказался тот факт, что гравимагнитные данные также дали ряд высокоинформативных признаков (роза градиентов, изрезанность поля и др.)

Поскольку высокоинформативную систему составили признаки с законом распределения близким к нормальному, системой был выбран линейный классификатор. Результаты диагностики оказались весьма обнадеживающими. Ошибка на экзаменационном материале области составила 1,7%.

В результате прогноза на участке *Б*, расположенном вблизи эталонного участка *А*, в его центральной части выделена наиболее перспективная область. Именно здесь находятся 6 из 7 известных на участке пегматитовых тел. В западной части участка также выявлена область высоких значений продуктивности, где пока пегматитовые тела не установлены. В этой области рекомендуется проведение поисково-разведочных работ.

Участок *С* северной части пегматитового поля близок к области обучающего непродуктивного класса, однако здесь выделяется небольшая площадь, сходная с продуктивным классом, где известно три пегматитовых тела промышленного типа. По результатам прогноза устанавливается перспективная область, охватывающая поле развития указанных промышленных пегматитов.

А.Н.Заворотько, Б.В.Неверович,
В.Н.Николенко, А.Г.Стащенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ

Анализируются результаты практического использования автоматизированной системы классификации и прогноза АСКИП-2. Алгоритм самообучения предусматривает объединение объектов в классы таким образом, чтобы средняя дисперсия по всем классам была минимальной.

Для одного из участков Волянского пегматитового поля (Украинский щит) выделены две группы объектов, соответствующие продуктивным и непродуктивным разновидностям гранитов, установленным ранее на основании геофизических и геологических данных. Исходным материалом для классификации служили описания элементарных площадей (200x200 м), включавшие 120 признаков, сформированных автоматически по значениям гравитационного, магнитного и геохимического полей, и 8 признаков (петрографические и структурно-тектонические характеристики), представленных геологами. Классификация осуществлялась в минимизированном 16-мерном пространстве.

Для северо-западной части Коростенского плутона на основе данных гравитационной и магнитной съемок масштаба 1:25000, а также значений кажущихся сопротивлений в узлах квадратной сети 100x100 м (наблюденных или интерполированных), выявлено 5 классов пород. Полученная классификация сравнивается с результатами геологической съемки масштаба 1:50000, позволяющими выделять 7 классов пород. Рассматривается возможность выявления областей, интерпретируемых как зоны тектонических нарушений.

В.С.Резник, М.Е.Вигдорчик

ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ПРИМЕРЕ
ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОГО СЫРЬЯ

Проблема вероятностного прогнозирования песчано-гравийных залежей с учетом объема и качества сырья рассматривалась нами для зоны краевых ледниковых образований в бассейнах рек Великой и Ловати. Большинство песчано-гравийных залежей связано с определенными формами рельефа (озаи, камами и дельтовыми отложениями приледниковых потоков), которые отличаются высоким показателем суммарной расчлененности, отнесенным к единице площади. Измерения расчлененности проводились по формуле Финстервальдера-Пейкера (Penck, 1894) на крупномасштабных топокартах:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{p} \sum l,$$

где h - сечение изолиний карты, l - длина изолиний на площади p , α - средний угол наклона поверхности.

Из рассмотрения исключались участки крупных речных долин и неотектонических зон. Исключение последних производилось с помощью тренд-анализа методом скользящего среднего. Радиус осреднения выбирался заведомо превышающим размеры искоемых форм рельефа и их комплексов, но соизмеримым с минимальными размерами известных неотектонических зон. По полученным трендовым значениям строились затем карты отклика.

После отбраковки некоторых участков в процессе геологического дешифрирования аэроснимков выделенные перспективные для поисков участки по сочетанию отдельных показателей были разбиты на 2 группы: весьма вероятные и возможные. Коэффициент корреляции первых с месторождениями изученных участков составил 0,862, вторых - 0,674.

Составлена карта вероятностного прогноза гравийности, характеризующая плотность запасов гравия на 1000 км², учитывающая объемы известных запасов и математическое ожидание предполагаемых запасов на перспективных для поисков площадях.

И. А. Неженский

К ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЗОНАЛЬНОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Основные вопросы исследования зональности минерализации затрагивают следующие аспекты:

1. Размещение концентраций того или иного компонента в пространстве.
2. Пространственные соотношения концентраций различных компонентов и их взаимосвязи.
3. Временные соотношения концентраций различных компонентов.

4. Причины формирования наблюдаемой картины размещения концентраций.

5. Факторы, предопределившие наблюдаемое размещение концентраций.

Исходной "количественной" информацией для решения большинства из указанных вопросов являются результаты анализа проб.

Размещение минерализации в пространстве может быть охарактеризовано путем графического и аналитического выражения тенденций изменчивости различных порядков. Наиболее приемлем при этом метод наименьших квадратов. Тенденции первого порядка дают градиент изменчивости минерализации по направлению и определяют векторы экстремальных изменчивостей в плоскости и в объеме, а тенденции последующих порядков характеризуют все более локальные и частные особенности изменчивости.

К этому кругу задач можно отнести и расчет основных математических характеристик изменчивости минерализации, как "внепространственных" (среднее арифметическое содержание, дисперсия, коэффициент вариации), так и "пространственных", характеризующих равномерность размещения пространственного признака (коэффициент незональности, - Неженский, 1971), однородность (коэффициент абсолютного рассеивания, - Матерон, 1968), непрерывность (предельное расстояние автокорреляции, - Матерон, 1968), изотропность. Здесь применимы, вероятностные методы, метод выделения однородных совокупностей Д.А.Родионова, автокорреляционный анализ и др.

Вопросы, касающиеся пространственных соотношений концентраций различных компонентов, т.е. характеризующие полиметалльную зональность, включают в себя, помимо указанных, ряд специфических задач:

а) определение относительной широты ореолов различной минерализации (степени "подвижности" соответствующих компонентов). С этой целью применим автокорреляционный анализ (Рубо, 1968);

б) выявление взаимного расположения различных ореолов

по отношению друг к другу, т.е. структуры зональности (расчет величины и направления "сдвига" ореолов). Решение этой задачи возможно на основе метода "шагающей корреляции" (Неженский, 1971);

в) исследование взаимосвязей компонентов и их изменчивости в пространстве - корреляционный анализ.

Важное методологическое значение имеет при этом введение понятия о прерывности и непрерывности зональности в пространстве (Рундквист, Неженский, 1968, 1971). Условие непрерывности необходимо для решения задач типа картирования пространственного признака, а подход с позиций прерывности позволяет решать задачи классификации и типизации объектов.

Пути и причины формирования зональности минерализации с позиций теории информации рассматриваются в работах А.Ф.Вольфсона (1965, 1969, 1971).

А.М.Шурыгин, Ю.Д.Пивоварова

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СОВОКУПНОСТЕЙ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ И ОТБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ОСНОВНЫХ И УЛЬТРА-ОСНОВНЫХ ИНТРУЗИЙ МОНЧЕГОРСКОГО РАЙОНА НА НИКЕЛЬ

Задача классификации двух классов (выборок) по множеству признаков основывается на отнесении к одному из классов нового объекта, охарактеризованного тем же набором признаков.

Методы дискриминантного анализа оказываются неэффективными при классификации двух p -мерных нормальных совокупностей с длиной выборок n_1 и n_2 и общей матрицей ковариаций, если величины p и $n_1 + n_2$ близки. Такое отношение характерно для задачи классификации геологических объектов, в которой часто $p > n_1 + n_2$. Для классификации таких объектов была предложена следующая последовательность процедур.

I. Множество параметров разделялось на независимые (или слабокоррелированные) подмножества ("блоки").

2. Исключались неинформативные блоки, для которых она зывалась приемлемой гипотеза о равенстве математических ожиданий.

3. В каждом информативном блоке параметры упорядочивались по информативности "ходом снизу" по выборочному расстоянию

$$r^2 = (\bar{x}_1, \bar{x}_2)' S^{-1} (\bar{x}_1, \bar{x}_2).$$

Здесь \bar{x}_1 и \bar{x}_2 - средние совокупностей, а S - выборочная матрица ковариаций. Первым по информативности считался параметр, для которого максимально одномерное расстояние r^2 , вторым тот, который в сочетании с первым реализует максимальное двумерное расстояние r^2 и т.д.

4. Набор информативных параметров прекращался, когда достигает минимума несмещенная оценка ожидаемой ошибки классификации.

5. Для каждого блока строилась по отобранным информативным параметрам частная дискриминантная функция.

6. Частные дискриминантные функции объединяются в общую с весами, учитывающими "разрешающую способность" каждого блока.

При помощи предложенного алгоритма решалась задача оценки степени близости интрузий основных и ультраосновных пород Мончегорского района к эталонной интрузии, содержащей Мончегорское никелевое месторождение, по результатам химических, спектральных анализов и определений физических свойств.

А.М.Шурыгин

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА НАЛИЧИЯ ЗАКОНОМЕРНОЙ КОМПОНЕНТЫ ПРИЗНАКА НА ПЛОЩАДИ

Предлагается статистический критерий для проверки гипотезы об отсутствии локального тренда; в этом случае наблюдаемые величины одинаково распределены и независимы.

Пусть наблюдения расположены по регулярной сети в прямо-

угольнике размером $m+2$ на $n+2$. Локальным максимумом рассматриваемой прямоугольной таблицы наблюдений назовем такое значение, которое максимально среди наблюдений в квадрате с центром в рассматриваемой точке и стороной в три точки. Если наблюдения независимы и одинаково распределены, то количество локальных максимумов V распределено асимптотически нормально с математическим ожиданием $\frac{1}{2}mn$, а при $m, n \geq 4$ дисперсия V примерно равна 0,025. Это дает возможность по уровню значимости α построить односторонний доверительный интервал для V_α и проверить выделение закономерной компоненты лишь при $V < V_\alpha$.

Если наблюдения проведены по нерегулярной сети, локальные максимумы также можно выделить, разбив область, покрытую наблюдениями, на треугольники с вершинами в точках наблюдений. Получены параметры распределения количества локальных максимумов V при независимости наблюдений.

Применение предложенного критерия V к реальным материалам, полученным при статистической обработке результатов дешифрирования аэрофотоснимков, обнаруживает закономерную компоненту лишь на некоторой части рассмотренной территории.

В. А. Нагорский, Д. А. Приказчиков

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЕГМАТИТОВ ВОЛНИ

Для оценки петрографических факторов локализации пегматитов введена метрика сопряженности. Для признаков, характеризующих геологическую позицию локализации пегматитов, а также для зон метасоматической переработки гранитов, рассчитывалось расстояние от границ соответствующих областей; знак указывал характер положения точки (внутри области или вне ее). Для пегматитовых проявлений была введена двумерная метрика, отражающая удаленность от оси ближайшей положительной структуры поля проявлений и значение этого поля. Интенсивность проявлений выражалась с помощью потенциальных функций в виде

поля потенциалов в связи с предположением о смещении зон пегматитовых проявлений в плане относительно зон пегматитовых тел (из-за возможной вертикальной зональности).

Для оценки информативности выделенных признаков фактические распределения их метрик сопряженности для всех известных пегматитовых тел сопоставлялись с теоретическими распределениями (Нагорский, Приказчиков и др., 1971). Последние были получены путем вероятностного моделирования случайного положения пегматитовых тел с учетом реальной меры их взаимной связности. Проведенный анализ не только подтвердил существование генетической зависимости между пегматитами и петрографическими признаками (за исключением связи с розовыми порфировидными гранитами), но и дал четкую картину пространственного расположения пегматитов по отношению к изученным факторам. Было также установлено, что плотность пегматитовых тел на единицу площади тесно коррелирует с интенсивностью развития пегматитовых проявлений.

Построены количественные карты благоприятной геологической обстановки и интенсивности проявления пегматитового процесса, а также и сводная количественная прогнозная карта (в виде вероятностного поля). На последней хорошо обозначилась общая структура перспективных зон района и намечилось продолжение основной продуктивной зоны к западу.

В.В.Богачкий, Д.М.Коллеганов

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАК ВОЗМОЖНАЯ ОСНОВА ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ РУДОНОСНОСТИ

Геологическую карту можно рассматривать как сообщение, излагающее геологическую ситуацию в кодах знаковой системы. Относительную сложность геологического строения можно оценивать как суммарное количество (бит) информации, заключенной в элементарной ячейке.

На основе информационной модели исследовалась относительная сложность геологического строения центральной части

Саяно-Алтайской области на базе изданных геологических карт масштаба 1:200000. Размер элементарных ячеек отвечал листам масштаба 1:25000, в среднем 76 км². Учитывалось четыре класса признаков: возраст (с точностью до отдела) - 29 градаций; состав - 30 градаций, количество интрузивных массивов и количество тектонических нарушений (по 14 градаций). Все признаки условно считались равноправными и независимыми.

Количество информации, заключенной в единичном сообщении, принималось равным $\log_2 N$ (где N - число равноправных вариантов сообщения).

Распределение количества информации по площади можно рассматривать как отражение энтропийной неоднородности (или организованности) исследуемой системы (Урсул, 1968).

Устанавливается, что ртутное оруденение Саяно-Алтайской области характерно для участков с определенными уровнями организации. Выявлено три таких уровня, оценки сложности геологического строения которых относятся между собой как 1:2:3. Возможна количественная оценка вероятности связи ртутного оруденения с участками различной сложности.

Л.С.Гельман

НЕКОТОРЫЕ СХЕМЫ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР ПРИ ПОИСКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Задача поиска формулируется в терминах урновых схем, аналогия которых с геологопоисковыми очевидна.

Общая постановка задачи: в одной из k урн находится шар; P_k - априорная вероятность его наличия в k -ой урне; P_k - условная вероятность обнаружения шара при наличии его в урне; T_k - время ^{единичного} обследования k -ой урны; определить оптимальный порядок просмотра урн, минимизирующий среднее время поиска шара. Рассмотрим несколько различных процедур такого поиска.

I. Каждая урна обследуется до выяснения отсутствия или

наличия в ней шара; при неполучении этой информации при первом просмотре урна осматривается еще раз и т.д. Поскольку ^{общее} время обследования каждой урны φ_k величина случайная, то ее математическое ожидание вводится в качестве меры этого обследования

$$M(\varphi_k) = p_k \varphi_k + 2(1-p_k)p_k \varphi_k + \dots = \frac{\varphi_k}{p_k}.$$

Обозначив через $f(v_1, v_2, \dots, v_n)$ среднее время обнаружения объекта при использовании оптимальной стратегии, запишем

$$f(v_1, v_2, \dots, v_n) = \min_k \left[\frac{\varphi_k}{p_k} + (1-p_k) f\left(\frac{v_1}{1-p_k}, \dots, \frac{v_n}{1-p_k}\right) \right] \quad (1).$$

Эта стратегия определяется последовательностью i_1, i_2, \dots, i_n , для которой

$$\frac{v_{i_1} p_{i_1}}{\varphi_{i_1}} \geq \frac{v_{i_2} p_{i_2}}{\varphi_{i_2}} \geq \dots \geq \frac{v_{i_n} p_{i_n}}{\varphi_{i_n}}$$

Следует различать два типа поиска, определяемых его конечной целью, которая может состоять в физическом обнаружении объекта или в указании его местонахождения. Приведенная выше стратегия оптимальна для первого типа.

При поиске второго типа каждая урна обследуется один раз за время φ_k , после чего совершается обследование следующей урны. Для такой процедуры будем иметь

$$f(v_1, v_2, \dots, v_n) = \min_k \left[\varphi_k + (1-p_k) f(v_1^*, \dots, v_n^*) \right] \quad (2),$$

где

$$v_i^* = \frac{v_i}{\sum_{i \neq k} v_i + v_k(1-p_k)}, \quad i \neq k; \quad v_i^* = \frac{v_k(1-p_k)}{\sum_{i \neq k} v_i + v_k(1-p_k)}, \quad i = k.$$

Решение уравнения (2) доказывает, что оптимальные стратегии для (1) и (2) совпадают.

Предполагая повторение заданного цикла поиска ℓ раз, получим

$$f(v_1, v_2, \dots, v_n) = \min_k \left[\varphi_k \left(\frac{1 - \bar{p}_k^\ell}{p_k} + \ell \bar{p}_k^\ell \right) + (1-p_k) f(v_1^*, \dots, v_n^*) \right], \quad \text{где}$$

$$\bar{p}_k = 1-p_k \quad \text{и} \quad v_i^* = \frac{v_i}{\sum_{i \neq k} v_i + v_k(1-p_k)^\ell}, \quad i \neq k; \quad v_i^* = \frac{v_k(1-p_k)^\ell}{\sum_{i \neq k} v_i + v_k(1-p_k)^\ell}, \quad i = k.$$

Оптимальная стратегия определяется последовательностью неравенств

$$\frac{g_{i1}}{y_{i1}} \cdot \frac{p_{i1}}{1 - \bar{p}_{i1}^{\ell} - \ell \bar{p}_{i1}^{\ell-1} p_{i1}} \geq \dots \geq \frac{g_{in}}{y_{in}} \cdot \frac{p_{in}}{1 - \bar{p}_{in}^{\ell} - \ell \bar{p}_{in}^{\ell-1} p_{in}}$$

Эта процедура - частный случай двух первых, если поиск обрывается на ℓ -ом шаге.

Если предусматривается продолжение поиска после необнаружения шара в k -ой урне, несмотря на его наличие в ней, получаем

$$f(g_1, g_2, \dots, g_n) = \min_k [y_k + (1 - g_k) f(\frac{g_1}{1 - g_k}, \dots, \bar{0}, \dots, \frac{g_n}{1 - g_k}) + g_k (1 - p_k) f_1].$$

Здесь f_1 определяет время, расходуемое на поиски дополнительно - из-за этого необнаружения. В частности, если при пропуске шара необходимо до возврата к его поиску осуществить полный цикл обследования, обязательно обнаруживающего шар, то для минимального времени получаем выражение

$$f(g_1, \dots, g_n) = \min_k [y_k + (1 - g_k) f(\frac{g_1}{1 - g_k}, \dots, \bar{0}, \dots, \frac{g_n}{1 - g_k}) + g_k (1 - p_k) (\sum_{i=1}^n \frac{y_i + y_k}{g_i})]$$

Здесь оптимальная стратегия определяется условием

$$\frac{y_{i1}}{g_{i1}} \leq \dots \leq \frac{y_{in}}{g_{in}}.$$

В дополнение к используемым выше параметрам учтем величину δ_k - вероятность того, что будет принято решение о наличии шара в k -ой урне, хотя его там нет. Тогда

$$f(g_1, \dots, g_n) = \min_k [y_k + (1 - g_k)(1 - \delta_k) f(\frac{g_1}{1 - g_k}, \dots, \bar{0}, \dots, \frac{g_n}{1 - g_k}) + (1 - g_k)\delta_k f_1 + g_k (1 - p_k) f_2], \quad (3)$$

где f_1 и f_2 - дополнительное время, затрачиваемое на поиск в результате ошибок. В частности, если (3) записать в виде

$$f(g_1, \dots, g_n) = \min_k [y_k + (1 - g_k)(1 - \delta_k) f(\frac{g_1}{1 - g_k}, \dots, \bar{0}, \dots, \frac{g_n}{1 - g_k}) + (1 - g_k)\delta_k (y_k' + f(\frac{g_1}{1 - g_k}, \dots, \bar{0}, \dots, \frac{g_n}{1 - g_k})) + g_k (1 - p_k) (\sum_{i \neq k} \frac{y_i}{g_i} + \sum_{i \neq k} \delta_k (y_k' + y_k))],$$

(t_{κ}^{\prime} - время, затрачиваемое на повторную проверку κ -ой урны), то оптимальное поведение будет определяться системой неравенств

$$\frac{p_{i1} + \delta_{i1} p_{i1}^{\prime}}{b_{i1}} \leq \dots \leq \frac{p_{in} + \delta_{in} p_{in}^{\prime}}{b_{in}}$$

Все выражения, определяющие оптимальную стратегию, записаны в приведенном виде для получения простого правила, не требующего дополнительных вычислений в ходе проверки. Более точная стратегия предполагает повторное вычисление b_i^* в зависимости от результатов предыдущей проверки, а значит и повторное вычисление самих выражений.

Г.И.Каратаев, В.И.Карасева,
В.В.Терлецкий, Р.И.Янена

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОИСКА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Обсуждена содержательная и формальная постановка задачи поиска нефтегазовых месторождений с помощью ЭВМ как задачи моделирования процесса рассуждений и действий геолога-нефтяника с позиции теории органического происхождения нефти.

Разработано пространство литолого-тектонических признаков, обеспечивающих построение математической модели обнаружения нефтегазовых месторождений.

Введены строгие определения геологических понятий, на которых строится модель поиска нефтегазовых месторождений.

Разработан моделирующий алгоритм поиска нефтегазовых месторождений на ЭВМ по геолого-геофизической информации, заданной по разрезу. Подобный алгоритм разрабатывается для случая пространственного задания геолого-геофизической информации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМИТЕТОВ ПРИ
ПОИСКАХ ДРЕВНИХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА

Древние дочетвертичные россыпи Урала связаны с продольными мезозойскими эрозионно-структурными депрессиями (Сигов, 1969).

Сформулированы признаки, характеризующие факторы локализации золотоносных россыпей в мезозойских депрессиях, касающиеся геологического строения субстрата, наличия коренных источников золота, принадлежности рассматриваемого участка к тому или иному геоморфологическому району, распространения рыхлых отложений и кор выветривания, развития разновозрастных поверхностей выравнивания и т.д. Вся информация по распознаваемым участкам приведена к одному уровню изученности. Общее количество показателей составило 85. Число эталонных участков для обучения: "положительных", т.е. золотоносных - 20, "отрицательных" - 25. Распознаванию было подвергнуто 75 участков, имеющих общую протяженность 770 км.

Приняв существующее определение (Ablow, Kaylor; Bull. Amer. Math. Soc., v. 71, № 5, 1965), назовем комитетом системы линейных неравенств

$$(c_j, x) > 0, \quad j = \overline{1, m} \quad (I)$$

над пространством R^n такую конечную совокупность

$\{x^1, x^2, \dots, x^q\} \subset R^n$, что каждому неравенству системы (I) удовлетворяет более половины векторов этой совокупности,

т.е.

$$\sum_{i=1}^q \text{sign}(c_j, x^i) > 0; \quad \text{sign } t = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ -1 & t \leq 0 \end{cases}$$

Пусть $\forall j \quad x_j^0 \neq 0$ - решение уравнения $(c_j, x) = 0$;

тогда при условии отсутствия в системе $\{c_j\}$

противоположно направленных векторов, т.е. если

$$\forall k, l \in \{1, \dots, m\} \quad \frac{C_k}{\|C_k\|} \neq -\frac{C_l}{\|C_l\|}, \quad k \neq l$$

справедлива следующая теорема.

ТЕОРЕМА. Существует такое $\varepsilon > 0$, что множество $X = \{x_j^0 + \varepsilon C_j; -x_j^0 + \varepsilon C_j\}, j = \overline{1, m}$ является комитетом системы (I).

Разработано несколько алгоритмов построения комитета и минимизации числа его членов, в том числе алгоритм, связанный с отображением исходного пространства признаков на плоскость.

Задача получения наилучшего отображения $f: R^n \rightarrow R^2$ сводится к получению такой системы $(d_j, y) > 0, j = \overline{1, m}$ над пространством R^2 , чтобы число ее максимальных совместных подсистем (МСП) было как можно ближе к числу МСП исходной системы (I).

С помощью данного отображения производится распознавание образов и дается количественная оценка (индекс принадлежности) близости данного объекта к эталонным объектам, получаемым после построения комитета.

В результате расчетов, выполненных по программе "Комитет" на ЭВМ М-220, выделены четыре группы участков: I очереди (класс "А"), II очереди (очень близкие к классу "А"), III очереди - с неясной перспективностью и бесперспективные. К первым двум группам отнесен 2I участок (27%), в том числе к I очереди - всего 3 участка.

Ф.И.Хатъянов

ПОИСКИ СЛОЖНО ПОСТРОЕННЫХ СТРУКТУР В БАШКИРИИ НА
ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ
КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ДАННЫХ

Рассматривается вопрос об оценке вероятности обнаружения погребенной структуры по результатам комплекса различных

геофизических методов в сложных условиях, при наличии ряда точно неучитываемых факторов (помех), которые делают задачу интерпретации данных неоднозначной. В этом случае задача интерпретации комплекса геолого-геофизических данных с самого начала должна ставиться как стохастическая, имеющая условно-вероятностный смысл (Л.А.Халфин, 1958).

