

## ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.3.051 : 552.5 (57)

*В. П. Алексеев, В. Н. Кошевой, С. В. Кривихин, В. А. Максимов,  
А. Т. Расулов, С. М. Рефат, В. И. Русский*

### К НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕОЦЕНКИ РОЛИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УГОЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология как наука о составе, строении и истории развития Земли к настоящему времени объединяет обширный спектр различных по объектам и методам исследований направлений, которые нередко следует рассматривать уже как самостоятельные отрасли знания. Классификации или перечни этих направлений предлагались многими исследователями — в их основе может лежать разделение по масштабу или свойствам исследуемых объектов, способам получения информации и др. В силу нечетливости исходных посылок, обусловленной многофакторностью и невоспроизводимостью геологических процессов, общепринятой классификации в настоящее время не существует. Для примера укажем, что не вызывает сомнений необходимость и целесообразность выделения в ранге самостоятельного направления минералогии, но продолжает оспариваться правомерность такого же подхода относительно математической геологии. Попробуем представить структуру геологического знания с одной из возможных позиций (рис. 1). В общей, нестрогой, форме по всему комплексу изучаемых объектов, используемых приемов и решаемых задач можно говорить о трех уровнях геологических работ: теоретической (концептуальной) геологии — I; геологоразведке (в практическом понимании — собственно геологии) — II и изучении геологических объектов при их эксплуатации — III. Понятно, что эти три уровня взаимопроникают и дополняют друг друга, как и показано на рис. 1. Если связи между уровнями I—II и II—III в особых комментариях не нуждаются, то относительно зависимости I—III укажем, что мало в каких других отраслях знания так верно положение о практике как критерии истины (особенно учитывая практически полную невоспроизводимость геологических процессов). Добавим также, что известные геологические дисциплины могут как практически нацело «укладываться» в какой-либо один из уровней (например, горнопромышленная геология — в уровень III), так и охватывать все эти уровни. Например, геотектоника для уровня I наиболее ярко реализуется в виде геодинамических концепций, уровня II — знания и изучения дизъюнктивных и пликативных дислокаций с позиций поисковых и разведочных, а уровня III — эксплуатационных работ.



В русле высказываемых суждений особое место занимают отрасли геологического знания, выделяемые по тому или иному полезному ископаемому, на изучение которого они нацелены в первую очередь. Чаше всего речь здесь идет о каком-то наборе полезных ископаемых: например, геологии рудных месторождений. Но в двух случаях такое выделение имеет и глубокий дополнительный смысл. Это относится, во-первых, к нефтегазовой геологии, где полезное ископаемое обычно находится в иной фазе, нежели вмещающие его породы (сравним гидрогеологию), а во-вторых,— к угольной геологии. В последнем случае полезное ископаемое (уголь) является по своей природе принципиально отличным от вмещающих его пород. Именно поэтому даже при занимаемом им объеме иногда менее 1%, а также в случае отсутствия в тех или иных частях разреза признание за угольной геологией права на самостоятельное осуществление практически не оспаривается.

Постулируя, что угольная геология охватывает все три уровня геологического знания, как показано на рис. 1, отметим при этом, что ею внесен существенный вклад в развитие каждого из них. Перечислим некоторые примеры для областей, выделенных на рис. 1 и обозначенных арабскими цифрами (детальный разбор их существа и значимости в наши задачи не входит). Для уровня I (область 1) — это концепция поясов и узлов угленакопления П. И. Степанова; уровня II (область 2) — учение о цикличности в геологических процессах и реализуемых ими толщах (Дж. Уэллер, Ю. А. Жемчужников, Г. А. Иванов, П. Дафф и мн. др.); уровня III (область 3) — исследования в области морфологии угольных пластов (В. Н. Волков, Т. А. Ягубянц и др.). Такие примеры можно продолжить. Собственно, даже становление столь обширных областей геологического знания, как геотектоника и литология, во многом обязано изучению угленосных толщ, а стало быть, тесно связано с развитием угольной геологии: достаточно упомянуть эталонные исследования Донбасса, проведенные под руководством «отца русских угольщиков» Л. И. Лутугина.

Перейдем к рассмотрению (также с общих, нестрогих позиций) процесса получения геологического знания. Исходя из сложившихся реалий, можно говорить о трех довольно самостоятельных, но последовательных и взаимопроникающих методических аспектах исследований. Вслед за Д. А. Зенковым [3], с некоторыми изменениями, назовем их: метрический, логический и генетический. Не вдаваясь в детальный разбор самих понятий, отметим, что для первого речь идет в основном о непосредственных наблюдениях (как визуальных, так и дистанционных, реализуемых в соответствующих шкалах и тем или иным образом поддающихся измерению или кодированию). В геологии это так называемые «полевые» и лабораторные работы. Логические исследования предусматривают определенный набор специфических знаний и умений; в геологии — это построение разрезов, карт, составление пояснительных записок — иначе, «камеральный» этап. Как правило, этими двумя этапами ограничиваются обычные геологические работы, в т. ч. в угольной геологии. Определенная простота этих подходов, часто определяемая как «объективность», привела к декларации приоритетности

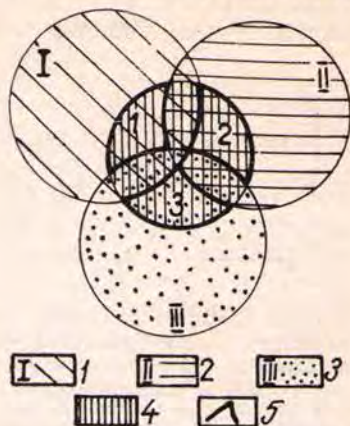


Рис. 1. Структура геологического знания и место в ней угольной геологии.

Обозначения: 1—3 — уровни геологических исследований; 4 — область угольной геологии; 5 — области совмещения угольной геологии с выделяемыми уровнями. Пояснения в