Уточнение закономерностей распространения структур и поисковых геолого-геофизических признаков их строения может быть использовано для оценки результатов прогнозирования пространственного положения погребенных рифов и грабенообразных прогибов. Существенное значение при такой оценке имеет известная из теории вероятностей формула Байеса. Рассматривается вопрос проверки двух альтернативных статистических гипотез обнаружения погребенной структуры по результатам комплекса различных геофизических и геологических данных. Первая гипотеза H относительно геофизической аномалии предполагает ее обусловленность существованием на элементарной площади структуры. Вторая гипотеза \bar{H} предполагает отсутствие структуры на участке этой же геофизической аномалии (поискового признака). Учитывая предшествующий опыт поисков рифов, априорная вероятность гипотезы $P(H)$ о наличии рифа и условные вероятности $P(B/H)$ и $P(B/\bar{H})$ появления геофизической аномалии (признака) при наличии и отсутствии рифа оценивались по частностям, полученным эмпирически при текущем статистическом анализе разбуренных площадей. Доверительные интервалы для неизвестных вероятностей оценивались с помощью таблиц Н.В.Смирнова и Н.В.Дунина-Барковского.

Количественная оценка подтвердила результаты качественной интерпретации комплекса геофизических данных, показав, что в пределах большинства выделенных ранее наиболее перспективных площадей "вероятность наличия рифа" находится в пределах от 0,50 до 0,97 и, таким образом, гипотеза о наличии рифа может быть принята. В пределах малоперспективных площадей вероятность обнаружения рифа (по сравнению с априорной, принятой 0,20) понижается и находится в интервале $0,02 < P(H/B) < 0,14$.

При поисках залежей нефти, контролируемых девонскими микрограбенами, оценка априорных вероятностей $P(H)$ и $P(\bar{H})$

нии и закономерностях распространения грабенообразных прогибов на востоке Русской плиты (Ф.И.Хатьянов, 1969, 1971, 1972). Оценка вероятности гипотезы о прохождении грабенообразного прогиба через участок сейсмического "прогиба" по девонским отражающим горизонтам, в случае учета априорных тектонических закономерностей о приуроченности его к определенной полосе, находится в пределах от 0,40 до 0,71. Данные сейсморазведки, хотя и не обеспечивают достаточно полную уверенность в наличии полосы грабена, вносят существенный вклад в повышение вероятности его обнаружения, по сравнению с априорной, равной 0,11-0,17. Вероятность гипотезы о прохождении грабенообразного прогиба через произвольно выбранный прогиб сейсмического горизонта "Д" значительно меньше: $P(H/B) \approx 0,13 - 0,43$.

Л.Д.Кноринг

О ПОСТРОЕНИИ ТЕОРИИ РАЗВЕДКИ НА НЕФТЬ И ГАЗ
(с использованием идей математической статистики)

В настоящее время предложено много решений различных задач разведки, полученных, как правило, на эмпирико-интуитивном уровне. Назрела необходимость рассмотреть их в рамках единой теоретической концепции.

В основу теории должен быть положен системный подход к задачам разведки, решаемым на разных уровнях, начиная от принятия решений в масштабах страны и до решения об оптимальном отборе информации в каждой отдельной скважине. Необходимо определить уровни иерархии в такой системе.

Для каждого уровня необходимо конкретно сформулировать круг задач с указанием их цели, минимального объема информации, необходимого для принятия последующих решений, требуемой точности оценки параметров и ограничений в затратах (денежных средств, времени).

В основу оценки результатов работ должна быть положена степень достижения такой полноты информации об объекте исследования, которая необходима для принятия последующего решения. С этой точки зрения законтурные скважины нельзя считать снижающими эффективность разведки, если они дают необходимую информацию.

Составным элементом теории является система представлений, позволяющая учесть всю имеющуюся априорную информацию для повышения качества работ и надежности решений. С этих позиций необходимо изменить практику экспертных оценок ГКЗ.

Учесть априорную информацию позволяет математическое моделирование свойств объекта.

Специфике разведки на нефть и газ наилучшим образом отвечает модель, основанная на построении поверхности двумерной регрессии. Такая поверхность описывает закономерную составляющую в изменении признака и позволяет предсказывать его значения на участках, не охваченных наблюдениями. Существенно, что каждой поверхности регрессии отвечает свой минимальный объем работ и своя оптимальная система расположения скважин. Оптимальное решение в этом классе моделей отыскивается методами теории оптимального эксперимента и, что особенно важно, может быть выполнено до начала работ.

Выбор критерия оптимальности основывается на учете определенных соотношений между объемом информации и затратами (денег, времени и пр.) Неправомерно сводить вопрос разведки лишь к достижению предельной точности оценок объекта. Теория разведки должна включить в себя методы построения некоторых функций риска с учетом особенностей каждого района работ.

Выбор оптимального комплекса исследований в каждой скважине производится с учетом взаимосвязанности изменения различных геологических параметров, оцениваемых как по результатам непосредственных измерений в скважинах, так и на основе "предсказаний" по данным измерений. Основным методом решения является факторный (компонентный) анализ. Система исследований должна пополняться за счет изучения независимых переменных.

О ЗАДАЧЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПРОБОВАНИЯ

Рассматривается формальное представление о задаче направления опробования, ее связь с задачей распознавания образов и предлагается один из возможных способов решения задачи направления опробования при определенных априорных предположениях.

Будем понимать под абстрактной функцией f тройку множеств

$$f = \langle F, X, Y \rangle \quad (1)$$

где $F = X \times Y$ и в F нет пар с одинаковыми первыми и различными вторыми компонентами. Ее обычно записывают в виде

$$y = f(x), \quad x \in X, \quad y \in Y. \quad (2)$$

Пусть имеется некоторое представление о множестве элементов A , заданное перечислением $A_{\exists} \subset A$. Положим, что

$$A_{\exists} = \bigcup_{i=1}^3 A_{\exists}^i, \quad A_{\exists}^i \cap A_{\exists}^j = \emptyset, \quad i \neq j.$$

Будем считать, что на A_{\exists}^1 задан Y - фундамент функции (I)

$$(a_t, y(a_t)), \quad a_t \in A_{\exists}^1, \quad y(a_t) \in Y \quad (3),$$

на A_{\exists}^2 задан XY - фундамент функции (I)

$$(a_t, x(a_t), y(a_t)), \quad a_t \in A_{\exists}^2, \quad x(a_t) \in X, \quad y(a_t) \in Y \quad (4),$$

а на A_{\exists}^3 задан X - фундамент функции (I)

$$(a_t, x(a_t)), \quad a_t \in A_{\exists}^3, \quad x(a_t) \in X \quad (5).$$

Кроме того, положим, что задана в неявном виде функция

$$\Psi = \langle \Psi, A, Y \rangle \quad (6).$$

Используя (6) мы можем любому $a_t \in A_{\exists}^3$ поставить в соответствие номер $q_t \in Q$, где Q - множество номеров. При этом, будем говорить, что провели опробование $a_t \in A_{\exists}^3$. Под задачей направления опробования будем понимать отыскание на основе представления о A и фундаментах (3) - (5) такого

$A_0 \subset A_{\exists}^3$, минимального по числу элементов, которое содер-

жит один и только один элемент a_0 , которому соответствует номер $g_k \in Q$. Проиллюстрируем эту задачу. Если A - множество участков, которые могут быть выделены в некоторых районах, A_2^1 и A_2^2 - множество уже опробованных участков с известным промышленным значением, A_2^3 - множество участков, которые предстоит опробовать, выяснить их промышленное значение, то A_2^1 можно трактовать как материал, подтверждающий целесообразность опробования в данных районах, A_2^2 можно трактовать как материал обучения, а A_2^3 - как материал, подлежащий распознаванию. Мы хотим выделить в A_2^3 такую минимальную часть участков, подлежащих опробованию, которая содержит один и только один участок фиксированного промышленного значения.

Чтобы уяснить связь между задачами распознавания и задачами направления опробования, опишем задачу распознавания в тех же терминах, в которых дано описание задачи направления опробования.

Под задачей распознавания можно понимать отыскание на основе представления о A и фундаментах (3)-(5) такого $A_0' \subset A \setminus A_2^2$, которое содержит все те и только те элементы a_0 , которым соответствует номер $g_k \in Q$. Отсюда видно, что эти задачи связаны с выделением разных подмножеств A_0 и A_0' из разных множеств A_2^3 и $A \setminus A_2^2$. В этом смысле они являются различными задачами как с содержательных, так и с формальных позиций. Одно дело искать одно месторождение в районе, другое дело искать все месторождения во всех районах некоторого типа.

Пусть A - множество выборок A_i , $A = \bigcup A_i$ и каждая $A_i \in A$ состоит из n объектов двух классов: A_i^1 - множество пустых объектов, их число n_1 , A_i^2 - множество полезных объектов, их число n_2 . Пусть каждый объект $a_j^i \in A_i$ описан набором значений свойств $(f_1^j, f_2^j, \dots, f_m^j)$ и между $a_j^i, a_l^i \in A_i$ определена по

набору свойств (f_1, \dots, f_m) мера сходства $\Lambda^i(j, \ell)$ такая, что матрицы коэффициентов сходства $\{\Lambda^i(j, \ell)\}$, соответствующие A_i , относятся к некоторому фиксированному классу Λ . Рассматриваемую задачу удобно разбить на три подзадачи и искать решения каждой из них: 1) построение полного минимального набора одношаговых стратегий $G_r, r=1, 2, \dots, S$; 2) построение алгоритма для определения вида фиксированной $A_i \in A$; 3) построение многошаговой стратегии $G_{r_1}, G_{r_2}, \dots, G_{r_k}$ для фиксированной $A_i \in A$.

Эффективность предлагаемой процедуры определяется коэффициентом α ($0 \leq \alpha < 1$), построенным таким образом, что если $\alpha = 0$, то предлагаемая процедура совпадает со случайным поиском.

Рассматривается пример решения конкретной задачи поиска месторождений.

Т.У.Макоева, М.Т.Ойзерман, Б.Г.Слепцов

ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА НАБЛЮДЕНИЙ МЕТОДАМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Весьма часто встречается задача оценки среднего значения $M\mathcal{L}$ показателя некоторого свойства породы \mathcal{L} . Исходной статистикой для оценки этого параметра является, как правило, выборочное среднее нашего свойства $\bar{\mathcal{L}}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathcal{L}_i$ по первым N экспериментальным определениям исследуемого свойства.

Момент прекращения опробования (или число испытаний N) может быть формально связан с достижением требуемой точности с некоторой наперед заданной надежностью.

Решая задачу определения необходимого числа наблюдений при оценке $M\mathcal{L}$ в однородных массивах, предполагаем, что индивидуальные значения нашего свойства \mathcal{L}_i распределены нормально, а значения, полученные при анализе разных проб, независимы.

Объем опробования, необходимый для достижения заданной

точности, зависит от дисперсии σ^2 рассматриваемого нормального распределения. Часто, однако, исследователь не может в начале опробования оценить параметр σ^2 даже приблизительно. Возникает потребность в т.н. адаптивном подходе, при котором план опробования корректируется по мере поступления данных об изменчивости исследуемого свойства.

Нами предлагаются два варианта реализации этого подхода. При двухэтапном оценивании на первом этапе отбирается и анализируется некоторое число проб, не гарантирующее достижение заданной точности, но позволяющее оценить параметр σ^2 . На основании полученной оценки планируется дополнительный объем опробования.

При многошаговом оценивании последовательно отбирается и анализируется по одной или несколько проб, причем на каждом шаге проверяется условие прекращения опробования, использующее постоянно корректируемую оценку параметра σ^2 .

Предлагается два вида оценивания: интервальное, при котором под точностью оценивания понимается длина Δ доверительного интервала, накрывающего с заданной надежностью $M\%$, и точечное, где точность связывается с величиной дисперсии статистики \bar{X} .

Л.А.Аронова, В.А.Пырченко, Н.М.Хайме

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ЭВМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОПРОБОВАНИЯ

Для повышения практической эффективности теоретического решения задач оптимизация опробования необходимо накопление информации о характере и степени неоднородности различных типов грунтов. В лаборатории математических методов ПНИИСа обработан большой фактический материал по физико-механическим свойствам различных типов грунтов (скальных пород, глин, суглинков, лессов и т.п.), что позволило дать практические рекомендации для планирования опробования на детальных стадиях

изысканий по ряду объектов (Иценск, Дорогобуж и др.) Обработка велась с помощью комплекса программ для ЭВМ БЭСМ-4, большая часть которых разработана непосредственно в лаборатории.

Важной характеристикой для планирования опробования является оценка природной изменчивости свойств грунтов (общей дисперсии, коэф. вариации). Для получения такой информации разработана комплексная программа статистической обработки инженерно-геологических данных (КОБР).

Для решения задач об оптимальном соотношении числа проб и скважин необходимо накопление информации о соотношении плановой и локальной неоднородности, характеризуемом отношением межскважинной D_M и внутрискважинной D_B дисперсий. С помощью дисперсионного анализа получены оценки D_M/D_B .

Существенную роль при планировании оптимальных объемов опробования играет информация о корреляционных зависимостях между прямыми и косвенными показателями. В частности, критерий максимума эффективности (М.В. Рац, 1970) на основании величины коэффициента корреляции и некоторых экономических сведений позволяет установить, в каких случаях целесообразно использовать дорогостоящие прямые определения свойств, а в каких более дешевые косвенные. С помощью программы "РЕГР-2" исследованы корреляционные связи прямых и косвенных показателей суглинистых и лессовых грунтов.

Не менее важным является вопрос о возможности экстраполяции корреляционных зависимостей на участки со сходным геологическим строением. Для решения задачи составлена специальная комплексная программа "РЕСР", включающая корреляционный и регрессионный анализы и сравнение параметров линейных уравнений регрессии.

М.В. Рац

ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОПРОБОВАНИЯ

(применительно к задачам инженерно-геологических изысканий)

Теоретическое решение задач опробования может оказаться

плодотворным, если стремиться не к "внедрению" в геологию каких-то чуждых существу дела математических методов, а к алгоритмизации обычных действий опытного геолога. Необходимо прежде всего сформулировать основные принципы, которыми руководствуется геолог при интуитивном решении задач опробования. Применительно к задачам инженерной геологии можно сформулировать три принципа. Принцип обратной связи требует учета результатов решения инженерной задачи в ходе инженерно-геологической разведки и опробования. Принцип максимума информации при фиксированных затратах требует оптимального планирования и проведения изысканий. Принцип адаптации требует многошаговой корректировки программы изысканий в ходе их проведения на основе поступающей информации о структуре исследуемого массива и возможных изменениях в конструкции и компоновке проектируемых сооружений. Основные положения статистической теории опробования могут быть сформулированы следующим образом:

а) для результатов наблюдений принимается модель, выражающаяся через независимые случайные величины;

б) решение инженерной задачи рассматривается как функция случайных аргументов — показателей свойств пород;

в) в качестве параметров оптимизации выбираются дисперсия среднего результата решения инженерной задачи (или максимальная из ряда дисперсий) и стоимость изысканий, а в качестве параметров управления — точность методов исследования, расположение и число точек опробования, размер проб и т.д. При этом, варьируя характеристики сети опробования, можно получить наиболее точное решение инженерной задачи при фиксированных затратах, или наоборот (минимизировать затраты для получения фиксированной точности).

В рамках сформулированных положений в ПНИИИС решен ряд задач:

а) задачи о выборе и комплексировании методов исследования; (выбор конкурирующих методов, различающихся по точности и стоимости);

б) задачи об оптимальном размещении точек разведки и

опробования в плане и в разрезе в зависимости от геологического строения местности (геометрии разреза), степени и характера неоднородности изучаемых горных пород (см. доклады М.Т.Ойзермана и И.П.Кречетовой).

в) задачи об оценке необходимого количества наблюдений (см. доклад Т.У.Маковой и др.)

Эффективность полученных теоретических решений в практике при использовании выборочных оценок вместо точных значений параметров проверялась путем моделирования процесса опробования методом Монте-Карло на ЭВМ.

И.П.Кречетова

ЗАДАЧИ О РАЗМЕЩЕНИИ ТОЧЕК ОПРОБОВАНИЯ В ПЛАНЕ

В задачах о размещении точек опробования в плане и в разрезе предлагается использовать в качестве целевой функции функционал $F(N_{ik}) = \max_{i=1, \dots, \alpha} \{D\psi_1, \dots, D\psi_j, \dots, D\psi_\alpha\}$, где N_{ik} - числа проб, отобранных в сечении ik , $D\psi_j$ - дисперсия решения инженерной задачи в скважине j , $j=1, 2, \dots, \alpha$.

Математическая постановка задачи: найти такие N_{ik}^* , которые минимизировали бы по N_{ik} функционал $F(N_{ik})$ при заданной стоимости опробования. Приводится решение этой задачи, которая сводится к минимизации дисперсии решения инженерной задачи при условии, что дисперсии решения во всех скважинах равны и стоимость опробования задана.

Минимаксный критерий оптимальности для задач опробования предлагается использовать еще в следующем виде. Введем эффективную стоимость опробования $\varrho_i = C_i N_i \theta_i$, где C_i - стоимость исследования i -го слоя, N_i - число проб, отобранных в i -том слое, $\theta_i = 1/\sigma_i^2 \alpha \sqrt{C_i}$ - эффективность исследования i -го слоя. Будем оценивать различные размещения проб N_i по слоям, соотнося каждому набору проб N_i число, равное максимальной (по слоям) эффективной стоимости опробования $\varrho = \max_i (C_i N_i \theta_i)$, а слой, для которого эффективная стоимость оказывается максимальной, будем рассматривать

как наиболее дорогостоящий.

Один из возможных подходов к оптимизации опробования состоит в том, чтобы снизить затраты на самом дорогостоящем участке исследования. Математической формулировкой такого критерия оптимальности является нахождение минимума по N_k

от $\max_{k=1,2,\dots,k} [C_k N_k \theta_k].$

М.Т.Ойзерман

ЗАДАЧИ О РАЗМЕЩЕНИИ ТОЧЕК ОПРОБОВАНИЯ В СЛОИСТЫХ РАЗРЕЗАХ

Рассматривается задача разведки слоистой толщи с целью оценки среднего решения инженерной задачи.

В рамках статистической теории опробования (см. тезисы М.В.Раца) дана формальная математическая постановка и решение задачи оптимального размещения точек инженерно-геологического опробования между скважинами и слоями при линейной расчетной схеме инженерной задачи. Частными случаями этого решения являются задачи оптимального размещения точек опробования между слоями без учета концентрации проб в скважинах, а также оптимальное распределение проб между скважинами при разведке макроскопически однородного основания.

Частным случаем общей задачи является задача о распределении точек опробования между слоями и скважинами с целью оценки среднего значения показателя свойств пород.

Более специфический характер носит решение задач оптимизации опробования для нелинейных расчетных схем. Результаты этих исследований позволяют получать оптимальные способы размещения точек инженерно-геологического опробования для конкретных инженерных задач. В докладе рассматриваются три такие задачи:

а) задача оптимального размещения скважин при разведке водозабора (для схемы Щелкачева, 1959 г.);

б) задача оптимального размещения точек фильтрационного опробования для оценки среднего значения расхода при фильтрации поперек слоистости;

в) задача оптимального размещения точек опробования при оценке фильтрационного расхода в двухслойном основании плиты.

Р.Л.Бродская, О.Г.Семенова, В.А.Кумпан

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГОРНЫХ ПОРОД

При анализе модального состава горной породы в шлифах необходимо определение густоты аналитической сети на площади шлифа. Под густотой сети понимается количество ходов или межстрочное расстояние (при линейном способе), общее число точек или параметры поисковой ячейки (при точечном способе геометрического анализа). Выбор расстояния между строками при развертке определяется размером, характером распределения на плоскости минеральных зерен, находящихся в шлифе в наиболее подчиненном количестве, а также допустимой погрешностью измерения. Мы попытались решить поставленную задачу с помощью программ "Поиск-3" и "Поиск-4" для ЭВМ "Минск-2 (22)", разработанных в ВирГе.

Программы "Поиск" решают задачу расчета вероятностей пересечений любой кратности и среднего числа пересечений - групп плоских геометрических фигур произвольных форм и размеров поисковыми сетями из параллельных равноотстоящих прямых и параллелограммными сетями из точек. При рассмотрении сетей из параллельных прямых основу алгоритма составляет проектирование контуров отдельных фигур на перпендикуляр к линиям сети и операции с полученными проекциями. При рассмотрении сетей из точек - имитируется процесс многократных поисков, что сводится к приближенному вычислению двукратных определенных интегралов.

Расчеты на ЭВМ производились для предварительно подготовленных геометрических моделей порфировых структур горных пород. В качестве вкрапленников предусмотрены четыре типа прямоугольников с удлинениями: $a:a$; $a:2a$; $a:4a$; $a:8a$. Внутри типа прямоугольники различаются между собой по абсолютным размерам. Вероятность пересечения вкрапленника одной, двумя и более строками вычислялась для 20 вариантов межстрочных расстояний. Ориентировка длинной оси прямоугольника относительно строк изучалась в интервале от 0° до 180° с шагом в 5° .

Очевидно, что при случайной ориентировке искомого объекта вероятность пересечения статистически достаточного количества зерен линиями или сетью точек равна 1 при межстрочном расстоянии $\alpha \leq \rho$. Экспериментальные исследования, однако, показали, что наименьшие межстрочные расстояния, при которых вероятности по крайней мере однократного (а в ряде случаев и двукратного) пересечения равняются единице, не обеспечивают удовлетворительной точности, если суммарная доля вкрапленников составляет менее 4% изучаемой площади.

Из сравнения обработанного фактического материала с данными машинных расчетов следует:

1) для модального анализа линейным способом с погрешностью измерения до 1% межстрочное расстояние должно задаваться с учетом не только от размера, но и количества ρ подсчитываемых минеральных зерен;

2) при условии равномерного распределения вкрапленников можно ориентироваться на следующие результаты: при $\rho = 1\%$, $\alpha = 0,5a$; $\rho = 2\%$, $\alpha = 0,75a$; $\rho = 4-16\%$, $\alpha = a$.

Р.Л.Бродская, Л.С.Гельман

ЛИНЕЙНЫЙ ПОИСК ПРИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЕРЕН

Основанный на вероятностном анализе метод линейного поиска позволяет рассчитать средний размер зерен в шлифе, их

количество на обследованной площади и оптимальные параметры аналитической сети, в частности - межстрочное расстояние, или шаг трансляции в развертке шлифа. Имеют место следующие соотношения:

а) средний размер зерна

$$E(x) \approx \frac{2\sqrt{2}}{\pi} R \ln \lg \frac{3\sqrt{2}}{8} \quad \text{для квадрата со стороной } R ;$$

$$E(x) \approx \frac{\sqrt{3}R}{2} \quad \text{для круга радиуса } R ;$$

$$E(x) \approx \frac{\sqrt{3}RV\sqrt{3}}{12} \quad \text{для равностороннего треугольника со стороной } K ;$$

$$E(x) \approx \frac{2B}{\sqrt{1 + \frac{1}{K^2}}} \ln \frac{\lg(\frac{\sqrt{2}}{4} + \frac{1}{2} \arctg \frac{1}{K})}{\lg \frac{1}{2} \arctg \frac{1}{K}} \quad \text{для прямоугольника со сторонами } a \text{ и } b, \\ a = bK, K = 1, 2, \dots$$

$E(x)$ - математическое ожидание размера x части отрезка (хорда), заключенного внутри зерна - определяется из показаний прибора;

б) оптимальное межстрочное расстояние получаем из необходимости выполнения равенства

$$\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^L l_{ij})}{L},$$

где n - число зерен в шлифе, τ_i - число пересечений зерна i линиями сканирования, i - номер зерна, j - номер хорды, l_{ij} - длина j -ой хорды в i -ом зерне, L - общая длина линии сканирования. Предположим, что все зерна одинаковы по форме и размеру. Тогда

$$d_p = \frac{p\% \cdot S}{L_2 p\% + E(x)N 100} \quad (1)$$

Здесь $p\% = 100 \sum S_i / S$, d_p - оптимальное межстрочное расстояние, S - площадь шлифа, N - число хорд, L_2 - ширина шлифа.

Предложенный алгоритм проверялся на геометрических моде-

ных порфировых структур горных пород. Из проверки следует: а) статистической информации, достаточной для корректного модального анализа, оказывается явно недостаточно для гранулометрического; б) гранулометрический анализ минерального вида в шлифе методом хорд правомочен только в случае содержания этого вида более чем 5% от площади шлифа; в) площадь выборки для гранулометрического анализа должна быть не менее $20 \times 20 \text{ мм}^2$; г) суммарное число хорд N , достаточное для гранулометрического анализа, определяется величиной выбираемой погрешности α и вероятности β появления этой погрешности

$$N = \left[\frac{\delta_x \cdot 100}{\alpha} \right]^2 \cdot \frac{1}{1-\beta},$$

где δ_x есть средняя относительная погрешность одного измерения, а $[A]$ - целая часть числа A ; д) по формуле (I) определяется межстрочное расстояние в сканировании d_p . В опытах, где рассчитанные результаты размеров зерен оказались равны истинным, d_p должно быть равно $d_{ск}$ реальному. Сравнение d_p и $d_{ск}$ убеждает в правильности применяемого алгоритма.

Ж.М.Бейлина, Ю.З.Зульфугаров,
В.С.Щербачков

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНДА ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ
СЕТИ ОПРОБОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ НЕОРТОГОНАЛЬНЫХ
ПОЛИНОМОВ С ВЫБОРОМ ИХ СТЕПЕНИ

Анализируется метод, предложенный Х.Мандельбаумом (1968). Составлена программа для ЭВМ Минск-32.

В.Ф.Мягков, Г.В.Лебедев
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ПРОБАМИ (С УЧЕТОМ
АВТОКОРРЕЛЯЦИИ КОНЦЕНТРАЦИЙ)

Выполненные расчеты оптимального расстояния между проба-

ми для Сарановского месторождения (В.Л.Баталов, В.В.Лебедев), скарновых медных руд месторождений Турьинской группы (Г.В.Лебедев) и скарновых магнетитовых руд месторождений Богословской группы (А.С.Сунцев) позволили внести в систему опробования разрабатываемых рудных тел ряд существенных уточнений.

О.Г.Семенова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАВНОМЕРНЫХ ПОИСКОВЫХ СЕТЕЙ
ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ С ПОМОЩЬЮ
ЭЦВМ

Машинный способ расчетов был применен для обработки практического материала, что позволило рассчитать количественные связи между густотой сети наблюдений, ее ориентировкой и эффективностью поисков, а также количественно сравнить эффективность нескольких геофизических методов.

А.М.Комаров

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НЕПРЕРЫВНОГО
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ НА ЭВМ

Рассматривается задача расчленения толщи пород с использованием метода накопления сигналов. Сигналами служат результаты непрерывного опробования, передающие сообщения о литологическом строении толщи. Сигналы искажены помехами, от которых можно избавиться, применяя метод накопления сигналов. Для установления статистической связи между сигналами, передающими одно и то же сообщение, используется критерий знаков. Связь признается значимой на уровне $\alpha = 0,05$, который, как показывает опыт, обеспечивает взаимную непротиворечивость попарных связей между сигналами.

Приращения полезного сигнала Φ_j определяются путем суммирования нормированных приращений всех взаимосвязанных между собой сигналов:

$$\Delta \Phi_j = \sum_{i=1}^r \frac{\kappa_i J_i \Delta f_{ij}}{|\Delta f_i|} , \quad (1)$$

где Δf_{ij} - приращения сигналов.

В формуле (1) κ_i обозначает коэффициент, служащий для указания положительных и отрицательных связей между сигналами и принимающий значения ± 1 . Коэффициент J_i - информационный вес сигнала, определяемый как количество информации по Шеннону:

$$J_i = \sum_j H_{ij} , \quad (2)$$

где H_{ij} - энтропия, равная количеству информации, которую содержит данный сигнал о каждом из взаимосвязанных с ним сигналов:

$$H_{ij} = -[p_{ij} \log p_{ij} + (1-p_{ij}) \log (1-p_{ij})] \quad (3)$$

Здесь p_{ij} обозначает вероятность того, что оба взаимосвязанных сигнала передают одно и то же сообщение.

Полезный сигнал определяется по формуле:

$$\Phi_j = \sum_{s \leq j} \Delta \Phi_s , \quad j = 0, 1, \dots, m-1. \quad (4)$$

В том случае, если будет выделено несколько полезных сигналов, к ним применяется тот же алгоритм для выделения связей как между собой, так и со всеми остальными сигналами, не вошедшими ни в один из полезных сигналов. Если связи обнаружатся, это значит, что одно и то же сообщение передают все сигналы, из которых выделены взаимосвязанные полезные сигналы. Следовательно, последние можно сложить, даже если непосредственно между ними значимые связи отсутствуют.

Проведение границ слоев производится последовательным приближением полезного сигнала ступенчатой функцией, удовлетворяющей условию среднеквадратичного отклонения. Точки скачкообразного изменения значений ступеней будут служить границами слоев.

Сопоставление разреза, построенного ЭВМ, с геолого-литологическим разрезом, построенным человеком, показывает хорошую сходимость результатов.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ ПО ИХ СЕЧЕНИЯМ

Рассматривается класс задач, касающихся определения геометрических характеристик, их распределений и соотношений параметров различных подсистем статистической системы тел по данным ее сечений.

В. В. Богацкий, А. Ф. Дмитриев

О ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ,
НЕДОСТУПНЫХ НЕПОСРЕДСТВЕННОМУ ИЗМЕРЕНИЮ
(на примере анализа сечений геологических тел)

Изучение объектов, недоступных прямому измерению, осуществляется точечными наблюдениями, совокупность которых образует сеть. Геологическая сеть есть система равноотстоящих друг от друга линий (РЛ), вдоль которых через равные интервалы проведены точечные наблюдения; расстояние между РЛ ℓ_y и шаг ℓ_x в общем случае различны.

Если наибольшая протяженность объекта исследования L , а шаг равен ℓ_x , то при $\ell_y \rightarrow 0$ предельная абсолютная погрешность оценки площади исследуемого тела составит:

$$(L)2\ell_x$$

Когда известна модель площади S_M , ее истинное значение S удовлетворяет неравенству

$$S_M + \ell_x(L) \geq S \geq S_M - \ell_x(L).$$

Обозначив $2\ell_x(L)$ через НМ (неопределенность модели) можно записать отношение $\frac{НМ}{S_M}$, которое отражает уровень достоверности модели; $\ln \frac{1}{\frac{НМ}{S_M}}$ характеризует (по Бриллюэну) уровень "правильной" (полезной) информации.

Абсолютная предельная погрешность зависит от протяженности изучаемого объекта и шага изучения; произведение этих величин является мерой неопределенности системы исследования.

Для объектов, недоступных прямому измерению, понятие абсолютной погрешности не правомерно; в этой ситуации оценка достоверности достигается лишь через меру неопределенности.

В.В.Богацкий, А.Ф.Дмитриев

ПОГРЕШНОСТИ ОКОНТУРИВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ,
ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИХ ТОПОЛОГИЕЙ

Простейшая модель исследования геологического тела - это горизонтальный непрерывный пласт, разведываемый по квадратной сети с шагом ℓ системой буровых скважин (точки). Для простоты допустим, что границы пласта прямолинейны, а их положение устанавливается на середине расстояния между соседними выработками, если одна из них пласта не выявила. В этой ситуации максимальное несоответствие реального и отрисованного контура для каждой разведочной линии (РЛ) равно длине одного шага (ℓ).

Положив, что реальная площадь пласта квадрат со стороной a , максимальная погрешность оконтуривания ΔS_{max} составит:

$$\Delta S_{max} = (a + \ell)^2 - a^2 = 2a\ell + \ell^2.$$

Так как $4a$ равно периметру P квадрата, то

$$\Delta S_{max} = \frac{P}{2} \cdot \ell + \ell^2 \quad (I).$$

Поскольку уменьшение ℓ ведет к уменьшению ΔS_{max} , всегда можно задаться таким ℓ , что относительная погрешность, выраженная в долях целого, не превысила некоторого числа δ , т.е.

$$\delta = \frac{2a\ell + \ell^2}{a^2}$$

Если геологическое тело представляет прямоугольник со сторонами a_1 и b_1 , где $a_1 < b_1$, и поскольку $a_1 + b_1 = \frac{P}{2}$, то очевидно, что ΔS_{max} есть функция периметра P при выбранном шаге ℓ

Периметр прямоугольника со сторонами a_1 и b_1 (равно-

великого по площади квадрату $S = a^2$ в $\frac{\kappa^2 + 1}{2\kappa}$ раз больше периметра квадрата (при $\delta_r = \alpha\kappa$, $a_r = \frac{\alpha}{\kappa}$). Следовательно (пренебрегая единицей в числителе) можем утверждать, что абсолютная погрешность оконтуривания прямоугольника примерно в $\frac{\kappa^2}{2}$ раз больше равновеликого квадрата.

Можно утверждать, что: 1) погрешность оконтуривания зависит не только от густоты наблюдений (величины шага), но и от топологии геологических тел; 2) наименьшие погрешности имеют место, когда форма разведочной сети подобна форме объекта исследования; при этом важно не столько формальное подобие, сколько отражение в форме ячейки исследования главных векторов изменчивости геологического объекта; 3) если не известны направления изменчивости, равномерная сеть обеспечивает наименьшее искажение реальной анизотропии объекта исследования.

Ю.К.Панов

РАСЧЕТ НАДЕЖНОГО МИНИМАЛЬНОГО ВЕСА ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОЙ ПРОБЫ, ОТОБРАННОЙ ИЗ УЧАСТКОВ КОРЕННОГО ЗАЛЕГАНИЯ РУД И КРУПНОКУСКОВАТОГО МАТЕРИАЛА

Дан критический анализ формул Г.О.Чечотта, Д.А.Краснова, П.Жи, П.А.Шехтмана, применяемых для отбора проб из отбитых рудных масс мелкого и среднего класса крупности и из мест коренного залегания руды в забоях горных выработок.

На примере вкрапленных хромитовых руд Кемпирсайских месторождений с использованием биномиального и нормального распределения содержаний в них хромшпинелидов выводится оригинальная формула для определения надежного минимального веса пробы, отобранной от крупнокусковой отбитой руды и из забоев горных выработок и обнажений:

$$Q = \frac{d^3 \delta \rho (1 - \rho)}{10^6 \cdot \Delta^2} \beta^2 t^2 \quad \text{кг, где}$$

Q - надежный вес пробы, кг; d - средний размер вкрапленности рудного минерала, мм; ρ - доля рудного минерала

для данного типа руды; ρ - объемный вес руды, г/см³;
 β - процентное содержание ценного компонента в рудном минерале, абс.%; t - коэффициент вероятности, равный 2;
 Δ - допустимая ошибка химического анализа или величина кратная ей, абс.%; 0,000001 - переходный коэффициент от м³ к дм³.

Н.Н.Михеев

К ТЕОРИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ СКВАЖИНЫ

Определена математическая модель искривления ствола скважины. Проведена конкретизация этой модели в соответствии с физической сущностью искривления скважины. Уравнения, определяющие смысл предложенного метода, реализованы на ЭВМ "Мир-1".

А.М.Шурыгин

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОЦЕНКА ЕГО ПОГРЕШНОСТИ НА МОДЕЛИ УСЛОВНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Для оценки погрешностей подсчета запасов месторождения используются две статистические модели. В первой, вариационной, пробы рассматриваются как независимые случайные величины, во второй (Ж.Матерон) последовательность проб рассматривается как реализация случайного процесса. Задача оценки запасов в обоих моделях заменяется задачей оценки математического ожидания в генеральной совокупности проб или реализаций процесса; такая замена не эквивалентна.

Предлагается модель случайного процесса $y(t)$, на который наложено условие: в точках (или интервалах) опробования $y(t)$ принимает известное значение (или имеет известное среднее значение). Если $x(t)$ - гауссовский процесс, то при нормальных распределениях $y(t) = x(t)$, при логнормальных $y(t) = \sigma^{x(t)}$. Так как связи процесса на больших ин-

тервалах учтены введенным условием, для решения задач важны лишь локальные связи на расстояниях, меньших расстояний между пробами. Судя по просмотренным материалам экспериментально-го стуженного опробования, $x(t)$ можно считать процессом с локально-стационарными приращениями и степенной структурной функцией, а во многих случаях просто локально-винеровским процессом.

В рамках предложенной модели решается задача взвешивания при неравномерном опробовании и учета "ураганных проб". Рассмотрение модели двумерного условного случайного поля дает возможность, комбинируя одномерные и двумерные модели, последовательность которых зависит от способа разведки, решать задачу подсчета запасов и оценку его погрешности в объеме месторождения. Таким опособом может быть оценена погрешность интерполяции (но не погрешность, обусловленная геологическими ошибками).

Моделирование процесса разведки на небольшом полностью известном объекте, показывает хорошее совпадение реальных ошибок и расчетных величин. Те же данные, просчитанные по Ж.Матерону, дают многократное завышение дисперсии, а использование методов вариационной статистики приводит к завышению дисперсии в десятки раз.

В.В.Немец

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

С 1965 г. автор занимается разработкой пространственных моделей месторождений, основанных на скользящих средних, изолиниях основных качественных параметров и на корреляционном анализе.

Вычислительные работы по подсчету запасов ведутся на ЭВМ отдельно для различных типов блоков:

- а) микроблоки - основные единицы (программа ЗАБЛ);
- б) макроблоки - соответствующие геологическим блокам

(программа СЛОУБЛ);

в) мегаблоки — основа поиска оптимального варианта эксплуатации (программа ГАБЛ).

Подготовка первичных данных на входе в программу ЗАБЛ существенно упрощена введением полуавтоматизированной линейной интерполяции по программе ЗАБЛИН.

Для использования данных подсчета запасов в целях оптимальной эксплуатации в 1971 г. создана программа СИМЭКС. Предложены основные варианты способов добычи сырья в зависимости от горнотехнических условий разработки месторождения и технологических кондиций производства.

Хотя вышеуказанный метод обеспечивает объединение взглядов геолога, технолога и горняка на месторождение, зависимость конструкции модели от высоты уступов карьера (определенной *a priori*) и связь собственного подсчета запасов с уровнями уступов проявились в некоторых случаях недостатком. Необходимость уточнения результатов разведки в течение эксплуатации (актуализация подсчета запасов) и возможности прямого использования данных подсчета в автоматической системе управления (неизбежность перехода на эксплуатационные блоки относительно меньших размеров) привели к новому варианту пространственных моделей.

Новый вариант создан на тех же основах, что и предыдущий, но скользящие средние рассчитываются для мощностей порядка 5–6 м (ранее высота уступов карьера принималась равной 20–25 м). Вводится новый тип миниблоков постоянной мощности (5–6 м), которые возможно создать как объединение двух или более моделей, выражающих отдельные основные закономерности (например, "чистая" модель осадконакопления и модель вторичных искажений за счет тектонических нарушений). Соединением (вертикальным и горизонтальным) миниблоков можно достигнуть оптимизации уровней и высоты уступов карьера и на основе тщательного анализа выбрать оптимальные горнотехнические условия разработки месторождения. Затем следует перевести систему подсчитанных миниблоков на собственные микроблоки и высшие единицы подсчета запасов.

Вышеуказанные работы проведены в промышленном масштабе на крупных месторождениях известняков и цементного сырья в ЧССР. Опыт показывает, что путем постепенных улучшений с немедленным их внедрением в практику можно скорее и лучше подойти к АСУ, нежели развитием строго теоретически обоснованных научно-исследовательских программ без прямой связи с требованиями горной промышленности (психологические эффекты внедрения АСУ).

И.П.Шаралов, М.И.Савиних

ПРОБЛЕМА КОЭФФИЦИЕНТОВ НАМЫВА

Отношение фактически (при эксплуатации) полученного содержания золота к вычисленному в процессе разведки содержанию называется коэффициентом намыва. Коэффициент намыва определяют по отдельным блокам, каждый из которых опирается на разведочную линию, а также по группе линий и по россыпи в целом.

Для повышения точности разведки россыпей предлагается ряд мер, в частности, определение среднего содержания золота по разведочной линии методом тренд-анализа.

Исследования по дальнейшему уточнению способа вычисления среднего содержания и подсчета запасов золота ведутся на ряде россыпей. Оптимальная величина коэффициента намыва при улучшении как разведки, так и эксплуатации, должна равняться единице.

М.И.Савиних

ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ТРЕНДА НА РОССЫПЯХ ДЛЯ ПОИСКОВ АНОМАЛИЙ ЗОЛОТА

Рассматриваются возможности интерпретации поверхностей тренда, построенных по данным буровой разведки, с привлечением информации, снятой с геологических, геохимических и геофизических карт.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ ПРИ
ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрено построение расчетных схем, типизирующих геолого-литологическое строение.

Л.М.Чертков, Э.Г.Борщ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА
МАССИВАХ ОРОШЕНИЯ

Задача обработки массовой информации может быть сформулирована следующим образом: по данным режимных наблюдений (лабораторных определений) отыскать такую функцию от координат пространства и времени, которая смогла бы описать закон распределения измеряемого признака (изменение уровня и гидрохимического режима). При этом полагаем, что результаты единичных наблюдений с определенной степенью достоверности являются частными реализациями искомой функции.

Формальная постановка задачи. Пусть D - область исследования с режимной наблюдательной сетью, каждая точка (скважина) которой задана координатами x, y, z в прямоугольной системе координат. Обозначим результат единичного наблюдения $H(x, y, z, t)$ и будем искать закономерность распределения исследуемого признака в виде трендовой поверхности, выраженной полиномом n -й степени.

С гидрогеологической точки зрения сущность решения заключается в том, что, имея достаточно большой ряд наблюдений, можно найти математическое описание заложенного в фактическом материале природного процесса в виде функциональной зависимости исследуемой величины от переменных координат и времени.

Разработанный авторами алгоритм реализован на ЭВМ Минск-22м и использован для оценки гидрогеолого-мелиоративной обстановки на Фрунзенском орошаемом массиве.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ГЕОЛОГИИ

Э.П.Кириянов, Д.А.Симунин, В.Э.Соловьев

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ
ИССЛЕДОВАНИЯМИ И РАЗРАБОТКАМИ

К числу нерешенных вопросов управления деятельностью научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций можно отнести:

- недостаточную изученность механизма взаимодействия между наукой, производством и потреблением;
- отсутствие практического применения прогнозов при выборе научных направлений и формирования тематики;
- отсутствие удовлетворительной системы показателей для оценки уровня выполняемых научных исследований и разработок;
- отсутствие достаточно надежных и объективных критериев оценки эффективности деятельности НИИ и его подразделений.

Решение этих вопросов особенно усложняется при ведении крупных исследований и разработок, когда затруднено определение значимости отдельных работ, источники будущих срывов ускользают от внимания, а успехи одних коллективов сводятся на нет задержками в работе других.

Повышение эффективности управления научными исследованиями и разработками (НИР) требует совершенствования их технологии и формализации ее компонентов, что позволяет ввести количественные соотношения в процесс управления НИР. Научный процесс в научно-исследовательской организации (НИО) можно условно разделить на две части: формирование тематики работ и их выполнение. От формирования тематики зависит целесообразность использования государственных средств, а от технологии выполнения НИР - сокращение сроков и стоимости работ и скорость внедрения их результатов.

В этих условиях появляется необходимость в создании автоматизированных систем управления деятельностью научно-исследовательских организаций (АСУ-НИО). АСУ должны обеспечить решение всех задач экономического, организационного и технического характера, основные из которых:

- разработка прогнозов развития направлений института;
- разработка перспективных и годовых тематических планов;
- создание единой системы плановой и отчетной документации;
- разработка эффективной системы оценки качества выполняемых НИР и контроля исполнительской дисциплины сотрудников;
- создание нормативной базы планирования и управления;
- разработка рациональной структуры НИО;
- механизация и автоматизация планово-экономических расчетов и задач по учету и контролю деятельности НИО.

В докладе показаны пути решения этих задач, в частности, задачи автоматизации контроля исполнительской дисциплины.

К.К.Арзиани

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКАМИ АСУ-ГЕОЛОГИЯ

В создании "АСУ-Геология" участвует множество организаций, территориально, организационно и методологически разоб- щенных, что может привести к плохо увязываемым проектным решениям. Необходима единая система управления всеми разработками, целями которой являются:

- 1) эффективный выбор важнейших направлений работ;
- 2) рациональное распределение необходимых ресурсов;
- 3) действенный контроль за ходом и качеством разработок;
- 4) координация действий всех занятых организаций;
- 5) своевременное выявление "узких мест", административ-

но-организационных и научно-технических трудностей;

- 6) устранение дублирования работ;
- 7) оперативное вмешательство в процесс создания АСУ;
- 8) взаимоувязка отдельных частей системы в единое целое;

Достижение этих целей требует разработки комплекса организационных мероприятий и модели управления созданием АСУ.

К числу организационных мероприятий относятся: периодические совещания, конференции, семинары руководителей проектов, отчеты о выполнении работ и другие виды обмена информацией о ходе проектирования.

Структура системы управления разработками АСУ должна быть иерархической с четким определением информационных взаимодействий организаций-разработчиков на всех уровнях отрасли, что позволит вести оперативный контроль за ходом разработок и выработку управляющих воздействий.

Созданию модели управления разработками АСУ должно предшествовать определение структуры управляющих органов, состава информации, вида информационно-справочной системы, методов сбора и анализа данных о разработках, методов принятия решений и воздействия на процесс создания АСУ. Сама модель включает информационно-справочную систему, олоки анализа, подготовки данных и принятия решений, контур обратной связи. Ее жизнеспособность определяется единством методологии проектирования всех организаций.

Р.А.Жуков, Ю.Р.Ткачев

ОСНОВНЫЕ КОНТУРЫ АСУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НИИ

Хотя потребность в эффективном управлении наукой велика, понятие АСУ до сих пор связывается преимущественно с промышленным производством, характеризуемым жестко определенными целевой продукцией и технологией и отвечающей им административной структурой. Несмотря на очевидную специфику научного исследования, тем более в геологии, его можно рассматривать

как процесс производства геологической информации, задаваемой для каждого НИИ его целевым профилем. Этим определяется принципиальная возможность превращения геологических НИИ в автоматизированные системы управления (АСУ-НИИ) по образу известных АСУПов. Под этим понимается реорганизация не только управления, как принято в АСУП (ввиду материальной природы промышленного производства), но и перестройка столь же информационных по своей природе процессов научного "производства" - геологических исследований. В соответствии со сказанным, АСУ геологического НИИ представляется как взаимодействующие объект управления - комплекс обработки геологической информации (КО) и управляющий орган или комплекс управления (КУ).

Основная трудность создания АСУ-НИИ - разработка заведомо эффективных функциональной и административной структур НИИ как системы управления. Эту задачу позволяют решить разработанные авторами операциональная схема информационно-исследовательских процессов и, на ее основе, - целевая структура геологических исследований.

В соответствии с первой получена типовая структура АСУ геологического НИИ как строго определенная взаимосвязь его научных подразделений, которые объединены в системы, соответствующие основным операциям обработки геологической информации - ее "сбору" на полевой и лабораторной стадиях исследования и "смысловой переработке" на последующих, со службами НИИ, отвечающими вспомогательным операциям информационного "хранения-поиска", "выдачи" (публикации), а также "управления". Все подразделения и операции, кроме последней, относятся к КО. Операции управления соответствует КУ, в структуре которого таким же операциям обработки управленческой информации отвечают системы "принятия решений" (дирекция и Ученый совет), "подготовки решений" (подразделение, включающее ряд секторов - плановый, координации, контроля выполнения решений и др.) и "реализации решений" (отделы кадров, снабжения, бухгалтерия и др.)

Упомянутая целевая структура геологических исследований при заданном целевом профиле геологического НИИ позволяет вывести заведомо эффективную структуру его научных подразделе-

ний как инвариант всего множества целесообразных для его профиля конкретных тематических планов. Точное установление специфической для данного НИИ иерархии целей открывает возможности планирования научных исследований и управления ходом их выполнения в принципе с той же степенью строгости, как и на промышленном предприятии, без потери при этом творческой составляющей, присущей научному исследованию.

Описанный подход к геологическому НИИ может быть тем более эффективным в применении к производственным геологическим организациям - трестам и геологическим управлениям.

П.Э.Винтер

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АСУ-ГУ

Ввиду отсутствия опыта по созданию автоматизированных систем управления на уровне территориальных геологических управлений (АСУ-ГУ), проблема рассматривается лишь на основе общих представлений о ведущих производственных процессах в этих геологических организациях с учетом подобного опыта на промышленных предприятиях.

Производство в ГУ с кибернетической точки зрения является сложной системой, включающей различные по характеру деятельности подразделения: съемочные и разведочные партии, аналитические лаборатории, автотранспортные и ремонтные предприятия, органы материально-технического снабжения и т.п. В то же время это производство как кибернетическая система состоит из управляемой и управляющей частей, соединенных каналами передачи информации в единое целое.

В управляемой части можно выделить следующие подсистемы: проектирования, материально-технического снабжения, кадров и организации труда, обслуживания, лабораторий, полевых работ, обработки геолого-геофизической информации.

Каждая из этих подсистем имеет свою локальную подсистему управления. Имеется также центральная управляющая часть, координирующая все локальные подсистемы. Она состоит из высшего

уровня руководства (начальник геологоуправления, главный геолог и т.п.) и аппарата управления. В центральной управляющей части выделяются подсистемы: перспективного геолого-экономического планирования, бухгалтерского учета, финансовой деятельности, технико-экономического оперативного планирования, оперативного планирования и учета. Их функционирование обеспечивают соответствующие подразделения аппарата управления (бухгалтерия, плановый и финансовый отделы и т.д.) В центральную управляющую часть входит также подсистема информационного обслуживания, включающая вычислительный центр, ОНТИ и отдел математических методов.

Организационная структура ГУ имеет несколько уровней иерархии (геологоуправление, экспедиция, партия), которым должна отвечать иерархия структуры АСУ. В то же время процесс управления инвариантен для всех уровней и подсистем управления (локальных и централизованных) и состоит из следующих операций: учета, планирования, контроля, анализа и регулирования.

Для деятельности ГУ характерны: слабая автоматизация основных производственных процессов, большая удаленность исследуемых районов и частая их смена, зависимость от климатических условий. Все это снижает возможности применения автоматизированных процедур управления, особенно в части сбора и передачи информации. В наибольшей степени возможна автоматизация обработки геолого-геофизической информации и решения задач планирования и учета. Поэтому на ближайший период, необходимо ориентироваться на разработку и создание в ГУ информационных АСУ.

Р.А. Жуков, Ю.Р. Ткачев

ЦЕЛЕВАЯ СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАНИЙ И ИЕРАРХИЯ НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В АСУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НИИ

Исходный пункт проектирования любой АСУ — определение генеральной цели (конечной продукции) соответствующего производства, отталкиваясь от которой можно последовательно установить его целевую, операциональную и организационную струк-

туры, чье взаимное соответствие является необходимым условием эффективности производства, а значит и важнейшим принципом построения АСУ. Эти структуры, независимо от характера их элементов (цели, операции, производственные подразделения) выражают форму организации разных сторон производства, рассматриваемого в качестве целостной системы, причем наиболее совершенным типом структуры является иерархический. Целевые структуры этого типа известны под названием "целевых деревьев", организационные - под именем "пирамидальных структур".

Научно-исследовательскую деятельность геологического НИИ правомочно считать производством со своеобразной конечной продукцией - информацией, по содержанию отвечающей генеральной цели НИИ, которая задает его целевую структуру в виде соответствующего проблемно-тематического плана исследований. Однако в силу творческой специфики деятельность НИИ отличается от собственно производственной некоторой неопределенностью в постановке генеральной цели (проблемы) и всех промежуточных тем и задач, а главное - их слабой увязкой в общее целевое дерево. Одна из причин этого - отсутствие единого критерия субординации геологических исследований, без которого невозможно обойтись в условиях АСУ, когда во главу угла ставится управление "по целям".

Исходя из модельной природы целей и результатов научно-исследовательской деятельности, в роли такого критерия предлагается использовать (пока в качественном выражении) уровень относительной синтетичности (сложности) моделей геологической реальности, создаваемых при решении тех или иных задач проблемно-тематического плана. Предлагаемый критерий отражает объективную иерархию отраслей геологии, в основе которой лежит естественная иерархия геологических явлений. Методологической основой его введения служит операциональная концепция познавательных, информационных процессов, согласно которой их направленность выражается в последовательном увеличении уровня синтетичности создаваемых моделей - от предельно аналитичных (например, набора отдельных характеристик геологических явлений) до максимально синтетичных (например, целостных

теорий этих явлений).

С помощью предложенного критерия удается в общем виде представить иерархию типовых геологических моделей и соответствующих им типов исследований. Моделям типа "минерал" отвечают исследования кристаллографического и минералогического уровней, моделям типа "порода" — исследования литологического и петрологического уровней и т.д., вплоть до наиболее сложных моделей типа "литосфера в целом", которым отвечают глобальные общегеологические исследования. Особое место на вершине этой иерархии занимают общегеологические исследования, отвечающие модели "региональный минерогенетический прогноз".

На основе типовой иерархии и с учетом некоторых других теоретических и практических ограничений построено обобщенное целевое дерево научных исследований ВСЕГЕИ и соответствующая пирамидальная организационная структура — иерархия его научных подразделений (отделов и лабораторий), составляющих в совокупности объект управления АСУ. Это позволяет внести ряд предложений об изменении тематики и перестройке существующей организационной структуры института, что является важнейшим шагом на пути создания АСУ-ВСЕГЕИ. Отдельно обсуждается вопрос о целесообразности введения "гибкой" организационной структуры, динамично перестраиваемой при изменении целевого дерева исследований, и о сочетании ее с "жесткой" структурой обычного типа.

Иерархический принцип формирования тематики и организационной структуры следует использовать при создании АСУ-Геология во всех учреждениях отрасли, соответствующих ее подсистемам — АСУ нижележащих уровней. В теоретическом плане необходимы поиски количественного выражения критерия субординации и детализация типовой иерархии исследований.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА МОРСКИХ ГЕОЛОГО-
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ В СВЯЗИ С ПРОЕКТИРОВАНИЕМ
ПОДСИСТЕМЫ "МОРГЕО" АСУ-ГЕОЛОГИЯ

Подсистема "МОРГЕО" АСУ - Геология представляет совокупность административных и экономико-математических методов, средств вычислительной техники и связи, позволяющих органам управления осуществлять оптимальное управление морскими геолого-геофизическими работами (МГТР) в условиях новой системы планирования и экономического стимулирования.

Для уяснения динамики процесса управления МГТР необходимо уже на этапе обследования отрасли провести построение информационной модели их производства. В связи с этим задача проектирования подсистемы "МОРГЕО" распадается на две:

а) изучение системы управления производством МГТР на основе представления его в виде информационного процесса с целью оптимизации управления и самого процесса МГТР;

б) рассмотрение процесса создания подсистемы в виде информационного и его оптимизация на основе СПУ.

В самом общем виде процесс управления МГТР можно представить в виде модели, отображающей его основные этапы:

а) сбор и подготовку информации о состоянии объекта в виде количественных значений его переменных;

б) переработку полученной информации с целью получения решений в соответствии с критерием цели;

в) выдачу и доведение до исполнительской части системы управляющих предписаний на основе полученных решений.

В целом система МГТР должна иметь информационную сеть с головным и региональными центрами, связанными определенным порядком соподчиненности и автономный замкнутый контур управления, обеспечивающий саморегулирование, и включать подсистемы: собственно МГТР, научно-исследовательских работ (НИР), материально-технической подготовки (МТП), организационно-трудовой подготовки (ОТП), обслуживания (О), хранения,

сбора и передачи информации (ИПС).

В докладе дается описание управляемой части "МОРГЕО" в целом и указанных подсистем и ее управляющей части с подсистемами: перспективного планирования и анализа экономической деятельности; управления финансовой деятельностью; управления производством; планирования и учета труда и зарплаты планирования, учета и анализа НИР; бухгалтерского учета, управления обслуживанием.

М.М.Кизаев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА КАК ПОДСИСТЕМА АСУ

В последние годы в различных отраслях народного хозяйства все большее применение получают автоматизированные системы управления (АСУ) и информационно-поисковые системы (ИПС), основанные на широком использовании современных средств вычислительной техники.

Однако проработка важнейших проблем и задач в рамках каждой системы обоих типов до сих пор проводится самостоятельно, без взаимосвязи их между собой. Такой подход увеличивает затраты на разработку систем, снижает эффективность их функционирования и задерживает автоматизацию всех операций по сбору, хранению и обработке информации. В то же время сравнительный анализ методов разработки и принципов функционирования рассматриваемых систем показывает, что они не только имеют много общего (одинаковые принципы алгоритмизации процессов сбора и обработки информации, единую техническую базу - ЭВМ и средства связи), но и дополняют друг друга при решении многих задач планирования и организации развития отраслей народного хозяйства.

В докладе анализируются основные задачи, решаемые АСУ, определяются необходимые для их решения виды информации и технические средства и на основании полученного материала определяются основные уровни взаимосвязи АСУ и ИПС.

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИВЦ

Информационно-вычислительные центры, как звенья единой, сложной иерархической ОАСУ существенно различаются по назначению, виду и объему поступающей в них информации. Роль важнейших подсистем: сбора первичной информации, ее поиска и хранения, смысловой переработки и управления ее обработкой может варьировать в широких пределах. Это связано прежде всего с тем, что оптимальная централизация потоков разнотипной информации достигается на разных уровнях. В частности, документографической – на отраслевом, петрохимической – на региональном, а некоторые виды геохимической (спектрометаллометрические данные и т.п.), по соображениям рентабельности, вообще не подлежат хранению в автоматизированных ИПС. В соответствии с этим и математическое обеспечение геологических ИВЦ разного уровня может существенно различаться. Наибольшие различия связаны со спецификой вспомогательных подсистем: поиска хранения и управления.

Математическое обеспечение подсистемы смысловой переработки информации – главная инвариантная составляющая большинства ИВЦ. Содержание его, однако, меняется по мере углубления процесса математизации науки в целом. Накопление теоретического знания в современной геологии идет в основном по пути эмпирических обобщений, что во многом определяет специфику используемых математических методов.

Структура математического обеспечения подсистемы смысловой переработки определяется разнообразием используемых методов и их комплексированием в процессе геологического исследования. Дополнительные требования к структуре предъявляют значительные объемы исходной информации и многостадийность процедуры ее обработки. Все это предопределяет возможность и целесообразность конструирования своего рода вычислительных комбайнов – автоматизированных систем обработки геологической информации. Такие системы позволяют автоматизировать

составление рабочих программ из стандартных блоков различных иерархических уровней, а также комплексирование программ с учетом специфики решаемой геологической задачи и, кроме того, совершенствование их по мере накопления опыта эксплуатации. Системы допускают сопряжение с системами, выполняющими иные функции (сбора лабораторных и полевых данных, информационного поиска и т.п.). Достоинством их являются также инвариантность формы подготовки исходных данных и возможность обнаружения допускаемых при этом ошибок.

Опыт создания подобных систем в ИВЦ ВСЕГЕИ свидетельствует о больших перспективах в этом направлении. Эксплуатация систем "АСОГИ" и "ПРОГНОЗ" привела к резкому сокращению затрат времени на решение типовых геологических задач, увеличению надежности получаемых результатов при существенном упрощении эксплуатации ЭЦВМ.

А.Е.Куликович, В.С.Готынян,
А.Л.Ханкин

СИСТЕМНАЯ ОБРАБОТКА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЦВМ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЙ

Электронные цифровые вычислительные машины широко применяются для решения различных задач, связанных с поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых. Однако главная задача - автоматизация сбора, хранения и обработки широких потоков геолого-геофизической информации - еще далека от решения. Одна из причин этого - привлечение к решению геолого-разведочных задач в основном одноканальных ЭЦВМ первого и второго поколений ("М-20", "Минск-2", "Минск-22", "БЭСМ-4"), мало эффективных при обработке больших массивов данных.

Новые перспективы открываются при использовании ЭЦВМ третьего и четвертого поколений, отличающихся автономностью периферийных устройств, что делает их фактически системами обработки данных (СОД) и позволяет решать различные задачи параллельно. Параметры этих ЭЦВМ весьма высоки: быстродействие - сотни миллионов и миллиарды операций в секунду,

емкость оперативной и полуперативной памяти - сотни тысяч и миллионы машинных слов. Исключительно велик арсенал их устройств ввода и вывода: широкая печать, разнообразные графопостроители, экспонирующие устройства (дисплеи) и т.д. Примером ЭЦВМ третьего поколения является ЭЦВМ "Сигма-5" фирмы "Ксерокс Дэйта Системс" (США), используемая трестом "Укргеофизразведка" для обработки сейсмических данных.

Эффективная работа автономных устройств, входящих в СЦД, обеспечивается с помощью специальных операционных систем (мониторов), распределяющих оперативную память и транслирующих алгоритмические тексты в машинные коды. Рабочими языками программирования служат алгоритмические - ассемблерного типа и проблемно-ориентированные, что упрощает и ускоряет разработку алгоритмов и программ обработки.

При применении ЭЦВМ третьего и четвертого поколений становится возможной кумулятивная интерпретация геолого-геофизических данных с использованием всех ранее накопленных сведений о строении рассматриваемого региона. Геолог может вмешиваться в процесс машинной интерпретации без потери машинного времени, так как решение задач ведется по шаговой схеме: промежуточные результаты в наглядной форме экспонируются геологу, который вносит коррективы, а СЦД в это время занята решением других задач.

Решение геологических задач должно осуществляться с помощью специальных систем обработки данных - автономных или работающих под управлением операционных систем СЦД. Такие системы могут решать следующие задачи: 1) аккумулировать первичные данные; 2) распределять аккумулируемые данные по элементам структур и проводить построение или модификацию частных моделей на основе этих данных; 3) выбирать нужные для текущей интерпретации сведения и готовить их к использованию; 4) выдавать заключения о строении недр в текстовой, табличной и графической формах, в частности прогнозные карты; 5) вырабатывать оптимальные пути разведки исследуемой площади; 6) подсчитывать запасы полезных ископаемых и т.д.

СИСТЕМА ПУБЛИКАЦИИ В АСУ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НИИ

Под системой публикации (СПБ) понимается совокупность оснащенных специальной техникой подразделений НИИ, осуществляющих редактирование, оформление, издание и распространение научной продукции института. Роль и значение системы очевидны: именно она обеспечивает представление результатов научных исследований в виде, доступном для потребителей. Однако во многих случаях указанные подразделения не выстроены в единую технологическую линию, административно разрознены, действуют несогласованно, т.е. не образуют системы, доступной эффективному управлению.

Перестройка редакционно-издательского дела в геологическом НИИ в централизованную СПБ, отвечающую требованиям АСУ, должна вестись в первую очередь в плане системно-операционной организации технологии этого дела и управления им, включая необходимую административно-структурную реорганизацию подразделений, и кроме того, в плане автоматизации издательских операций. Вариант такой организации СПБ представлен на примере ВСЕГЕИ.

В соответствии с тремя основными стадиями редакционно-издательского цикла и с учетом основных принятых во ВСЕГЕИ форм издания (отчеты, книги, карты) в СПБ АСУ-ВСЕГЕИ целесообразно выделить три подсистемы:

1. Редактирования материалов к изданию типографским и роталитным способами, состоящую из двух подразделений:

а) текстографического – для редактирования рукописей, которое может быть организовано на базе существующей редакционно-издательской группы; б) картографического – для редактирования геологических карт, которое может быть организовано на базе Научно-редакционного совета и Главной редакции Государственной геологической карты СССР.

2. Издания машинописных отчетов и книг (роталитным способом), включающую машбюро, литографский, картооформительский, фотографический и переплетный цеха подсобного пред-

приятия ВСЕГЕИ и копировально-множительную и фотонаборную группы ИВЦ института.

3. Распространения публикаций, важнейшими функциями которой, наряду с обычной пропагандой трудов института и выполнении разовых заказов на их приобретение через торговую сеть, должны быть: систематический сбор и учет запросов на печатные издания, оповещение об их выходе, а также направленная рассылка экспресс-информационных материалов по результатам работ ВСЕГЕИ в другие учреждения отрасли. Специальное подразделение, выполняющее эти функции, сейчас отсутствует.

В плане автоматизации издательских операций в дополнение к имеющемуся техническому оснащению соответствующих подразделений ВСЕГЕИ необходимо в первую очередь внедрение следующих технических и технологических средств: в машинописном бюро - двухалфавитных пишущих машинок, тиражирующих машинописных автоматов типа "Эпра", диктопечатных систем, устройств "Гезотайп"; в литографском цехе - технологии изготовления офсетных форм без промежуточного негатива, а также на гидрофильной бумаге; в картооформительском цехе - машинок для нанесения надписей на карты, комплектов усовершенствованных чертежных инструментов и оформительских оргсредств; в переплетном цехе - полного комплекта современного оборудования для раскладки, подборки, фальцевания, брошюровки, обрезки и переплетных работ; в фотонаборной группе - фотонаборной установки ФНО, установок для проявления и сушки фотопленок и контрольной распечатки перфолент; в копировально-множительной группе - автоматов РЭМ-600К, РЭМ-400М, установки для проявления микрофильмов.

В связи с общностью исходных принципов предложенный вариант организации и автоматизации СПБ может быть использован, по крайней мере, в основных чертах, в любом геологическом НИИ, создающем АСУ, независимо от специфики его научной продукции.

ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ В
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ ВСЕГЕИ

Информационно-вычислительный центр (ИВЦ) ВСЕГЕИ располагает мощной технической базой, основу которой составляют ЭЦВМ "БЭСМ-4" и "Минск-32",читающий автомат "Рута-701" и другое оборудование, позволяющее решать задачи в области геологии, экономики, управления и т.п.

Круг решаемых задач можно разделить на четыре класса:

- 1) смысловая переработка геологической информации;
- 2) информационный поиск;
- 3) обработка результатов лабораторных анализов;
- 4) задачи управления и экономики.

В области смысловой переработки введена в эксплуатацию автоматизированная система обработки геологической информации (АСОГИ), объединяющая различные программы, что упрощает подготовку исходных данных и повышает эффективность использования "БЭСМ-4". Библиотека программ АСОГИ постоянно пополняется новыми геологическими программами, разрабатываемыми отделом математических методов.

В области информационного поиска введена в эксплуатацию документографическая ИПС дескрипторного типа по опубликованной и частично неопубликованной геологической литературе. В эксплуатации находятся разделы "Экзогенные месторождения полезных ископаемых" и "Региональная геология и тектоника", готовятся к внедрению "Стратиграфия докембрия", "Петрология", "Литология" и "Эндогенные месторождения". Машинная часть ИПС представляет комплекс программ и разбита на блоки, выполняющие самостоятельные функции.

При подготовке документов к вводу в ЭВМ выполняется большой объем перфорационных работ, и с вводом в эксплуатацию новых разделов возникнет необходимость в увеличении количества перфорационного оборудования и — соответственно — операторов. Поэтому на этом участке установлен читающий автомат

"Рута-701", предназначенный для чтения письменных знаков (печатных и нормализованных рукописных) с первичных документов. Он обладает высокой скоростью обработки документов - 150 знаков в секунду. Для использования автомата в ИПС разработана специальная форма бланков, которые заполняются нормализованным рукописным шрифтом. "Рута-701" может быть использована и на других участках ИВЦ при обработке больших потоков цифровой информации.

В области обработки результатов лабораторных анализов начаты работы по созданию автоматизированных систем сбора, переработки, хранения и выдачи различных видов лабораторной информации. По результатам предварительного анализа источников, типов и объемов информации, получаемой в лабораториях ВСЕГЕИ, сделаны предварительные выводы о целесообразности и очередности их автоматизации. Разработаны структурная схема системы автоматизированного сбора лабораторных данных и требования к ее математическому обеспечению. Система ориентирована на ЭЦВМ "Минск-32" и требует проектирования и изготовления устройств связи лабораторного оборудования с машиной, а также совершенствования устройств первичной подготовки информации.

В области экономики и управления на первом этапе предусматривается создание комплекса программ по автоматизации наиболее трудоемких операций бухгалтерии, а также создание подсистемы учета кадров института.

М.Д.Белонин, И.В.Татаринов,
В.В.Гранский

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ГЕОЛОГИИ
(на примере системы "Исследователь")

Опыт ВНИГРИ по реализации на ЭВМ различных математических методов показал неэффективность обычно используемой методики программирования. Несмотря на то, что во многих геологических задачах используются одинаковые вычислительные

процедуры, их каждый раз приходится программировать заново, в частности, учитывая специфику конкретных задач и фактического материала, которая препятствует использованию старых программ без их изменения.

Существенного повышения эффективности программирования можно добиться созданием системы стандартных программ (ССП), базирующейся на методе библиотечных стандартных программ (БСП). Обработка материала с помощью ССП сводится к разработке укрупненных блок-схем алгоритмов и ведущих (управляющих) программ (ВП) интерпретирующего типа, оформленных по принципу обслуживания БСП.

В соответствии с указанными принципами во ВНИГРИ составлена автоматизированная ССП "Исследователь", ориентированная на решение типовых задач нефтяной геологии и реализованная на ЭВМ БЭСМ-4. Автоматизированы все этапы работы - накопление, поиск и обработка информации. Результаты выводятся на широкую печать с необходимыми текстовыми пояснениями. Система относится к числу открытых, что позволяет пополнять ее новыми программами. Поисковая программа - функционально-логическая.

Математическое обеспечение системы включает программы в основном по многомерной статистике: расчет моментов, корреляционный анализ, каноническую корреляцию, вычисление дискриминантных функций, факторный анализ, разложения Карунена-Лозва, кластер-анализ, анализ случайных функций, тренд-анализ, канонический тренд и регрессионный анализ - как по методу наименьших квадратов, так и по ортогональным разложениям. Системная организация позволяет легко переходить от одного метода к другому или их комбинациям, обеспечивая решение таких типовых задач как классификация, разделение совокупностей, распознавание образов, прогнозирование, картирование геологических характеристик, корреляция разрезов и т.п. Для автоматизации обработки образной геологической информации, ведутся исследования по комплексированию ЭВМ и оптико-электронных устройств.

При использовании автоматизированной системы нередко теряется часть информации, которую можно получить при применении обычных геологических методов. Поэтому наряду с новыми

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГО-
ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Основные принципы организации этой системы, используемой геологическими организациями Иркутска, - автоматизм и непрерывность обработки данных при разнообразии ее способов. Последовательность работы системы задается исходной информацией для управляющей программы, вызывающей требуемые рабочие программы и массивы чисел с магнитных лент.

Введены стандарты хранения программ и массивов данных. Последние представляются в виде прямоугольных матриц, где строки отвечают номерам изучаемых объектов, а столбцы - номерам их признаков. Массивы наматываются на магнитной ленте в зонах стандартной длины. Результаты обработки выводятся в виде таблиц, графиков и карт изолиний.

Система реализована на ЭВМ БЭСМ-4, включает графопостроитель "Атлас", транслятор ТА-ИМ и библиотеку стандартных программ. Допускается пополнение системы новыми программами.

В настоящее время в системе решаются следующие задачи:

1. Статистическая обработка геолого-геохимических данных, включая вычисление оценок распределения, коэффициентов парной и множественной корреляции, множественной регрессии.

2. Распознавание объектов по комплексу признаков методами **дискриминантных функций** и многомерного дисперсионного анализа.

3. Оптимальная интерполяция на площади с приведением к сети равноотстоящих точек.

4. Разложение наблюдаемого поля на региональную и локальную составляющие методами тренд-анализа и выравнивания скользящим окном.

5. Сортировка, удаление строк и столбцов, объединение массивов и др.

Б.А.Горлицкий, Л.С.Финкель

ВВОД И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ
(СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ)

Развитие математических методов исследований и возможности ЭВМ последнего поколения создали предпосылки для создания автоматизированных систем обработки данных (АСОД).

Вне АСОД имеющиеся программы не могут использоваться в необходимой последовательности, невозможен их унифицированный ввод, отсутствуют звенья, передающие результаты между программами, что ведет к дублированию громоздких вычислительных процедур. Несистемный подход препятствует использованию имеющихся программ при разработке новых, ограничивает возможности комплексной обработки, снижая ее эффективность. Потребность в АСОД возникает также в связи с созданием региональных фактографических ИПС в геохимии и металлогении.

Разработка АСОД требует ориентации на конкретный класс геологических задач. Рассматриваемая система предназначена для обработки результатов регионального геохимического опробования докембрия Украинского щита, которое проводится при геолого-съемочных и поисковых работах. Основные задачи: установлением однородности, степени подобия или различия объектов, выявление критериев их разграничения для стратиграфического расчленения толщ, оценка геохимических аномалий, установления перспективности площадей.

Для системы выбран набор алгоритмов и разрабатывается программа "Комплекс", реализующая их использование в необходимых сочетаниях и последовательности. Предусмотрен унифицированный ввод и предварительная обработка информации.

Унифицированный ввод обеспечивает: контроль вводимой информации, реконструирование значений признаков, представление первичной и сопутствующей информации на носителях ЭВМ.

Предварительная обработка — это анализ информации в случаях, когда ее структура или отсутствие обоснованных геологических предпосылок ограничивает обработку, и необходимо провести проверку геологических гипотез или обосновать выбор варианта обработки.

Рассматривается соотношение "Комплекс" — АСОД. "Комплекс" обрабатывает информацию в соответствии с "управляющей записью" — заданием последовательности обработки на входном языке. Последний допускает логические конструкции типа "если А то В", обеспечивая в удобной форме диалог геолог-машина.

В.В.Ломтадзе, Г.С.Помытов,
В.В.Михалев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАНЫХ (АСОГ)

Многие из этапов обработки геофизических данных на ЭВМ являются общими для различных геофизических методов, например, накопление исходных данных во внешней памяти ЭВМ, изменение их структуры в соответствии с требованиями программы, построение карт на графопостроителе и т.п. Поэтому в рассматриваемой АСОГ, реализованной на ЭВМ БЭСМ-4 в ВЦ Восточного геофизического треста создано единое математическое обеспечение обработки различных геофизических материалов, что достигнуто за счет стандартизации структуры информации и способов ее хранения во внешней памяти ЭВМ.

Структура числовых массивов, несущих геофизическую информацию, описывается двумя параметрами — количеством чисел, характеризующих массив в целом и количеством чисел, характеризующих каждый его пункт. Эти параметры, а также количество и длина массивов указываются в каталоге, который формируется автоматически и хранится во внешней памяти ЭВМ вместе с соответствующими массивами.

В состав системы входят управляющая, обслуживающие и рабочие программы. Управляющая программа предназначена для

вызова с заданной последовательностью обслуживающих и рабочих программ, обслуживающие обеспечивают подготовку информации и вывод результатов на графопостроитель, рабочие — проведение вычислений при обработке данных.

Один из основных принципов организации обработки данных, принятый в АСОГ, заключается в накоплении первичной информации во внешней памяти ЭВМ перед собственно обработкой. Стандартизация структуры числовых массивов и каталожный принцип их хранения обеспечивают доступ к информации с любыми имеющимися программами. Сами программы не налагают ограничений на объемы данных и порядок их подготовки.

К началу 1972 года система включала 11 обслуживающих программ, 10 программ обработки данных гравиметрии и частично магниторазведки, 5 программ обработки многоканальной аэро съемки и 2 программы обработки каротажных диаграмм.

В.М.Сидоров, В.Е.Тепикин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Процесс обработки геологических данных методами теории вероятностей и математической статистики является важным и вместе с тем трудоемким этапом исследований. Но хотя геолого-математические задачи весьма громоздки, в алгоритмах их решения выделяются общие части. Эти особенности определяют различия в подходах и принципах, лежащих в основу методики решения этих задач на ЦВМ.

Традиционный подход заключается в разработке отдельных программ для решения тех или иных задач. При этом возникают трудности в программировании, общие для различных задач части алгоритмов дублируются.

Иной подход состоит в разработке автоматизированных систем обработки геологической информации (АСО) и исключает недостатки первого. В качестве основных принципов функционирования таких систем принимаются следующие: унификация исходной

геологической информации; простота эксплуатации; полная автоматизация вычислительного процесса; совершенствование системы с учетом накопленного опыта функционирования; соблюдение регламента времени и др.

В работе АСО предусматриваются следующие режимы: построения рабочих программ решения задач и счета по ним; построения и выдачи рабочих программ решения задач обработки; изменения математического обеспечения системы; выдачи программной реализации системы; накопления и обработки "опыта" работы системы. При разработке алгоритмов функционирования системы можно, используя принцип модульности, добиться их универсальности, а также решить задачу автоматизации программирования.

Опыт эксплуатации подобной системы излагается на примере автоматизированной системы статистической обработки данных (АССОД), созданной в Институте кибернетики АН УССР (на базе ЦВМ М-220).

А.Д.Ковалев, В.Я.Воробьев

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ГИС - 4

Использование альбомов алгоритмов и программ обработки геологических данных оказалось малоэффективным в задачах, где требуется всесторонний анализ геологического материала. Это является следствием пересечения программ, которое приводит к непроизводительным затратам машинного времени и усложнению процесса обработки материала. Более перспективным представляется создание интерпретирующей системы обработки данных с обширной расчлененной библиотекой связанных стандартных программ. Данные в такую систему могут подаваться в стандартной форме и затем автоматически преобразовываться к нужному для решения конкретных задач виду. Система "Гонг" (с реализацией ГИС-4 на ЭВМ М-220), относящаяся к такому типу, создана в лаборатории математических методов НИИ Геологии Саратовского государственного университета.

Система включает классификацию задач, методы их решения, методику подготовки исходной информации и интерпретирующую систему ГИС-4, осуществляющую ее обработку.

Задачи анализа геологических данных разделены на три основных класса: анализ признаков, анализ объектов, задачи в физическом пространстве ("координатные") и некоторые другие. Классификация учитывает как специфику геологических задач, так и особенности математической статистики, теорий вероятностей и информации.

Методы решения задач классифицируются по характеру представительности материала и типу распределения значений признаков по объектам.

ГИС-4 является расширением интерпретирующей системы ИС-2 (обычно реализуемой на ЭВМ М-20) и может выполнять все ее функции. Конструктивно ГИС-4 состоит из группы специальных карт, осуществляющих вспомогательные операции, группы стандартных программ (СП), куда входят все программы библиотеки СП ИС-2, и трех групп СП, соответствующих упоминавшимся классам задач. Система позволяет обрабатывать материал любого объема, так как используется вся память машины на магнитных барабанах и лентах. Распределение памяти автоматическое. Структура библиотеки СП позволяет либо заранее выбирать метод решения конкретной задачи, либо осуществлять это программным путем.

В.Н.Николенко

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ И ПРОГНОЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (АСКИП)

Система состоит из двух автономных подсистем - АСКИП-1 и АСКИП-2. Первая из них работает в режиме обучения с поощрением и предназначена для прогнозирования в условиях, когда имеются эталонные объекты, по которым определяются свойства исследуемых классов. Здесь реализуется принцип аналогий - экстраполяция найденных в эталонных областях закономерностей на соседние области.

АСКИП-2 работает в режиме самообучения, когда эталонные объекты отсутствуют и нужно выделить в исходном множестве однородные группы с определением их основных статистических характеристик. Здесь при прогнозировании реализуется так называемый принцип исключительности (месторождение есть нечто особенное по отношению к вмещающей среде).

Процесс классификации и прогноза расчленяется на пять этапов, которые составляют содержание работы отдельных блоков системы:

1. Постановка задачи и выбор исходных данных.

2. Полиномиальная аппроксимация регионального поля (решение проблемы фона).

3. Формирование по исходным данным (квадратной сетке значений полей \mathcal{E} , \mathcal{Z} , концентрациям химических элементов и т.д.) описания объектов в пространстве признаков (градиент поля, изрезанность, амплитуда и др.).

4. Статистический анализ, определение информативности признаков, их минимизация.

5. Определение типа решающего правила (линейного или нелинейного), оптимального в условиях конкретной выборки; классификация объектов.

Система АСКИП выполнена в виде комплекса программ для ЭЦВМ "Минск-22". Может классифицировать до 10000 объектов при количестве признаков до 128. Одновременно может обрабатывать до 8 планшетов (50x50 точек) 16-ти полей (\mathcal{E} , \mathcal{Z} и т.д.) Ручной труд по подготовке исходной информации сведен к минимуму: перфорируются лишь значения исходных полей, номера эталонных точек, а также небольшой массив констант (число классов, количество и размеры планшетов и т.п.) Предусмотрен ввод новых признаков вместо или в дополнение к формируемым автоматически.

В процессе работы системы вычисляются и выдаются на печать характеристики выборки: параметры функций распределения, коэффициенты информативности и корреляции признаков, матрица взаимных расстояний между классами, номера классов

принадлежности объектов и т.д. Предусмотрен блок построения кривых распределения с помощью графопостроителя "Атлас". При необходимости выдаются на печать планшеты с указанием в узлах квадратной сети номеров классов принадлежности для всех точек.

В.И.Аронов, Н.Е.Беляков, В.М.Гордин,
Э.Я.Невельская, В.С.Самарин,
С.Н.Тесаков, А.И.Ширгинова

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАНЫХ АСОД - ВНИГНИ

Создание АСОД, внедряемой во ВНИГНИ с 1969 г., включает комплекс организационно-технических и научных мероприятий, направленных на решение следующих задач:

1. Стандартизация форм сбора, кодирования и хранения фактографической информации.
2. Формирование исходных массивов данных на машинных носителях и автоматизация их информационного поиска.
3. Разработка методов математической обработки данных.
4. Создание комплекса программ для решения типовых задач и автоматизация обработки данных.

В докладе охарактеризовано состояние разработок по этим вопросам, изложены требования к стандартизации форм сбора информации и перспективы их внедрения. Обсуждается структура математического обеспечения системы, дается характеристика уже разработанных ее подсистем, реализованных на ЭВМ. Приводится ряд примеров эффективного использования АСОД для решения конкретных задач геологии нефти и газа.

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ (ГИС)

Геологическая информационная система (ГИС) предназначена для непрерывного (периодического) приема, хранения и переработки геологической информации, которая затем выдается по запросу различным службам системы и оказывает консультативную (техническую) помощь по вопросам классификации, диагностики и прогноза.

Рассмотрены три основные части ГИС: 1) совокупность технических устройств приема, хранения, переработки и выдачи информации ЭВМ, автоматические устройства, каналы связи и т.п.); 2) системное информационно-математическое обеспечение (стандартизированные правила формирования, хранения, переработки и выдачи информации); 3) обслуживающий персонал.

Обсуждаются этапы разработки ГИС и ее реализация на ЭВМ "Днепр".

В.Г.Абакумов, А.А.Будняк, О.А.Капшук,
А.П.Калиновский, В.П.Михайлов,
В.Ф.Поружкевич, В.В.Татаринов

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

При обработке графической информации на ЭВМ ввод данных осуществляется с помощью преобразователей графиков (ПГ) автоматического и полуавтоматического типов, технические возможности которых не всегда удовлетворяют потребителей. Поэтому необходимо создание устройств комбинированного типа, обладающих достоинствами как автоматических, так и полуавтоматических ПГ.

Наиболее полно недостатки существующих ПГ можно устранить в специализированных системах с активным участием оператора в подготовке, редактировании и предварительной оценке графических данных, вводимых в ЭВМ. Анализ основных требований к таким системам показывает, что в наибольшей мере этим требованиям удовлетворяет телевизионно-вычислительный комплекс.

В такой системе данные с носителя графической информации (НГИ) с помощью телевизионного преобразователя изображений (ТПИ) вводятся в буферное запоминающее устройство (БЗУ). По командам блока управления (БУ) информация из БЗУ выводится на индикатор, выполненный на базе электроннолучевой трубки (ЭЛТ). Наличие ТПИ совместно с индикатором на ЭЛТ позволяет производить масштабирование и выделение необходимых участков изображения, осуществлять регулировку их светотехнических параметров. Возможность редактирования изображений реализуется с помощью "светового пера" (СП), которое вместе с пультом управления (ПУ) используется также для управления системой в режимах автоматического и полуавтоматического ввода с целью указания отдельных элементов изображения, под-

лежащих кодированию. Кодирование данных и вычисление простейших обобщенных параметров графиков ведется по информации, хранящейся в БЗУ, с помощью вычислительно-кодирующего блока (ВКБ). Результаты кодирования и вычислений вводятся в ЭВМ БСМ через блок связи, регистрируются документирующим устройством (ДУ) (цифровая печатающая машинка, перфоратор, магнитная лента) и отображаются на экране индикатора.

Предусмотрен также электрический вход в систему, что позволяет обрабатывать и различные электрические сигналы от датчиков, преобразователей или запоминающих устройств. Эти сигналы вводятся через входное устройство (ВУ) и БЗУ, а далее работа системы идет аналогичным описанному путем.

С помощью комплекса производится обработка графической информации, записанной на ленточных и круговых диаграммах, фотобумаге и фотопленке. Формат записи произвольный. Записи могут быть непрерывными и точечными, одноцветными и многоцветными, пересекающимися или непересекающимися. Допускается наличие координатной сетки любого цвета. Погрешность кодирования во всех режимах — менее 1%. Система допускает дальнейшее наращивание с целью подключения к стандартным каналам передачи данных.

Е.Е.Ширяев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЧТЕНИЯ И АНАЛИЗА КАРТ В ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Геокартирование — один из основных способов отображения геологических объектов и вместе с тем — средство хранения геолого-геофизической информации. Однако очевидные преимущества регистрации и хранения информации в цифровом виде, более удобном для ввода в ЭВМ, побудили некоторых сделать вывод о нецелесообразности геокартирования в дальнейшем. Проведенные исследования показали возможность автоматического чтения и ввода информации в ЭВМ с нормализованных геологических и геофизических карт и позволили создать для этого эффективные

методы и технические средства.

Предлагаемая новая картографическая форма отображения информации делает нормализованную карту, внешне почти не отличимую от традиционной, одновременно носителем информации и моделью объекта исследования, доступной для обработки и человеком, и машиной. Существующая методика геокартирования может быть сохранена, необходимы лишь изменения в подготовке карт к изданию и самом издании. В будущем целесообразно пересмотреть и эту методику в направлении повышения точности и детальности отображения информации и надежности автоматического считывания и распознавания знаков. Для карт с обедненным содержанием требования к нормализации могут быть ограничены, что позволяет применять предлагаемую методику прямо в процессе обработки и вычерчивания полевых материалов.

Автоматическое чтение и анализ могут осуществляться одновременно по нескольким картам, что упрощает методику обработки и сокращает машинное время. Возможно ведение следующих исследований по картам: построение производных карт линейной плотности (карт градиента по изолиниям, густоты речной сети и т.п.), карт трендовых поверхностей, карт изокоррелят; определение коэффициентов корреляций, объемов тел, площадей и т.п.

Внедрение в геолого-геофизическое производство новых методов исследований, основанных на автоматизации чтения и анализа карт, освободит исследователя от сложной подготовки цифровых данных, упростит организационные и математические процедуры обработки.

В.В.Воронезцев, Г.Г.Горбунов, Е.Е.Ширяев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ КАРТ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ

Учитывая большую трудоемкость составления производных карт линейной плотности (карт густоты речной сети, карт градиента и т.п.) вручную проведены разработки в направлении полной автоматизации этого процесса с использованием специа-

лизированного устройства, ЭВМ и АЦПУ.

Процесс составления карты можно разделить на следующие этапы:

1) считывание информации с исходной карты специализированным фотоэлектронным устройством;

2) введение информации в оперативную память ЭВМ;

3) проведение преобразований информации (программная обработка) на ЭВМ;

4) графическая регистрация производной карты на АЦПУ, графопостроителе или электронно-лучевой трубке.

Для считывания использована построчная развертка, поскольку она представляется более оперативной — при сравнительной простоте блока считывания. Считывание ведется в одном направлении, по одной из осей прямоугольных координат. В оперативную память машины вводится все изображение (поле) карты в виде последовательности точек, распределяющихся по строке развертки с одинаковой частотой. Кодированы порядковые номера точек и уровни яркости в заданных пределах квантования.

Дальнейшая процедура сводится к подсчету количества пересечений строк сканирования с линиями изображения: вначале — в направлении строк развертки, затем — в перпендикулярном к нему. Последнее достигается программным сканированием по памяти машины. Подсчет ведется в пределах элементарных площадок, на которые разбивается исходная карта. При подсчете пересечений толщина линий принимается нулевой, но так как в действительности она отлична от нуля, фиксируются только точки встречи с линиями. По результатам подсчета точек вычисляется суммарная длина L_z всех линейных объектов, входящих на одну площадку z по следующей формуле

$$L_z = \frac{\pi}{4} (d_x j_{zx} + d_y j_{zy}),$$

где d_x и d_y — величины шагов развертки вдоль строки (между точками) и между строками; j_{zx} и j_{zy} — соответствующие суммарные количества точек встречи линий. Вычисленные значения суммарной длины относятся к центру площадки

и по ним производится интерполяция и проведение изолиний с помощью графопостроителя или другого регистрирующего устройства, для чего разработаны соответствующие алгоритмы и программы.

Важен выбор оптимального размера площадок, их формы и степени перекрытия, так как эти параметры влияют на структуру программ и результаты преобразования. Размер площадок определяется по степени дисперсности линейных объектов. При их резко неравномерном размещении целесообразно прибегнуть к "сглаживанию" путем увеличения размера площадок и увеличения степени их перекрытия. Выбор формы площадок определяется в основном удобством обработки на машине. Границы площадок удобно задавать строками развертки, при этом целесообразно, чтобы площадка имела форму квадрата.

В.М.Омелин

АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Графические документы широко используются для представления результатов геологических исследований, поэтому проблема интерпретации геолого-геофизических данных с помощью ЭВМ связана с вопросом разработки устройств и программ вывода графической информации. Эффективность работы этих устройств зависит от соответствия их технических параметров и алгоритмов вывода характера обрабатываемой информации.

Для определения статистических характеристик геолого-геофизических графических документов была разработана методика анализа, предусматривающая выполнение следующих этапов:

- 1) считывание графических документов (дискретизация) на автоматическом устройстве считывания "Каротаж";
- 2) построение описаний отдельных контуров изображения по специально разработанной программе;
- 3) собственно анализ.

Исследовались характеристики: информационная насыщенность, соотношение видов графической информации, структура изображений объектов, корреляционные зависимости между элементами изображения. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности кусочно-линейной аппроксимации для описаний контуров изображений. Вероятное заполнение поля изображения составляет 1-5%.

Результаты анализа использованы при построении системы оперативной связи человека с ЭВМ, разработанной в ВирТе совместно с ЗИТ и предназначенной для решения геолого-геофизических задач.

В.И.Аронов, В.М.Гордин, А.И.Ширгинова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТРОЕНИЯ
ГРАФИКОВ И КАРТ ИЗОЛИНИЙ НА ЭВМ

Решение задачи интерполяции измеренных характеристик от произвольной сети пунктов к узлам квадратной сетки на основе методов полиномиальной интерполяции и среднеквадратических приближений предлагается вести, используя алгоритм гармонической аппроксимации.

Аппроксимация осуществляется при помощи конструкции вида

$$\bar{u}(x, y, z) = \sum_k \sum_j \alpha_{kj} G_{kj}(x, y, z),$$

где α_{kj} - коэффициенты; $G_{kj}(x, y, z)$ - некоторые гармонические функции специального вида. Коэффициенты α_{kj} подбираются методом последовательных приближений, что позволяет одновременно производить эффективную фильтрацию случайных ошибок измерений. Преимуществом является также возможность получения конструктивных оценок точности интерполяции в метрике $C^{(\infty, \infty)}$. Алгоритм реализован в системе программ для ЭВМ БЭСМ-4.

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Преобразование графической информации в цифровую для ввода в ЭЦВМ — актуальная задача для многих геофизических методов. Эксплуатация имеющихся преобразователей ("Силуэт", УПГИ "Каротаж") показала, что точность и помехозащищенность автосъема координат точек для ряда методов недостаточны. Один из путей улучшения этих характеристик — использование самой ЭЦВМ для предварительного контроля и корректировки данных оцифровки на основе априорной информации. При этом за счет обратной связи отдельные устройства, программы и ЭЦВМ связываются в единую систему ввода графической информации.

Устройство преобразования графической информации сканирует рабочее поле документа и выдает на перфорацию координаты считываемых точек. Программное обеспечение системы осуществляет дешифрацию координат, их сортировку по отдельным кривым, фильтрацию, отбраковку данных и приведение их к формату входа в функциональные программы. Дешифрация координат и их сортировка универсальны и реализованы в виде программ "Карта" и "График". Эффективность фильтрации и отбраковки зависит от характеристик графической информации. Соответствующие алгоритмы разработаны для оцифровки данных акустического каротажа, получаемых на приборе "ЛАК". Исходные данные и результаты фильтрации записываются и хранятся на магнитной ленте.

Хранение информации на магнитной ленте позволяет вести отбраковку прямо в исходных массивах. Когда программная отбраковка и фильтрация оказываются неэффективными или очень сложными, используется система оперативной связи "человек-ЭЦВМ". Она допускает разбивку графического изображения на кадры с последующим выводом на экран индикатора, где оператор может исправить изображение с помощью управляемого маркера и операторов обратной связи. Общая структура функционирующей системы подобна системе графического взаимодействия

при решении обратных задач геофизики методом подбора.

В.М.Бельфор

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Рассматривается возможность использования для построения графических изображений входящего в комплект ЭВМ механизма типа АЦПМ, сочетающего высокое быстродействие печатающего механизма с хорошими техническими характеристиками получаемого изображения

Приводится постановка и решение задачи печати набора однозначных функций одного переменного с необходимой оцифровкой вне поля графика и задачи печати карты в изолиниях. Предлагается вариант аппроксимации поверхности, заданной дискретно, кусочно-плоскостной поверхностью, которая обеспечивает однозначность построения карты, минимизацию погрешностей дальнейших интерполяций, сокращение времени, вычислений и построения карты. Показывается вариант оцифровки напечатанной карты.

Предложения реализованы в виде литерного вала печатающего механизма с графо-цифровым набором знаков и двух стандартных программ для ЭВМ "Минск-22М". Возможно построение по тем же алгоритмам программ для вычерчивающих устройств типа "Атлас".

С.П. Самсонов

ИЗОТОПНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ НА МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ С ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ И ОБРАБОТКОЙ ДАННЫХ НА ЭЦВМ

На основании анализа недостатков серийных масс-спектрометров, используемых для изотопного анализа химических элементов в твердой фазе, сформулированы требования к системе регистрации масс-спектрометра, необходимой для быстрого и точного определения изотопных отношений.

Описана схема дискретной развертки масс-спектра по току электромагнита с автоматической регистрацией интенсивностей ионных токов с помощью электронного цифрового печатающего вольтметра типа ЭЦВ-3. Приведены варианты записи данных на промежуточные накопители (перфолента, перфокарты, магнитная лента) и схема преобразователя кода, позволяющего агрегатировать ЭЦВ-3 с ленточным перфоратором типа ПД-20.

Использование этих устройств позволяет получать масс-спектрометрическую информацию в виде, пригодном для ввода в ЭЦВМ типа "Минск-22", причем время регистрации сокращается в 5-10 раз по сравнению с обычной методикой. Изложены программы статистической обработки данных изотопного анализа рубидия и стронция и вычисления содержания этих элементов в образцах, анализ которых производится методом изотопного разбавления.

Ю.Н.Захаров

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Обсуждаются возможности применения телевизионной регистрации спектра для автоматизации спектрального анализа. Показана целесообразность применения передающих телевизионных трубок с накоплением изображения для выделения сигналов конечного набора спектральных линий из протяженного участка спектра. Поясняется принцип действия и устройство телевизионного квантометра и подчеркивается возможность селективной модуляции выделяемых им спектральных линий.

Многоканальные квантометры обеспечивают бесцелевое выделение спектральных линий с непрерывным визуальным контролем его правильности. Это позволяет легко менять программу анализа, что упрощает конструкцию квантометра и повышает эффективность использования каналов регистрации. Телевизионный квантометр обладает возможностью автоматической коррекции неравномерности спектральной чувствительности, а также непостоянства коэффициента усиления усилительного тракта и

дрейфа чувствительности передающей телевизионной трубки.

Возможна цифровая регистрация спектра с помощью преобразования аналог-цифра. Это обеспечивает выдачу результатов в цифровой форме, их запись на машинные носители информации и непосредственную или последующую обработку на ЭВМ.

Многоканальные телевизионные квантометры могут использоваться для пламенно-фотометрического, атомно-абсорбционного и эмиссионного спектральных анализов. Наиболее высокие разрешающая способность и стабильность горизонтальной развертки передающей телевизионной трубки необходимы в квантометре для эмиссионного анализа. Эти характеристики могут быть снижены при трансформации протяженного изображения спектра в прямоугольный растр на фотокатоде трубки с помощью стекловолоконной оптики или призматических систем.

Приводится описание десятиканального телевизионного квантометра для пламенной фотометрии, собранного на базе спектрографа ИСП-51, промышленной телевизионной установки ПТУ-101 и цифрового вольтметра ШИ412. При использовании передающей трубки ЛИ-17 чувствительность и точность анализа не ниже обычно достигаемых.

И.Д.Булаевский, В.В.Куприянов,
М.С.Шеншов

ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РЕНТГЕНО-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Рентгено-спектральные аппараты являются высокопроизводительными устройствами для проведения количественного и качественного анализа. Поэтому целесообразно осуществить с помощью прямой и обратной связи их комплексирование с ЭВМ в единую автоматизированную систему обработки рентгено-спектральных данных.

Такая система требует комплекса технических средств для преобразования и передачи информации в ЭВМ. В связи с этим разработано устройство вывода информации (УВИ), которое обеспечивает ее кодирование, коммутацию и регистрацию с двух

независимых каналов измерения и увеличение их числа до пяти без изменения схемы.

УВИ состоит из блока памяти и коммутаторов I и II. Коммутатор I включает каналы измерения, коммутатор II распределяет информацию по строкам блока управления перфораторов ПМ 20-2. С каналов измерения регистрируется содержимое счетчиков импульсов, экспозиция и служебные коды, вырабатываемые УВИ в каждом цикле работы. К служебным кодам относятся разделяющий код, код номера канала, код номера элемента и т.д., необходимые для последующей обработки в ЭВМ. Регистрируемая информация и служебные коды образуют информационный кадр, длина его меняется в зависимости от методики анализа. Микропрограмма работы устройства, реализованного на логических элементах "Логика Т", содержит 15 тактов.

Разработанное устройство позволяет сопрягать рентгено-спектральные аппараты через телетайп РТА-60 с серийным устройством передачи данных в ЭВМ. Структура информационного кадра УВИ обеспечивает обработку данных анализа по расчетным и планово-учетным алгоритмам (информация о количестве анализов, видах анализа и т.д.), что значительно сокращает и упрощает документооборот лабораторий. Устройство может быть использовано для регистрации энергетического спектра излучения со стандартных стоек ССС и ПР-22 на машинный носитель (перфоленду).

Я.Б.Либерман, А.Н.Межевич,
В.П.Николаев, Л.З.Таткин

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО РЕНТГЕНО-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Для измерения энергетических распределений обычно используются спектрометры, включающие спектрометрическую часть, электронно-вычислительное устройство (ЭВУ), устройство вывода информации (УВИ) и высоковольтный источник питания (ВИП). Определенные задачи измерения спектрометры могут решать без

автоматического контроля с участием оператора. Однако при необходимости управления ходом измерения автоматической записи данных, их контроля требуется введение в структуру спектрометра системы автоматического управления (САУ).

Автоматический спектрометр вместе с УВИ или ЭВМ образует комплекс, выполняющий измерение интенсивности рентгеновского излучения, хранение результатов измерения, их обработку с последующим выводом на устройства документальной регистрации. В зависимости от характера управления и обработки данных комплекс может представлять системы: с фиксированной программой, информационную (разомкнутую) или управляющую (с замкнутой петлей обратной связи).

Система с фиксированной программой обеспечивает в основном накопление и регистрацию данных, поступающих с рентгеновских детекторов. При наличии ЭВМ фиксированная программа может быть заменена машинной, однако возможности обработки данных измерения ограничены.

Информационная система наряду с функциями, выполняемыми системой с фиксированной программой, может осуществлять: обработку данных в ходе их измерения; приведение данных к форме, удобной для дальнейшей обработки и передачи; проверку правильности измерения и функционирования аппарата; оценку и сравнение информации с теоретическими представлениями или результатами другого эксперимента.

Наибольшую перспективу в плане использования вычислительных машин имеют управляющие системы. В таких системах ЭВМ, кроме функций, выполняемых в информационной системе, осуществляет автоматическое управление всем комплексом оборудования и регулирование технологического процесса.

ЭВУ как обязательная составная часть любой управляющей и информационной системы соединяется с ЭВМ каналами связи и должно строиться с учетом ее совместимости с УВИ и с ЭВМ в следующем: по формату информации и алгоритму связи, по физическим параметрам сигналов, по конструкции используемых элементов и узлов. Это предполагает унификацию ЭВУ и его связей с остальными устройствами.

ОПТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ — КАК СРЕДСТВО
АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Господствующий в геологии качественно-описательный метод в значительной мере исчерпал себя как в гносеологическом, так и экономическом отношении. Внедрение в науку и производство количественных методов, основанных на автоматизации, является необходимым условием их развития. Автоматизация геологических исследований в настоящее время ориентируется на использование вычислительной техники. Однако, ЭВМ в их современном виде не позволяют фундаментальным образом решить проблему автоматизации и математизации геологии. Производительность ЭВМ значительно превышает производительность первичных звеньев подготовки информации. Неоднозначная трактовка и неопределенность многих понятий геологии нередко не позволяют выразить их в количественной форме, необходимой для применения ЭВМ. Это особенно касается зрительно-образных геологических объектов, количественная оценка параметров которых, как правило, визуальна. Существуют также значительные трудности при разработке алгоритмов решения задач на ЭВМ в естественной для геологических объектов двумерной и трехмерной области.

Использование оптических методов получения и обработки информации, начиная от фотографии и кончая голографией, позволит во многом исключить указанные трудности. Многомерный характер преобразований и высокая пропускная способность оптического канала позволяют максимально использовать высокую информативность геологического материала, что невозможно при использовании одних ЭВМ. С помощью оптических систем можно автоматизировать не только процесс обработки, но и процесс получения первичных данных, т.е. переход от геологического объекта к его модели.

Линейный характер преобразований в оптических системах определяет класс задач, которые можно решать с их помощью. Автором были поставлены и апробированы следующие из них:

- а) в геофизике — разделение физических полей, выделение

полезных сигналов на каротажных диаграммах, сейсмограммах и т.п.;

б) в геологии - анализ и корреляция структурных поверхностей и разрезов и др.;

в) в петрографии и литологии - структурная классификация, количественное определение структурных параметров и др.;

г) в палеонтологии - распознавание и классификация форм.

При оптической обработке появляется возможность устранения ошибки, связанной с дискретным представлением материала. Синтез изображений методами голографии позволяет моделировать и визуализировать геологические процессы: тектонофизические, геохимические и др. Оптические методы очень экономичны при организации информационного обслуживания в геологии (создании ИПС и АСУ), поскольку позволяют наиболее плотно упаковать информацию для хранения и обеспечить ее помехоустойчивость и оперативность восстановления.

Г.Р.Миркин

РОЛЬ И МЕСТО УСТРОЙСТВ ОПТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В АСУ-ГЕОЛОГИЯ

Существует мнение, основанное на практике создания АСУП, что АСУ-Геология можно реализовать, используя только ЭВМ.

Отправным моментом АСУП является информация, поступающая в реальном масштабе времени от соответствующего датчика. На основе ее анализа принимаются административно-производственные решения, т.е. осуществляется управление. Информационное обслуживание, связанное с использованием архивных данных, играет в АСУП второстепенную роль.

В АСУ-Геология роль информационного обслуживания более весома, поскольку оно необходимо для решения научных и инженерно-технических задач, часто являющихся первичными по отношению к задачам собственно управления. Геология отличается

постоянством обращения к архивным материалам с целью аналитической переработки ретроспективной информации.

Зрительно-образный характер и некомпактность значительной части геологических материалов исключают возможность их непосредственной оперативной обработки с помощью ЭВМ. Кроме того, для зрительно-образных материалов характерна чрезвычайно большая информативность, как правило, превышающая оперативные возможности ЭВМ.

Оптические системы позволяют проводить непосредственную обработку зрительно-образной информации (ее анализ, компактное хранение и поиск в реальном масштабе времени) и характеризуются высоким быстродействием и значительной емкостью запоминающих устройств.

Оптимальное решение проблемы информационного обслуживания в геологии возможно осуществить путем комплексного использования и разделения функций ЭВМ (обработка текстового и цифрового материала, решение нелинейных задач) и оптических систем (хранение и оперативный поиск информации, двумерные и трехмерные линейные преобразования и пр.). Ряд задач может решаться путем сочетания ЭВМ и оптических устройств.

Для АСУ-Геология необходима разработка оптико-электронной вычислительной системы, включающей:

а) устройства преобразования первичной зрительно-образной, текстовой и цифровой информации в формы, удобные для ввода в аналитические устройства (микроскопы, микрофоты и т.п.), а также в телевизионные передающие устройства, магнитофоны, перфораторы и т.д.;

б) аналитические устройства центрального типа (ЭВМ) и периферические – оптические анализаторы;

в) внешние запоминающие устройства, в основном оптического характера.

В зависимости от режима работы системы, ее составляющие должны функционировать как автономно, так и совместно, на основе общих прямых и обратных связей.

ПРИМЕНЕНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
В МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИИ

Фотоизображения наблюдаемых под биологическим микроскопом палеонтологических объектов наиболее удобно изучать с помощью когерентных оптических систем, которые в комплексе с ЭВМ обеспечивают автоматизацию прикладных палеонтологических исследований.

Во ВНИГРИ проведены некоторые экспериментальные исследования по выявлению влияния на распознавание образов этим оптическим способом масштаба фотоизображений исследуемых микрообъектов, их фрагментарности, сохранности, качества фотоматериала и времени экспозиции. Кроме того, проведены количественные сравнения изображений микропалеонтологических объектов на оптическом корреляторе в Институте автоматизации и электротехники СОАН СССР.

В результате установлена возможность классифицирования объектов на основе визуального сравнения фотоизображений и их фурье-спектров, а также возможность создания многообразного эталона, по которому на базе оптической пространственной фильтрации можно проводить количественные сравнения оптических фотоизображений - оптическую корреляцию. Полученные значения функции корреляции по различным элементам эталона могут быть признаками для распознавания палеонтологических объектов с использованием вычислительной техники.

Для широкого практического применения разрабатываемой методики необходимо создать сочлененные с ЭВМ быстродействующие когерентные оптические системы, работающие по принципу оптимальной комплексно-сопряженной фильтрации.

Первоочередная задача - разработка записанной голографическим способом эталонной коллекции различных руководящих форм и комплексов, необходимой для распознавания не самих палеонтологических объектов, а соответствующих стратиграфических подразделений конкретных регионов. Одновременно это решит проблемы хранения голотипов и уникальных коллекций и

обмена ими. Подобная система хранения будет наиболее эффективна для массового палеонтологического материала. Благодаря голографической записи, эталонные коллекции станут чрезвычайно компактными при высокой помехоустойчивости изображения.

А.Ф.Фокин, Г.С.Емельянов

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СКВАЖИННОЙ ГЕОФИЗИКИ

Возможности методов скважинной геофизики используются далеко не полностью из-за несвоевременной обработки получаемой информации. Это приводит к ее вынужденному накоплению на базах и к тому, что несмотря на исключительную ценность, она поступает в распоряжение геологов лишь после бурения скважины. Поэтому актуально создание средств автоматизированной обработки исходных данных.

Сопоставление технико-экономических показателей различных видов вычислительной техники и опыт их использования в сейсморазведке и промысловой геофизике, показывают, что для оперативного решения задач в полевых условиях наиболее оправданы специализированные аналого-цифровые вычислительные комплексы.

Анализ составленных алгоритмов и программ машинной обработки показал, что большинство задач может быть решено с помощью простых аналоговых вычислителей и моделирующих устройств. С учетом этого создан ряд образцов специализированной счетно-решающей техники: вычислитель "Вектор-1" для оперативного определения элементов вектора напряженности аномального магнитного поля; построитель "Крот-1" - для автоматизированного нанесения проекций оси скважины на геологические разрезы; моделирующая установка МУСГ-1 - для оперативной интерпретации результатов обработки методом подбора.

Определяющее значение при машинной обработке информации имеет запись результатов наблюдений на воспроизводимый носитель (например, магнитную ленту) в виде, удобном для ввода в

обрабатывающие комплексы. В плане решения этой задачи предложен новый способ получения магнитограмм с равномерным масштабом по глубине и высокой плотностью записи и построен шестиканальный скважинный регистратор "Марс-1", обеспечивающий запись и ввод информации как в аналоговые, так и цифровые вычислительные машины при плотности записи до 100 бит на мм.

Анализ технологических и вычислительных операций обработки данных различными методами скважинной геофизики показал общность значительной части этих операций. Поэтому целесообразно создание единой информационно-вычислительной системы, включающей: универсальный регистратор с магнитной записью; цифро-аналоговые вычислители для обработки зарегистрированных данных; вводно-выводные устройства с визуализацией результатов обработки на экране электронно-лучевой трубки или бланке двухкоординатного графопостроителя; моделирующую установку для интерпретации результатов обработки. Зарегистрированная информация может быть использована и для обработки ее на ЭВМ в комплексе с другими данными.

Опробование специализированной вычислительной техники в производственных условиях Алтая-Саянской железорудной области и Кривого Рога подтвердило ее высокую экономическую эффективность и удобство эксплуатации.

Ю.Г.Езерский, Н.В.Душкина

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ТИПА М-220 ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГАЗОВОГО КАРОТАЖА

Излагаются результаты автоматизации обработки и интерпретации материалов газового каротажа, основанные на применении программ, позволяющих:

1. Оперативно обрабатывать и получать необходимую информацию в цифровой и графической формах (программа "Геохимия").
2. Производить непрерывный анализ геохимической информации по всему стволу скважины и по комплексу параметров,

характеризующих углеводородный состав газа, выделять (методами корреляционного анализа) продуктивные пласты среди фоновых газосодержаний, отличая их от аномалий, обусловленных водоносными горизонтами (программы "Разделение" и "Корреляционное сходство").

По программе "Разделение" находятся границы, фиксируемые изменением совокупностей газокаротажных характеристик, определяются мощности границ, разграниченные объекты сравниваются с "эталоном" углеводородных залежей. Для составления "эталона" используются данные о составе газа, полученные при газовом каротаже продуктивных пластов. По программе "Корреляционное сходство" ведется классификация исследуемых пластов с указанием их близости к продуктивным или водносным, отличающимся по уравнениям, регрессии геохимических параметров.

Приводятся примеры интерпретации данных газового каротажа с использованием указанных программ. Показана перспективность предложенной методики для выделения и классификации продуктивных участков разреза (на примере Саратовского Поволжья).

Л.И.Казанкина, М.Р.Ландман, В.М.Омелин

СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

При решении ряда геолого-геофизических задач, таких как построение геологического разреза по наблюдаемым физическим полям, наиболее рационален метод подбора успешно реализуемой системой оперативной связи человека с ЭВМ, в которой интерпретатор-геофизик непосредственно участвует в вычислительном процессе. Такая специализированная система оперативной связи, предназначенная для решения геофизических задач, разработана ВИРГом совместно с ЗГТ.

При построении математического обеспечения (МО) системы

достигнуты универсальность комплекса программ и удобство работы геофизика. Эти требования обеспечиваются иерархическим принципом выделения элементов изображения, использованием каталога описания и разделением информации по видам с соответствующим оформлением информационных массивов, связанных через каталог.

В состав МО входят программы обработки (функциональные), графического ввода-вывода, интерпретации, а также библиотека операторов обратной связи (БООС) и диспетчер, осуществляющий взаимодействие программ. БООС содержит программы выполнения операций по преобразованию изображений на экране индикатора. Операторы классифицируются по назначению и типу операнда, в качестве которого выступает элемент изображения или информационный массив. Библиотечная организация позволяет наращивать список операторов и варьировать ими при решении конкретных задач.

Разработанная система использовалась для решения обратной задачи магнито- и гравиразведки и при контроле результатов оцифровки графиков. Опытная эксплуатация подтвердила целесообразность принятого способа организации математического обеспечения.

К.К.Шалопников, А.Б.Мухамеджанов

МИКРОФИЛЬМИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ НА ЭВМ

Автоматизация обработки геолого-геофизических материалов не может быть полной без автоматизации их хранения и задачи. ВНИИГеофизика совместно с кафедрой геофизики МГУ разрабатывает автоматизированную систему, которая будет надежным хранилищем-архивом и одновременно позволит быстро выдавать нужные массивы наблюдений в виде, удобном для ввода в ЭВМ. В качестве внешнего запоминающего устройства выбран фото-оптический носитель, достоинствами которого являются: надежность долговременного хранения информации, допустимость многократной обработки и размножения, возможность наряду с

цифровым кодом иметь натуральную запись цифр, букв и графических изображений.

Для записи на этот носитель полевой гравиметрической информации подготовлены кодированные бланки и макеты микрофильма. Перезапись уже имеющихся материалов производится в виде каталогов и карт.

Запись кодированной информации из ЭВМ производится устройством вывода информации на микрофильм, которое фотографирует 45-разрядную неподвижную строку из светящихся элементов (световой регистр), расположенных поперек дискретно движущейся фотопленки. Это обеспечивает построчное расположение информации на микрофильме с заданным шагом и необходимой частотой записи.

Считывание цифровых данных с бланка, сфотографированного в поле, и информации, выводимой из ЭВМ, производится устройством ввода, которое ведет фотоэлектрическое преобразование записанной информации в электрические импульсы с помощью 45-разрядной фотодиодной линейки.

Э.Д. Москаленко, И.С. Богуславский,
В.Н. Мошкин, Б.Д. Дворкина, В.В. Житинева,
М.Д. Старикова, А.Е. Тюленев

ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЕ ЯЗЫКИ КАК ОСНОВА
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИПС ВСЕГЕИ

При разработке ДИПС ВСЕГЕИ принят путь создания самостоятельных частных ИПЯ по крупным разделам геологии. Это позволило, во-первых, полнее учесть специфику каждого раздела и обеспечить ее отражение в языке, во-вторых, вводить в действие ДИПС по частям, по мере готовности отдельных ИПЯ, сразу же начиная информационное обслуживание по соответствующим разделам и, в-третьих, по результатам экспериментальных проверок уже готовых ИПЯ корректировать методику составления следующих.

При выборе типа ИПЯ учитывались следующие требования:

1. Базирование на естественном языке геологических документов.
 2. Большая глубина поиска документов по тематике разделов.
 3. Обеспечение в пределах каждого раздела поиска (на более общем уровне) информации, относящейся к другим разделам.
 4. Выдача на общий запрос частных сведений.
 5. Тесная взаимосвязь всех ИПЯ на определенном уровне.
 6. Пополнение ИПЯ новыми терминами (по мере ввода в ИПС новых документов и запросов) без коренной перестройки структуры.
 7. Автоматизация поиска информации на базе ЭВМ.
- Этим требованиям наиболее полно отвечают дескрипторные

ИПЯ, принятые в разрабатываемой ДИПС и создаваемые по общепринятой методике с учетом специфики геологии и ее разделов.

Основа разработки ИПЯ состоит в создании тезауруса, включающем четыре этапа с определенной последовательностью операций:

1. Набор лексики для словника ключевых слов, проводящийся путем свободного индексирования рабочего массива документов и запросов и обработки словарей, классификационных схем, легенд и т.п.

2. Лексико-семантическая обработка ключевых слов, заключающаяся из операций: разбивки массива слов на тематические поля; отнесения тематических полей к группам — по значению для поиска; устранения синоними слов и объединения их в классы условной эквивалентности; устранения омонимии и полисемии слов.

3. Выбор дескрипторов и установление их парадигматических отношений; построение словарных статей и их группировка в семантические поля (построение иерархических деревьев).

4. Оформление тезауруса: оформление словника ключевых слов, лексико-семантического указателя, изображение дескрипторных полей.

Затем заново проводится индексирование документов и запросов по тезаурусу, в процессе чего устанавливаются синтагматические связи в каждом реферате и запросе. Экспериментальное опробование ИПЯ позволяет приступить к редактированию тезауруса.

Создание ИПЯ по такой методике предопределило эффективность автоматизированного поиска в действующей ДИПС ВСЕГЕИ: по разделу "Тектоника" $p=80-93\%$, по разделу "Экзогенные месторождения полезных ископаемых" $p=60-75\%$.

ПОСТРОЕНИЕ ПАРАДИГМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ИПЯ
С ПОМОЩЬЮ ФАСЕТНОГО (СИСТЕМНОГО) АНАЛИЗА
НА ПРИМЕРЕ ИПЯ-МОРГЕО

Лексическими элементами ИПЯ дескрипторного типа являются дескрипторы, связанные в единую лексическую систему парадигматической структурой ИПЯ. В основе таких ИПЯ по геологии лежат обычно отраслевые принципы, а структура наследует структуру не строго формализованных геологических классификаций и классификаций документальной информации (УДК, рубрикаторы ВИНТИ и т.п.).

Наиболее строгая формализация парадигматической структуры ИПЯ может быть достигнута лишь путем применения так называемого фасетного анализа. Фасетный (системный) анализ, основанный на всестороннем разбиении знаний не только на отраслевой, но и на категориальной основе, позволяет строить предметные классы, охватывающие все возможные пересечения и связи между предметами (понятиями). Преимущества фасетного анализа перед односторонним отраслевым обеспечивают ему особую роль при построении парадигматической структуры ИПЯ, и доля ИПЯ, создаваемых с этих позиций, постоянно возрастает. К таким языкам относится и ИПЯ по морской геологии, созданный во ВНИИМОРГЕО.

Макроструктура тезауруса - МОРГЕО отражает все основные категории геологии, главные из которых - категории объекта, процесса и свойства. Важнейшее место занимает категория объекта, к которой относятся все геологические понятия, имеющие материальный эквивалент в природе. Внутри категориального поля объекты распределены по их принадлежности к уровням организации вещества.

Категория процессов занимает подчиненное место в категориальном базисе геологии и обычно имеет в ИПЯ атрибутивное значение для характеристики объектов.

Большую роль играет категория свойств, т.к. именно они позволяют вычленять определенные объекты (и процессы) из

массы других. Свойства фиксируют любые аспекты рассмотрения объектов: качественные, количественные, временные, пространственные, формы и содержания (строения). Особенно полно в геологическом языке разработаны свойства времени и пространства, в связи с историческим и региональным характером геологии.

Две категории играют подсобную роль. Категория "система знаний" (наук), определяет предмет исследования или практического использования геологических объектов. Категория операций отражает приемы и способы (методы) исследований.

При формировании микроструктуры ИПЯ - МОРГЕО на уровне внутренней структуры фасетов, помимо категориальных, учтены отраслевые признаки. Парадигматическая структура ИПЯ, построенная на основе фасетного анализа, повышает семантическую силу ИПЯ и обеспечивает разработку оптимальной методики индексирования геологических текстов.

А.И. Айнемер, Г.И. Коншин, В.Б. Ляцкий

СМЫСЛОВОЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ И ПУТИ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕДУРЫ ИХ ИНДЕКСИРОВАНИЯ

При создании документографических ИПС по геологии с ИПЯ дескрипторного типа возникают трудности в индексировании геологических текстов: не установлены критерии выбора ключевых слов, рациональная глубина и детальность индексирования, способы выявления семантических признаков неявного вида и т.п.

Сложность индексирования обусловлена вариантивностью естественного языка, что отражается в различии планов содержания и выражения текста, т.е. в возможности множественного лексико-грамматического оформления его смысла. Отсюда важнейшим требованием к индексированию является адекватность выявления и однозначность представления в ПЦД не столько синтагм естественного языка, сколько логико-ситуационных отношений, образующих смысловую структуру текста. Это определяет важность

методов логического анализа текста и выбора базисных категорий.

Смысл геологических текстов удобно представлять в категориях "объект", "процесс", "операция", "свойство", "наука", используемых как структурная основа дескрипторных ИПЯ фасетного типа. В зависимости от предмета изучения документа (геологические объекты и/или процессы либо технические средства и/или операции (методы) их исследований), выделяется два типа геологических текстов с разной логико-ситуационной структурой. Смысл текста первого типа можно выразить следующей логической формулой: "По отношению к геологическому объекту (x) и/или процессу (y), обладающими заданными признаками (R), изучаются искомые признаки (P) с помощью технических средств (Z) и/или операций (A) с заданными признаками (R'); при этом получается фактический материал (F)". Возможность выражения подобной структуры в виде многоместного предиката подтверждает выводы логической семантики о том, что "для эксплицитной записи смысла не требуются средства, принципиально отличные от прикладного исчисления предикатов" (Г.Э.Владуц, 1971).

Исходя из сказанного, принципиальная схема индексирования геологических документов может иметь такой порядок определения и выписки ключевых слов:

- а) геологический объект,
- б) заданные признаки объекта,
- в) изучаемые признаки объекта,
- г) геологический процесс (если он отражен),
- д) заданные признаки процесса,
- е) изучаемые признаки процесса,
- ж) операции (методы) и/или технические средства исследований,
- з) заданные признаки операций и/или технических средств,
- и) виды фактического материала по результатам исследований,
- к) наука или ее раздел, к которым относится данный текст.

При индексировании в режиме "грамматика" в ПОД вводятся

указатели связи, а при необходимости и роли. При наличии нескольких объектов или процессов процедура повторяется - текст стратифицируется на такое количество самостоятельных высказываний, сколько объектов и/или процессов имеет план его содержания.

Т.Г.Петров

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЯЗЫК И ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Предлагается введение искусственного информационного языка (ИЯ), предназначенного для описания, упорядочения при хранении и поиска сведений о химических анализах горных пород, руд, вод, газов, метеоритов и т.п.

Символами языка являются: символы химических элементов (или химических соединений) и числовые выражения.

Слова языка, отвечающие конкретным химанализам, состоят из пяти частей: ранговая формула системы, информационная энтропия, анэнтропия, номер генетического ряда, включающего объект, код первоисточника - его порядковый номер, страница, № анализа на странице.

Упорядочение слов в словаре производится в соответствии с последовательностью химических элементов в периодической системе Менделеева или последовательностью элементов в ранговой формуле среднего состава соответствующего подмножества систем; внутри множества систем, отвечающих данной ранговой формуле - по возрастанию величины информационной энтропии.

Информационно-поисковая система на основе этого ИЯ будет состоять из следующих картотек на перфокартах К-5 (или в памяти ЭВМ).

I. "Основная" - со входами: код ранговой формулы, фазовое состояние объекта, его генетический тип и пространственное положение, наличие гетероморфов по ранговой формуле и составу. Выходы: название объекта, энтропия, анэнтропия, номер

генетического ряда, включающего объект, место публикации, номер первоисточника.

II. "Библиография", содержащая все входы "Основной", номер первоисточника и три буквы фамилии первого автора. Выходы: библиографическая ссылка, характер анализов, номера генетических рядов.

III. "Генетические ряды". Входы "Основной", а также номер генетического ряда, номер первоисточника, характер ряда (пространственный, временной), наличие различных общих оценок ряда, экспериментальных моделей и др. Выходы: название процесса, возраст, регион, номера первоисточников, последовательность систем в ряду, сведения об изученных закономерностях процесса и др.

IV. "Алфавитный указатель" названий объектов и процессов с указанием кодов для поиска в картотеках "Основной" и "Генетические ряды".

В.В.Житинева, В.Н.Можкин, З.Д.Москаленко,
Е.И.Бойцова, Г.П.Пнева, Т.Н.Позднякова

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
ДОКУМЕНТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
(АДИС) ВСЕГЕИ

Рассматриваемая система - единственная в стране действующая автоматизированная ИПС дескрипторного типа по геологии. Ее первая очередь, охватывающая два раздела геологии ("Региональная геология и тектоника" и "Экзогенные месторождения полезных ископаемых"), введена в действие в конце 1970 г. За время работы в систему введено около 15 тыс. документов и более 1500 постоянных запросов. Проведено 80 поисков информации в режиме избирательного распределения (ИРИ) и 15 в режиме ретроспективного поиска. На запросы выдано около 100 тыс. копий вторичных документов.

Подтверждена рациональность основных принципов органи-

зации системы: трехконтурность схемы хранения и поиска информации, автономность функционирования по разделам геологии, использование информационно-поисковых языков (ИПЯ) дескрипторного типа, собственных для каждого из этих разделов.

Анализ работы отдельных звеньев АДИС показал:

а) Несмотря на то, что комплектование поисковых массивов вторичных документов затруднено задержкой их публикации, рассеянием информации и ее дублированием, выбрано оптимальное количество отечественных и зарубежных источников вторичной информации, обеспечивающее (с учетом ее рассеяния) полноту и точность комплектования. Ежемесячный прирост массивов "Региональная геология и тектоника" и "Экзогенные месторождения" составляет соответственно 800-900 и 250 документов.

б) Индексирование - главная операция в составлении поисковых образов документов (ПОД), определяющая их качество, сильно зависит от квалификации, кругозора и специализации индексатора. Принятая глубина индексирования (8-15 ключевых слов на реферат) удовлетворяет работу системы в режиме ИРИ, но не достаточно проверена для режима "Ретроспект".

в) Внедрение программ автоматического пополнения ПОД вышестоящими дескрипторами в 3-4 раза снизило затраты ручного труда и количество ошибок при кодировании информации и подготовке перфокарт, однако из-за роста объемов информации участок перфорации остается узким местом в работе АДИС.

г) ИПЯ системы обеспечивает достаточно полный и точный перевод вторичных документов и запросов на "язык" ЭВМ, а детальное отражение в нем базисных и ассоциативных связей между терминами способствует большей полноте выдачи информации.

д) Математическое обеспечение поиска, реализуемого на БЭСМ-4, состоит из следующих программ: контроля перфорации, дополнения ПОД, дополнения массива документов на магнитной ленте, поиска их адресных шифров, выдачи номеров документов на АЦПУ. Его недостатки: невозможна проверка больших массивов перфокарт; нет автоматического контроля величины ПОД и

корректировки записи нового массива (и запросов) на место старого; отсутствуют программы, позволяющие вносить изменения и дополнения в словарь и документы и выдавать документы по эшелонам.

е) Поиск информации во II контуре ведется вручную по адресам данным ЭВМ, а снятие копий — на электрографических аппаратах ЭРА и ВЕГА. При вводе в действие АДИС по другим разделам геологии и увеличении числа запросов потребуется автоматизация этого звена системы.

АДИС обслуживает более 250 специалистов ВСЕГЕИ и 30 коллективных абонентов из других институтов. Большая часть запросов (около 1300) имеет широкий характер и индексируется двумя или даже одним ключевым словом, что нормально для режима ИРИ. Для режима "Ретроспект" следует ожидать относительно роста числа более детальных запросов.

Информационную эффективность АДИС можно считать удовлетворительной: полнота 75–94%, точность 87–100% в зависимости от режима поиска, однако регулярная обратная связь системы с абонентами не налажена.

Дальнейшее совершенствование АДИС предусматривает устранение выявленных недостатков: ведутся работы по внедрению автоматического перфорирования на читающем автомате "Рута 701", по автоматизации II контура, по созданию новой системы программ поиска с эшелонированной выдачей информации.

М.А.Бобырева, А.П.Божинский, А.В.Горельшев,
Л.М.Кулькова, А.З.Лазарев, В.В.Полиенко,
Е.Я.Синюгина, С.Д.Шер

О СИСТЕМЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ
ДАННЫХ ПО РУДНЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ
(на примере месторождений золота)

Разработка системы этих показателей — отдельная задача в рамках создания на базе ЭВМ системы хранения, поиска и обработки геологоразведочных данных по рудным месторождениям,

предназначенной для анализа и оценки геологических объектов.

Данные об объектах следует сгруппировать по разделам: географическая привязка, геологическая изученность, геологическая характеристика, поисковые работы, разведочные работы, аналитические работы.

Проведен экспертный опрос ведущих специалистов ЦНИГРИ с целью выяснения характера запросов к системе со стороны НИИ геологического профиля и намечено провести подобную работу с работниками ТТУ. Это позволяет определить информационную структуру системы.

В системе выделяются следующие массивы данных: по пробам и аналитическим работам по ним; по месторождениям с обобщенными данными по пробам; по общей геологической характеристике территорий; по поискам и разведке и технико-экономическим условиям этих работ; по геологической изученности территорий.

Ю.Н.Сергеев, В.С.Щербаков,
А.А.Грачев, Б.Ф.Дробышев

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОИСКА МОРСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭВМ

Лаборатория математической обработки морской геологической информации ВНИИМОРГЕО вместе с кафедрой океанологии Ленинградского государственного университета разрабатывает первую очередь автоматизированной информационно-поисковой системы (АФИПС) — составной части подсистемы МОРГЕО АСУ-Геология. Эта АФИПС предполагает обработку информационных массивов только служебных и геологических характеристик, получаемых в морской геолого-геофизической экспедиции.

Вся информация разнесена по четырем иерархическим уровням: экспедиции, профиля, станции и пробы. На двух первых уровнях преобладает служебная информация, на последних — результаты лабораторных анализов проб. Общее количество ре-

гистрируемых характеристик приближается к 300. Массивы данных сгруппированы по территориальному признаку.

Анализ основных типов запросов и специфики морской геологической информации показал, что наиболее приемлемым для системы является ассоциативно-адресный метод организации информационных массивов с цепным способом организации списков. На основе этого метода для двух первых уровней разработаны программы для ЭВМ "Минск-32", позволяющие осуществлять ввод исходной информации, формирование массивов, поиск по запросам и выдачу информации на печать.

Результаты опытной эксплуатации системы с данными экспедиционных исследований в Балтийском и Охотском морях подтвердили правильность выбора метода организации информации и ее поиска.

В.В.Поддубный, Т.Д.Базанова,
Н.М.Кузнецова, Н.М.Деева, О.Б.Ломп

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ПО СКВАЖИНЕ

Вся информация по скважинам, бурящимся на нефть и газ, делится на пять видов: техническую, геологическую, экономическую, промыслово-геофизическую, аналитическую.

Информационно-поисковая система (ИПС) по скважине представляет сеть перфокартотек, связанных единой классификацией геологических объектов, единой системой их привязки, общей схемой взаимоотношения отдельных перфокартотек и единой системой кодирования. При создании ИПС решаются вопросы компактного хранения информации, включая графическую ее оперативного поиска и обработки на базе современных методов и технических средств (ЭВМ, голографические системы).

Предлагается проект внедрения и функционирования ИПС, включающий организацию фонда фактографического материала (контроль, кодирование, хранение, поиск и переработка инфор-

мации) и решение проблемы обмена информацией между потребителями на основе использования радиосвязи.

В.И.Гороян, В.А.Аракелян,
А.А.Гусейнов, С.Н.Тесаков

ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ И ПЛАСТОВЫХ
ЖИДКОСТЕЙ

Фактографическая ИПС по коллекторам и пластовым жидкостям представляет собой комплекс взаимосвязанных унифицированных форм документации результатов аналитических исследований керна и флюидов. Она состоит из следующих поисковых массивов: литология и коллекторские свойства пород (215 параметров); состав и свойства пластовой нефти (147 параметров); состав и свойства газа (68 параметров); состав и свойства конденсатного газа (240 параметров). Каждый из массивов комплектуется для трех уровней данных: а) по образцам или пробам; б) по продуктивным пластам; в) по залежам.

Важнейшие задачи, решение которых обеспечит система:

1. Изучение региональных и локальных закономерностей изменения свойств пород и флюидов.

2. Изучение закономерностей размещения пород по разрезу и площади.

3. Оперативный контроль качества и достоверности определения параметров, необходимых для подсчета запасов, проектирования, контроля и регулирования процессов разработки залежей.

О ФАКТО-ДОКУМЕНТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЕ (ФДИПС) ПО КАРТАМ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ФДИПС по полезным ископаемым и региональной металлогении создается на базе государственных карт полезных ископаемых (КПИ) СССР.

За объект информации в системе принята определенная структурно-формационная зона в пределах планшета масштаба 1:200000. При составлении лексики информационно-поискового языка (ИПЯ) системы выбрано 6 крупных надгрупп признаков, разбитых на группы, подгруппы и классы: 1) тип месторождения; 2) тип рудного тела; 3) вмещающие породы; 4) структурно-тектоническая обстановка; 5) возраст; 6) географическая привязка. Всего в словарь ИПЯ занесено и иерархически расставлено около 2000 признаков, разделенных на поисковые (650) и содержательные (1350). Относительно полно разработаны признаки, относящиеся к геологическим факторам размещения металлических полезных ископаемых, в значительной мере — неметаллических, недостаточно — горючих полезных ископаемых.

В качестве носителя информации используется бланк минераграммы на перфокарте К-4, на лицевой стороне которой системой условных знаков отображаются месторождения полезных ископаемых и основные геологические факторы, контролирующие их размещение: литофациальные, структурно-тектонические, стратиграфические и т.п. На обороте бланка приводится количество и характеристика месторождений. Месторождения металлических, неметаллических и горючих полезных ископаемых наносятся на отдельные; трейлерные бланки минераграммы.

Такой графический реферат позволяет наглядно представить комплекс геологических сведений по конкретной территории и удобен в информационном аспекте, т.к. допускает микрофильмирование и быстрое тиражирование. Предлагаемый носитель информации используется на стадии комплектования опытного массива и предварительного ручного апробирования системы.

Поисковым аппаратом разрабатываемой ФДИПС служит краевая перфорация носителя информации, которая позволяет кодировать до 17 групп, охватывающих 480 поисковых признаков. Макет дает возможность одновременно кодировать 378 признаков при кодировании до 58 параллельных признаков в группе.

Н. А. Кухаренко

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При решении прогнозно-металлогенических задач исследователи сталкиваются с большими трудностями сбора и анализа огромного количества геологических фактов площадного и точечного характера. Рациональным путем решения этой проблемы является создание фактографических информационных систем (ФИС).

Металлогенические исследования, как правило, имеют дело с двумя классами геологических объектов: геологической средой и полезным ископаемым. Разрабатываемые ФИС должны иметь двухконтурную структуру, соответствующую этим классам, причем контур "геологической среды" (площадной ячейки) иерархически и частично функционально должен быть подчинен контур "полезного ископаемого". В то же время каждый из них должен автономно решать максимальный круг прогнозно-металлогенических задач.

Наиболее сложен вопрос формализации площадной ячейки сбора информации. Формальная равновеликость ячеек при охвате всех столь контрастных по геологическому строению регионов территории СССР вряд ли достижима, и само требование равновеликости кажется недостаточно аргументированным, так как количество информации в ячейке зависит от сложности геологического строения. Предлагается за площадную ячейку сбора информации брать планшет масштаба 1:200000. Источниками информации при комплектовании ФИС должны служить геологические карты различного масштаба и назначения с текстовыми приложениями, а также различные кадастры, отчеты и сводки.

ФИС по полезным ископаемым и региональной металлогении должны обеспечить: сбор, хранение и поиск информации; анализ и сопоставление геологических материалов по разным регионам; характеристику полезных ископаемых и тем самым - регистрацию и паспортизацию всех видов минерального сырья; прогноз территорий на конкретные полезные ископаемые или их комплекс; многоаспектную классификацию геологических объектов по совокупности свойств; статистическое обоснование критериев выделения и дефиницию различных геологических понятий; статистическую проверку различных гипотез о генетических связях между геологическими объектами и т.п.

Г.А.Булкин, К.Б.Гаталин,
В.Н.Мошкин, Т.В.Никифорова

К МЕТОДИКЕ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ФАКТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (АФИС) ДЛЯ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА

При создании автоматизированных информационных систем (АИС) выделяется два этапа. На первом разрабатывается модель АИС: формулируются ее цели и задачи, выбираются объекты информации и информационные массивы, включая опытные, изучаются информационные потоки и потребности, разрабатывается или выбирается информационный язык (ИЯ). На втором ведется экспериментальная проверка модели: выбор алгоритмов и программ переработки информации и усовершенствование системы.

Одной из важнейших задач АФИС в области геологии является обеспечение динамического количественного прогноза территорий на минеральное сырье, соответствующей фактографической информацией (ФИ). На современном уровне исследований такой прогноз невозможен без больших объемов постоянно пополняемой и изменяемой фактографической информации и без применения математических методов ее переработки при решении геологических задач. Эта задача ставит вопрос о составе информационных массивов и объектах информации. По данным анализа 30 тем ВСЕГЕИ

в области металлогении для прогнозной оценки территорий на комплекс полезных ископаемых используется свыше 15 видов ФИ, которые и должны быть представлены в информационных массивах АФИС, причем необходимые объекты ФИ можно разделить на простые (например, результаты химических анализов) и сложные (например, описания месторождений).

Одной из задач первого этапа создания АФИС для металлогенического прогноза является изучение потоков ФИ и потребностей в ней. Оно может заключаться в сравнительном анализе результатов анкетирования (интервьюирования) исследователей, программ тематических исследований и отчетов по ним. По данным анализа тех же 30 тем ВСЕГЕИ при выполнении работ по одной металлогенической теме в среднем проводятся следующие количества новых определений: петрографических - 400; минералогических - 300, изотопных - 26, спектральных - 500 и т.п. По этим данным можно получить оценки создаваемых при разработке металлогенических тем объемов новой ФИ. Величина затрат на получение ФИ (в среднем 40% общей суммы затрат на металлогенические исследования), затрудненность ее использования другими исследователями (большинство видов ФИ в отчетах по темам не приводится), невозможность ее практического накопления показывают, что создание АФИС не только экономически выгодно, но и необходимо для повышения надежности металлогенического прогноза.

Важный вопрос первого этапа создания АФИС - разработка ИЯ. Требования к ИЯ АФИС более жестки, чем к ИЯ документальной информационной системы (ДИС): ИЯ АФИС должен быть лексически, грамматически и логически богаче, хотя это и осложняет ввод информации в систему. Опыт разработки ИЯ АФИС по месторождениям полезных ископаемых показывает, что в его составе должно быть, по крайней мере, четыре категории терминов: 1) положение объекта в пространстве, 2) временные характеристики, 3) экономические и технологические характеристики, 4) геологические характеристики (сведения о рудовмещающих породах, околорудных изменениях, морфологии рудных тел, минеральном составе руд и т.п.). Разработка ИЯ АФИС ведется по опыту разработки ИЯ ДИС: создается массив описаний

месторождений, из него и ИЯ ДИС набирается лексика, находятся необходимые грамматические и логические отношения и средства их выражения, массив описаний переводится на ИЯ, производится его экспериментальное опробование. На определенных уровнях ИЯ АФИС и ДИС увязываются между собой.

В.Н.Мошкин, Г.А.Булжин, Б.Д.Дворкина,
В.В.Житинаева, Э.Д.Москаленко

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Одна из целей информационных систем, создаваемых во ВСЕГЕИ – использование их для научного прогнозирования месторождений полезных ископаемых (МПИ), которое осложняется экспоненциальным ростом информации и ее рассеянием в разнообразной геологической документации. Поиск и обработка этой информации требуют ее специальной организации.

Основой такой организации является комплекс взаимодействующих информационных систем (КАИС), разрабатываемый во ВСЕГЕИ с 1966 г. и включающий системы: документографическую (ДИС), фактодокументографическую (ФДИС), фактографическую (ФИС) и систему аналитико-синтетической переработки информации (САСПИ).

В области прогнозирования МПИ КАИС сможет выполнять следующие функции:

а) Обеспечение специалистов документо- и фактографической информацией по проблемам этой области, решаемым во ВСЕГЕИ, – задача решается ДИС, ФИС и ФДИС по КГС (картам геологического содержания).

б) Выявление и уточнение критериев прогнозирования МПИ – проводится на базе ДИС и ФДИС по КГС путем анализа частот совместной встречаемости геологических признаков МПИ и на базе ФИС по эталонным месторождениям, путем определения информативности геологических признаков, типов месторождений,

рудных районов и металлогенических зон.

в) Прогнозная оценка территорий – задача решается всеми системами КАИС по выявленным критериям прогнозирования: ДИС и ФДИС по КТС определят районы с благоприятными для прогнозируемых МПИ наборами признаков; ФИС оценит известные в этих районах проявления и месторождения; САСПИ проведет анализ и синтез всех данных и передаст его результаты металлогенистам.

г) Сбор и обработка информации для управления прогноз-но-металлогеническими исследованиями – задача выполняется всеми системами Комплекса.

Создание КАИС основывается главным образом на работах, осуществленных во ВСЕГЕИ. К ним относятся: ввод в действие автоматизированных ДИС по ряду разделов геологии; разработка научно-методических основ организации ФИС; экспериментальное опробование частных ФИС; создание макета ФДИС по КТС; разработки количественных методов прогнозирования МПИ с применением ЭВМ и т.п. Создание КАИС облегчается наличием ВГБ и ЦНИГР музея с их богатейшими первичными материалами и справочно-информационного фонда вторичных документов ВСЕГЕИ (500 тыс. единиц с ежегодным приростом 50 тыс. единиц).

Ближайшие задачи в плане использования КАИС для прогнозирования МПИ: доработка и ввод в действие П-ой очереди автоматизированной ДИС; реализация ФДИС по КТС и эталонных ФИС по МПИ; разработка алгоритмов и программ решения задач прогнозирования МПИ с помощью КАИС, их экспериментальная постановка и решение. Использование КАИС для прогнозирования МПИ реально уже с конца текущей пятилетки.

К.Б.Гаталин

О ДВУХ СТОРОНАХ РАЗРАБОТОК АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Разработка любой автоматизированной информационной системы (АИС) зависит от результатов как теоретической, так и

практической деятельности.

В теоретическом плане информационные потоки АИС рассматриваются как потоки случайных величин. Так, практика работы различных информационных служб устанавливает отсутствие зависимости вероятности поступления в фонды в любой отрезок времени того или иного количества сведений от количества сведений, поступивших в другие, не пересекающиеся с данным, отрезки времени. Поток таких событий в теории вероятностей называется потоком без последствия или обобщенным пуассоновским потоком. Плотность такого потока зависит от времени в соответствии с экспоненциальным ростом количества сведений, выражающим общий закон ускоренного развития науки. Его аналитическое выражение, предложенное А.И.Розановым (1967), для расчета объема справочно-информационного фонда (V_{φ}) АИС, имеет вид

$$V_{\varphi} = 0,75 B \cdot C \cdot e^{(\kappa-1)t},$$

где B — "начальный" период хранения сведений, C — "начальный" объем массива, e — основание натуральных логарифмов, κ — коэффициент экспоненциальной функции, t — время функционирования массива АИС. Математическая модель позволяет также установить вид АИС, скорости ее срабатывания и другие технические параметры. Например, аппарат управления и руководители научно-исследовательских работ (НИР) ВСЕГЕИ могут пользоваться приоритетом в справочно-информационном обслуживании (СИО) перед исполнителями НИР, что возможно в "чистых" АИС "с ожиданием и приоритетом".

Практическая сторона разработки АИС заключается в обследовании существующего информационного обеспечения НИР и аппарата управления. Выясняются функции и структура учреждения, его кадровый состав, информационные потребности, источники информации и ее фонды, пути передачи сведений от мест их производства к потребителям. По результатам обследования формулируются технические требования к АИС и составляется техническое задание (ТЗ) на ее разработку. Так, анализ информационных потребностей некоторых НИР ВСЕГЕИ показал, что частота спроса сведений определенного вида равна 1 единице в год.

При потребности в 100 единиц скорость срабатывания АИС - $V_{\text{сраб.}} = 3 \cdot 10^{-6}$ ед/сек. В ТЗ определяются функции, структура и параметры функционирования АИС (надежность, компактность, адаптивность, управляемость и др.). Структура АИС представляется в виде следующих взаимосвязанных подсистем, выделенных по функционально-операционному признаку: 1) ввода данных, 2) ввода (запросов), 3) хранения данных (оперативный и основной массивы), 4) хранения запросов, 5) вывода данных, 6) вывода ответов на запросы.

Л. Н. Дуденко

ОПТИМАЛЬНАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ПРИЗНАКОВ В ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЯХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

При использовании любого дискретного метода распознавания (типа "Кора", "Тупиковые тесты", статистико-игровой подход и др.) признаки должны принимать конечное число (чаще всего только два) значений. Однако часто значения исходных признаков представляют собой результаты количественных измерений (например, спектральных анализов). Обычно эти значения предварительно группируются на наиболее "естественные" с точки зрения геолога интервалы и кодируются. Очевидно, что такая группировка зачастую оказывается субъективной и ухудшает качество распознавания, которое очень сильно зависит от способа группировки.

Автором предлагается алгоритм поиска оптимального варианта группировки непрерывных переменных, основанный на естественном критерии максимизации их информативности. В качестве меры информативности используется количество информации по Каллбеку:

$$J_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^k (p_{is}^j - \frac{1}{n-1} \sum_{\ell \neq i-1}^n p_{\ell s}^j) \ln \frac{p_{is}^j}{\frac{1}{n-1} \sum_{\ell \neq i-1}^n p_{\ell s}^j} \quad (1)$$

где n - число распознаваемых классов,

k - число интервалов группирования,

$p_{\ell s}^j$ - частоты попадания значений j -ой переменной в s -й интервал для ℓ -го класса.

Если известен тип распределения признака, из условия максимизации $J_j(c_1, c_2, \dots, c_{k-1})$ можно составлять систему уравнений для нахождения правых границ интервалов c_1, c_2, \dots, c_{k-1} .

Однако получить решение этих уравнений в явном виде для практически интересных случаев не удается, численные же методы требуют весьма трудоемких вычислительных операций. Кроме того, тип распределения признака зачастую неизвестен.

Поэтому автор использовал простой эмпирический метод, не требующий знания типа распределения и состоящий в следующем.

Пусть $X^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_{N_i}^i)$ - вектор значений переменной X в i -й выборке объема N_i , $i = 1, 2, \dots, n$ и k - заданное число интервалов группировки. Требуется найти такой вектор $\bar{c} = (\bar{c}_1, \dots, \bar{c}_{k-1})$, чтобы достигался

$$\max J(c_1, c_2, \dots, c_{k-1}),$$

причем

$$\alpha_1 = \max_i \min_r x_r^i \leq c_1 < c_2 < \dots < c_{k-1} \leq \min_i \max_r x_r^i = \alpha_2, \quad (2)$$

$$P_{ic} = \frac{n_i c}{N_i} = \frac{n_i (c_2 - c_1)}{N_i}, \quad \text{где} \quad (3)$$

$n_i (c_2 - c_1)$ - число элементов X_r^i , заключенных в интервале $(c_1, c_2]$

Выберем шаг Δ и разобьем отрезок $[\alpha_1, \alpha_2]$ на интервалы $(\alpha_1 + s\Delta, \alpha_1 + (s+1)\Delta)$, $s = 0, 1, \dots, t$; $t = [(\alpha_2 - \alpha_1)/\Delta]$.

В качестве векторов c^1, c^2, \dots, c^p берутся последовательно все возможные комбинации по $k-1$ из $t+1$ точек $\alpha_1 + s\Delta$, удовлетворяющие условию (2), так что

$$P = \frac{(t+1)!}{(t-k+2)!(k-1)!}, \quad (4)$$

и вычисляются $J(c^1), J(c^2), \dots, J(c^p)$ по формулам (1) и (3).

Вектор c^{P_0} такой, что $J(c^{P_0}) = \max \{J(c^1), J(c^2), \dots, J(c^p)\}$

берется в качестве оптимальных границ интервалов.

Задаваясь различным числом k интервалов группировки в допустимых для конкретной задачи пределах, можно указанным выше способом находить оптимальные границы для каждого k и затем выбирать такое $k = k_0$, при котором информативность $J(k)$ максимальна.

Как следует из (4), при уменьшении Δ число точек c^s , а, следовательно, и объем вычислений очень быстро возрастает. Поэтому Δ нельзя сделать достаточно малым, и решение c^{P_0} в общем случае может значительно отличаться от оптимального. Несмотря на это, в конкретных задачах, варьируя Δ в допустимых пределах, можно добиться достаточно удовлетворительного распознавания.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ АСУ-ГЕОЛОГИЯ

В настоящее время отсутствует разработанная регулярная теория на основе которой можно было бы проектировать и строить автоматизированные системы управления. Поскольку создание АСУ требует значительных материальных и людских ресурсов, допущение ошибок при принятии важнейших проектных решений может привести к тому, что система будет неэффективной, затянутся сроки ввода ее в действие, существенно возрастает стоимость системы и т.п. Так, например, Министерство почт США в течение 9 лет разрабатывало АСУ. Эксплуатация системы показала, что применявшийся до этого ручной способ более эффективен, чем автоматизированный.

Для того, чтобы получить максимум эффекта от внедрения АСУ-Геология необходимо разработать общие принципы функционирования отрасли в условиях внедрения АСУ. Созданием АСУ-Геология в настоящее время занято большое количество организаций территориально разобщенных и организационно слабо взаимосвязанных. Поэтому разработка научно-методических вопросов создания АСУ-Геология является одной из важнейших задач, в решении которой наряду с головной организацией должны участвовать также организации соразработчики.

Разработка научно-методических основ АСУ-Геология должна базироваться на идеях и методах общей теории систем и системного анализа, кибернетики, теории организации, теории принятия решений, экономики, информатики, бионики и т.п. При этом необходимо учитывать специфику и особенности геологической отрасли.

Обобщенная организационно-функциональная схема построения АСУ-Геология в общем виде должна основываться на принципах проблемно-целевого управления. На первом этапе проектирования системы ввиду ограниченности ресурсов и времени на проектирование, отсутствия в необходимом количестве опытных кадров и т.п. целесообразно осуществлять декомпозицию и разработку системы по функциональному принципу с тем, чтобы в дальнейшем перейти на проблемно-целевой принцип управления системой. Весьма существенным при этом является разработка принципов коммутации и декоммутации подсистем при разрешении возникшей проблемы и достижения заданной цели.

Общие вопросы

И.И.Абрамович, В.В.Груза, С.И.Романовский. Математизация геологии (итоги и перспективы) . . .	5
Л.И.Четвериков. Основные направления математизации геологии	7
И.П.Шарапов. Методологический аспект математизации геологии	9
В.И.Оноприенко. Вопросы математизации и методологический анализ геологических теорий . . .	10
И.В.Круть. О категориальном базисе формализации и математизации геологического знания . .	12
В.И.Васильев. Детерминизм и некоторые принципы синхронизации геологических объектов . . .	14
А.Н.Дмитриев. Информационные аспекты геологического времени	16
А.Э.Конторович, Е.В.Кронгардт, М.А.Садилов. Понятие "оптимальной системы" в геологии	17
И.Н.Гольнюк. Геохимическая система для магматических пород, ее структура и свойства . . .	18
С.В.Гольдин. Обработка больших массивов цифровой геолого-геофизической информации	21
В.Д.Карбышев, Е.А.Смертин. Информационно-статистический подход при решении некоторых геологических задач	22
М.А.Садилов. Применение факторного анализа для оценки "исключительности"	22
Л.Д.Кноринг, В.Н.Деч. Использование идей теории эксперимента для оптимального извлечения из геологических и геофизических наблюдений информации о феноменологических сторонах геологических процессов	23
	219

Б.А.Ермолаев. Пространственно-временной принцип формализации геологических понятий	25
В.М.Сидоров. О систематизации математических постановок геологических задач	25
А.С.Девдариани. Восстановление геологической истории методами приема сигналов на фоне помех .	25
Д.Н.Беляшов. Разграничение геологических совокупностей	26
Н.Н.Жуков. Задачи классификации без данных для "обучения" по принципу минимума меры компактности классов	28
В.А.Ванюшин. Адаптивные методы построения оптимальных разделяющих поверхностей при классификации геологических объектов	29
И.А.Ванчуров. О математических методах построения классификационных систем в палеонтологии	29
В.Н.Николенко. Об одном алгоритме самообучения и методике его использования в задачах геологической классификации	30
В.М.Гордин. Сравнительные оценки эффективности методов одномерного тренд-анализа	30
Ю.В.Шурубор, Г.Л.Дурьманова. Аналитическое описание геологического поля как результата действия многофазного геологического процесса с неполностью совпадающими областями проявления фаз	31
Е.Л.Тавъев, В.С.Щербаков. Методика установления законов распределения и вычисления их параметров при изучении геологических характеристик	31

Математика в геологии

Геоморфология и тектоника

В.Н.Водолазский. Прогнозирование структурных поверхностей осадочного чехла Большеземельской тундры	35
--	----

В.С.Зильберг. Количественная оценка связи между гидрографией и тектоникой северо-западной части Донбасса	35
В.С.Зильберг. Оценка силы зависимости между трещиноватостью каменноугольных отложений зоны активного выветривания и некоторыми формирующими ее факторами (на примере Волчье-Торецкой котловины Донецкого бассейна)	37
В.С.Резник. Статистическая оценка длин однопорядковых рек при структурно-геоморфологических исследованиях	38
В.Л.Чудинский. Метод количественного сравнения роз-диаграмм тектонической трещиноватости осадочных пород платформенного комплекса	38
В.Я.Воробьев. Математические методы в структурно-геоморфологических исследованиях	40
А.А.Кузнецов. Геометрическое моделирование и тектоно-магматический процесс	42
В.Б.Соколова. Математическая обработка данных, полученных с аэрофотоснимков, при геологических работах в "закрытых" районах	44
<u>Литология, стратиграфия, палеогеография</u>	
И.Д.Энзеш. Формулировка задачи сопоставления разрезов и несколько алгоритмов ее решения	45
С.И.Романовский. Вероятностная постановка и решение задачи синхронизации стратиграфических единиц	46
В.Л.Лось. Возможный метод сопоставления и увязки разрезов	49
А.М.Шурыгин, А.П.Бирюков. Статистические методы при корреляции "немых" разрезов ритмичных толщ (на примере среднеюрских отложений Южного Дагестана и Азербайджана)	50

Ю.Л.Верба. Оценка изменчивости осадочных толщ по простиранию	51
В.С.Зильберг. Статистическое исследование изменчивости мощностей каменноугольных отложений северо-западной части Донбасса	53
М.Е.Каплан, Е.Г.Юдовный, Л.Д.Кноринг. Восстановление факторов, контролирующих формирование терригенных отложений Хатангского прогиба, методом факторного анализа	53
Б.И.Смирнов. Факторный анализ и моделирование осадочного рудообразования	55
А.И.Айнемер, В.Б.Ляцкий. Определение стационарности развития шельфовой зоны по картографическим данным методом выделения однородных совокупностей	56
Е.Ф.Поповин. Условия седиментации продуктивных горизонтов мезозоя юга Калмыцкой АССР и Астраханской области (информационная оценка данных гранулометрии)	57
В.С.Жданов, М.А.Бобырева. Статистическая обработка данных морфометрии обломков в отложениях Иссык-Кульской котловины и Западного Приохотья	58
Н.И.Кирко. Оценка массопереноса глинистых частиц при осадконакоплении в бесприливных морях	59
Г.Н.Кузнецов. Опыт применения математической статистики при изучении свойств нефтей Волго-Урала	60
И.С.Барсков. Изучение частотно-размерного распределения раковин в современных и фоссильных ассоциациях моллюсков	60
 <u>Геохимия</u> 	
И.И.Абрамович, Л.Н.Дуденко. Об одном алгоритме типизации вулканических горных пород на петрохимической основе	62

И. А. Неженский. Свертывание и систематизация информации о размещении минерализации в пределах рудных тел и месторождений	65
В. Ф. Мягков. К методике изучения зональных рудных тел	67
И. Н. Голышко, Л. И. Тихомиров. Изучение металлогенической специализации гранитоидов с помощью факторного анализа	68
Г. А. Булкин. К статистической теории эволюции геохимических систем	70
В. Л. Лось, В. А. Нарсеев. Количественная оценка организации рудообразующих гидротермальных систем	72
Г. А. Вострокнутов. Некоторые вопросы теории и практики обработки геохимической информации математико-статистическими методами	73
В. С. Антоненко, Р. А. Резванов. Информационная оценка связи двух многомерных совокупностей при решении задач геологии	74
И. Г. Клушин, К. А. Кромбет. Статистическая характеристика изменений состава никеленосной коры выветривания	75
Т. Г. Петров. Расхождение между химическими составами и его использование в петрохимии	77
М. М. Ильвицкий, Г. Н. Романенко, А. И. Передерий. Сравнение площадной тенденции распределения никеля, кобальта, хрома и железа в ультрабазитах и их коре выветривания	77
Ю. К. Бурков, А. Г. Галимов. Применение метода многократной корреляции при выделении интрузивных комплексов (на примере гранитоидов Южного Урала)	78
А. Е. Тюленев. Корреляционный статистический анализ как средство для поиска перспективных элементов и полезных ископаемых в корах выветривания и установления более точного генезиса последних .	79

А.Н.Палицына. О возможностях корреляционного статистического анализа при исследовании гипербазитов	80
Ю.В.Индукеев, А.Р.Вестфаль, В.Е.Хохлов. Корреляционный анализ при изучении изоморфизма в гранатах контактово-метасоматических месторождений Алтае-Саянской области	80
Ю.Г.Езерский. Использование корреляционного анализа в задачах таксономии в применении к микрогазометрической съемке	81
В.Г.Фоминых, Э.И.Полтавец. О криволинейной зависимости между содержаниями, элементов-примесей в сосуществующих титаномагнетитах и пиритах некоторых титаномагнетитовых месторождений Урала	81
Н.И.Боев. Корреляционный анализ содержаний элементов-индикаторов оруденения при детальном поисках смещенных геохимических ореолов	82
Н.А.Каримов. Выделение геохимических ассоциаций и их сравнение методом конкордации	83
Г.П.Белянина, В.Г.Шигарев. Некоторые особенности содержания и распределения микроэлементов в вулканогенных породах спилит-кератофировой формации (на примере карамальташского комплекса, Южный Урал)	84
В.Г.Фоминых, В.Е.Каплан. Статистические закономерности многомерного распределения железа, фосфора и меди на одном из титаномагнетитовых месторождений Среднего Урала	85
С.Б.Хенкина, М.А.Бобырева. Характер распределения золота в протерозойских толщах ряда районов Карелии	85
А.И.Гавришин. Погрешности измерений и статистическое обоснование выводов в геохимии	86

Е.Н.Архипович, Е.Н.Панов, А.П.Соболев,
Г.К.Шнай. Применение линейных дискриминантных
функций для расчленения мезозойских гранитоидов
Северо-Востока СССР 87

Д.П.Храменкова, В.Я.Манаков, Е.В.Гаврилова,
И.П.Шарапов. Математическое исследование геологи-
ческих и физико-химических факторов, влияющих на
склонность сульфидных руд к самовозгоранию . . . 88

В.В.Трофимов, О.Ф.Трофимова. Применение ин-
тегратора МСМ-I в геолого-мелиоративных задачах
прогнозирования перемещения солей при орошении . 88

Геофизика

Ю.А.Воронин, Ю.М.Гусев. О принципах построе-
ния алгоритмической схемы районирования территорий
по гравитационным или магнитным данным 90

Г.Г.Кравцов. Вычислительные схемы определения
параметров геологических образований по магнитным
и гравитационным аномалиям методом линейного про-
граммирования 91

И.Г.Клушин. Использование стохастических мо-
делей при интерпретации геофизических данных . . 93

Е.Б.Изотова. Метод целенаправленного подбора
при количественной интерпретации геофизических
данных 95

Т.Б.Калинина, С.Ф.Безруков. Оценка укруп-
ненных параметров объектов сложной формы с не-
однородными физическими свойствами по потенци-
альным полям 96

В.Н.Деч. Использование разложения Корунена-
Лозва при интерпретации комплекса данных промыс-
ловой геофизики, характеризующих карбонатные и
сильно консолидированные терригенные разрезы . . 97

О.Ф.Путиков. Задачи теории физико-химических
методов каротажа скважин 98

Е.Б.Изотова, В.И.Кучер. Методы и результаты решения задачи учета рельефа в электроразведке	98
Е.Б.Изотова, Л.В.Егорова. Поле электромагнитного диполя в присутствии шара в широком диапазоне частот	99
Ю.А.Лебедев. Экспериментальные исследования характеристик годографов интерференционных отраженных волн	100
Л.И.Борейша, А.Е.Куликович. Автоматизация комплексной обработки геолого-геофизической информации с целью палеоструктурного анализа	101
И.В.Литвиненко, А.Л.Ливанцова, М.Х.Меламуд. Опыт применения ЭВМ при интерпретации данных сейсморазведки в Печенгском районе	102
<u>Прогноз, поиск, разведка и эксплуатация месторождений</u>	
А.Н.Дмитриев, А.А.Бишаев, В.О.Красавчиков, Е.А.Смертин, Г.С.Федосеев, Т.И.Штатнова. Логико-математический подход к решению прогнозно-поисковых задач	103
В.А.Нагорский. Метод аналогии и его различное понимание при количественном прогнозировании оруденения	104
А.П.Куклин. Прогнозирование с помощью ЭВМ	105
А.П.Куклин. Геологическое моделирование на основе элементарных ячеек и подготовка геологических данных для металлогенических исследований	106
Я.Ш.Флакс. Прогнозирование медного оруденения Южного Урала с помощью программ распознавания	106
В.Н.Николенко, Л.А.Приказчиков, В.В.Скворцов, В.И.Старостенко, А.В.Стекольников. Прогнозирование пегматитов по геофизическим и геохимическим	

данным с помощью обучающейся системы	I07
А.Н.Заворотько, Б.В.Неверович, В.Н.Николенко, А.Г.Сташенко. Исследование возможностей самообучающейся системы при геологическом картировании . . .	I08
В.С.Резник, М.Е.Вигдорчик. Вероятностное прогнозирование месторождений полезных ископаемых на примере песчано-гравийного сырья	I09
И.А.Неженский. К применению математических методов при исследованиях зональности минерализации	II0
А.М.Шурыгин, Ю.Д.Пивоварова. Методика статистической классификации совокупностей большой размерности и отбор информативных параметров на примере оценки перспективности основных и ультраосновных интрузий Мончегорского района на никель	II2
А.М.Шурыгин. Статистическая проверка наличия закисной компоненты признака на площади	II3
В.А.Нагорский, Л.А.Приказчиков. Количественная оценка петрографических факторов локализации пегматитов Волыни	II4
В.В.Богацкий, Ю.М.Коллеганов. Относительная сложность геологического строения как возможная основа вероятностной оценки рудоносности	II5
Л.С.Гельтман. Некоторые схемы оптимальных диагностических процедур при поиске месторождений полезных ископаемых	II6
Г.И.Каратаев, В.И.Карасева, В.В.Терлецкий, Р.И.Янена. Моделирование процесса поиска нефтегазовых месторождений	II9
Л.А.Гузовский, В.Д.Мазуров, Л.И.Тягунов. Использование метода комитетов при поисках древних россыпей золота	I20
Ф.И.Хатъянов. Поиски сложно построенных структур в Башкирии на основе информационно-вероятност-	

ной оценки результатов комплексной интерпретации геолого-геофизических данных	I21
Л.Д.Кноринг. О построении теории разведки на нефть и газ (с использованием идей математической статистики)	I23
Ю.А.Воронин, Е.Н.Черемисина. О задаче направления опробования	I25
Т.У.Макоева, М.Т.Ойзерман, Б.Г.Слепцов. Оценка необходимого числа наблюдений методами последовательного оценивания.	I27
Л.А.Аронова, В.А.Пырченко, Н.М.Хайме. Геологические результаты статистической обработки экспериментальных данных на ЭВМ и возможности их использования при планировании опробования	I28
М.В.Рац. Основы статистической теории опробования (применительно к задачам инженерно-геологических изысканий)	I29
И.П.Кречетова. Задачи о размещении точек опробования в плане	I31
М.Т.Ойзерман. Задачи о размещении точек опробования в слоистых разрезах	I32
Р.Л.Бродская, О.Г.Семенова, В.А.Кумпан. Расчет эффективной аналитической сети для геометрического анализа горных пород	I33
Р.Л.Бродская, Л.С.Гельтман. Линейный поиск при гранулометрическом анализе минеральных зерен	I34
Ж.М.Бейлина, Ю.Э.Зульфугаров, В.С.Щербаков. Построение поверхности тренда для произвольной сети опробования при помощи неортогональных полиномов с выбором их степени	I36
В.Ф.Мягков, Г.В.Лебедев. Определение расстояний между пробами (с учетом автокорреляции концентраций)	I36

О.Г.Семенова. Оценка эффективности равномерных поисковых сетей вероятностно-статистическими методами с помощью ЭЦВМ	I37
А.М.Комаров. Автоматизация обработки данных непрерывного инженерно-геологического опробования на ЭВМ	I37
Ф.А.Усманов. Математические методы исследования статистических систем геологических тел по их сечениям	I39
В.В.Богацкий, А.Ф.Дмитриев. О достоверности геометрических моделей объектов, недоступных непосредственному измерению (на примере анализа сечений геологических тел)	I39
В.В.Богацкий, А.Ф.Дмитриев. Погрешности опонтурирования геологических объектов, обусловленные их топологией	I40
Ю.К.Панов. Расчет надежного минимального веса представительной пробы, отобранной из участков коренного залегания руд и крупнокусковатого материала	I41
Н.Н.Михеев. К теории математического моделирования процесса бурения скважины	I42
А.М.Шурыгин. Подсчет запасов месторождения и оценка его погрешности на модели условного случайного процесса	I42
В.В.Немец. Автоматизация геологических и эксплуатационных моделей месторождений полезных ископаемых	I43
И.П.Шарапов, М.И.Савиных. Проблема коэффициентов намыва	I45
М.И.Савиных. Построение карт тренда на россыпях для поисков аномалий золота	I45
В.М.Гороховский, В.Н.Культиасов. Пути повышения эффективности использования ЭВМ при обработке	

материалов геолого-мелиоративных исследований I46

Л.М.Чертков, З.Г.Борщ. Математическая обработка гидрогеологических данных гидрогеолого-мелиоративных исследований на массивах орошения I46

Автоматизированные системы управления
и обработки информации в геологии

Общие вопросы организации систем, Системы
обработки геологической информации

Э.П.Кирьянов, Ю.А.Симунин, В.Э.Соловьев.
К вопросу автоматизации управления научными
исследованиями и разработками I49

К.К.Арзиани. Вопросы управления разработками
АСУ-Геология I50

Р.А.Жуков, Ю.Р.Ткачев. Основные контуры АСУ
геологического НИИ I51

П.Э.Винтер. Основные принципы построения
АСУ-ГУ I53

Р.А.Жуков, Ю.Р.Ткачев. Целевая структура
исследований и иерархия научных подразделений в
АСУ геологического НИИ I54

Л.И.Коган, В.Б.Захаркин. Информационное опи-
сание процесса морских геолого-геофизических ра-
бот в связи с проектированием подсистемы "МОРГЕО"
АСУ-Геология I57

М.М.Кизаев. Автоматизированная информационно-
поисковая система как подсистема АСУ I58

И.И.Абрамович, В.М.Васильев, Л.Н.Дуденко,
В.И.Мишин. О математическом обеспечении геологиче-
ских ИВЦ I59

А.Е.Куликович, В.С.Готынян, А.Л.Ханкин.
Системная обработка геолого-геофизической информа-

ции с применением ЭЦВМ третьего и четвертого поколений	I60
Р.А.Жуков, Ю.Р.Тячев, Р.И.Бялек. Система публикации в АСУ геологического НИИ	I62
В.М.Васильев. Об автоматизированной обработке информации в информационно-вычислительном центре ВСЕГЕИ	I64
М.Д.Белонин, И.В.Татаринов, В.В.Гранский. Принципы организации автоматизированной системы обработки данных в геологии (на примере системы "Исследователь")	I65
Л.П.Плотников. Автоматизированная система обработки геолого-геохимических данных	I67
Б.А.Горляцкий, Л.С.Финкель. Ввод и предварительный анализ геолого-геохимической информации в автоматизированной системе обработки (структура комплекса программ)	I68
В.В.Ломтадзе, Г.С.Помытов, В.В.Михаев. Автоматизированная система обработки геофизических данных (АСОГ)	I69
В.М.Сидоров, В.Е.Тепикин. Автоматизированная система обработки геологической информации	I70
А.Д.Ковалев, В.Я.Воробьев. Геологическая интерпретирующая система ГИС-4	I71
В.Н.Николенко. Автоматизированная система классификации и прогноза геологических объектов (АСКИП)	I72
В.И.Аронов, Н.Е.Беляков, В.М.Гордин, Э.Я.Невельская, В.С.Самарин, С.Н.Тесаков, А.И.Ширгинова. Автоматизированная система обработки геологических данных АСОД - ВНИГНИ	I74
В.М.Сидоров, В.Е.Тепикин. О геологической информационной системе (ГИС)	I75

Математическое и техническое обеспечение систем

- В.Г.Абакумов, А.А.Будняк, О.А.Капшук, А.П.Калиновский, В.П.Михайлов, В.Ф.Порумкевич, В.В.Татаринов. Некоторые вопросы экспресс-анализа графической информации : 176
- Е.Е.Ширяев. Автоматизация чтения и анализа карт в геолого-геофизических исследованиях 177
- В.В.Воронежцев, Г.Г.Горбунов, Е.Е.Ширяев. Автоматизация построения производных карт линейной плотности 178
- В.М.Омелин. Анализ графической информации, используемой при решении геологических задач 180
- В.И.Аронов, В.М.Гордин, А.И.Ширгинова. Математическое и программное обеспечение построения графиков и карт изолиний на ЭВМ 181
- Э.П.Андреева, М.Р.Ландман, В.М.Омелин, А.Л.Перельман, В.К.Румянцова. Система обработки графической информации 182
- В.М.Бельфор. Построение графических материалов с помощью ЭВМ 183
- С.П.Самсонов. Изотопный анализ химических элементов в твердой фазе на масс-спектрометре с цифровой регистрацией и обработкой данных на ЭЦВМ 183
- Ю.Н.Захаров. Использование телевизионных устройств для автоматизации спектрального анализа 184
- И.Д.Булаевский, В.В.Куприянов, М.С.Шеншов. Построение автоматизированной системы обработки данных рентгено-спектрального анализа 185
- Я.Б.Либерман, А.Н.Межевич, В.П.Николаев, Л.З.Таткин. Применение средств вычислительной техники для количественного рентгено-спектрального анализа 186

Г.Р.Миркин. Оптическая обработка информации — как средство автоматизации геологических исследований	188
Г.Р.Миркин. Роль и место устройств оптической обработки информации в АСУ-Геология	189
Д.Д.Багдасарян. Применение когерентных оптических систем в микропалеонтологии	191
А.Ф.Фокин, Г.С.Емельянов. Специализированные вычислительные устройства для оперативной обработки данных скважинной геофизики	192
Ю.Г.Езерский, Н.В.Душкина. Применение ЭВМ типа М-220 для решения задач газового каротажа	193
Л.И.Казанкина, М.Р.Ландман, В.М.Омелин. Структура математического обеспечения системы оперативной связи для решения геофизических задач	194
К.К.Шапошников, А.Б.Мухамеджанов. Микрофильмирование геофизической информации для долгосрочного хранения и обработки на ЭВМ	195
 <u>Организация информации в системах. Информационно-поисковые системы</u>	
Э.Д.Москаленко, И.С.Богуславский, В.Н.Мошкин, Б.Д.Дворкина, В.В.Житинева, М.Д.Старикова, А.Е.Тыленев. Информационно-поисковые языки как основа автоматизированной ДИПС ВСЕГЕИ	197
А.И.Айнемер, Г.И.Коншин, В.Б.Ляцкий. Построение парадигматической структуры ИПЯ с помощью фасетного (системного) анализа на примере ИПЯ-МОРГЕО	199
А.И.Айнемер, Г.И.Коншин, В.Б.Ляцкий. Смысловой анализ геологических текстов и пути формализации процедуры их индексирования	200
Т.Г.Петров. Информационный язык и информационно-поисковая система для геохимических объектов	202

В.В.Житничева, В.Н.Мошкин, З.Д.Москаленко, Е.И.Бойцова, Г.П.Пнева, Т.Н.Позднякова. Анализ работы первой очереди автоматизированной докумен- тографической информационной системы (АДИС) ВСЕГЕИ	203
М.А.Бобырева, А.П.Божицкий, А.В.Горельшев, Л.М.Кулькова, А.Э.Лазарев, В.В.Полиненко, Е.Я.Си- нюгина, С.Д.Шер. О системе показателей исходных геологоразведочных данных по рудным месторожде- ниям (на примере месторождений золота)	205
Ю.Н.Сергеев, В.С.Щербаков, А.А.Грачев, Б.Ф.Дробышев. Некоторые методы организации и по- иска морской геологической информации на ЭВМ	206
В.В.Поддубный, Т.Д.Базанова, Н.М.Кузнецова, Н.М.Деева, О.Б.Ломп. Разработка информационно- поисковой системы по сваякине	207
В.И.Гороян, В.А.Аракелян, А.А.Гусейнов, С.Н.Тесаков. Характеристика информационно- поиско- вой системы по результатам изучения коллекторов и пластовых жидкостей	208
Н.А.Кухаренко. О факто-документографической информационно-поисковой системе (ФДИПС) по картам полезных ископаемых	209
Н.А.Кухаренко. Некоторые вопросы информацион- ного обеспечения прогнозно-металлогенических иссле- дований	210
Г.А.Булкин, К.Б.Гаталин, В.Н.Мошкин, Т.В.Ни- кифорова. К методике создания автоматизированной фактографической информационной системы (АФИС) для металлогенического прогноза	211
В.Н.Мошкин, Г.А.Булкин, Б.Д.Дворкина, В.В.Жи- тничева, З.Д.Москаленко. Актуальные вопросы созда- ния и использования комплекса автоматизированных информационных систем для прогнозирования место- рождений полезных ископаемых	212

К.Б.Гаталин. О двух сторонах разработок
автоматизированных информационных систем 214

Л.Н.Дуденко. Оптимальная дискретизация
непрерывных признаков в дискретных моделях
распознавания образов 216

Э.А.Эльдаров. Методические вопросы разра-
ботки АСУ-Геология 218

М-38355 Подп. в печать 4/Х-1972 г. Объем 14,7 печ. л.

Уч.-изд.л. 10,5 Тираж 700 экз. Цена 85 к. Заказ-683

Цена 85 коп.

436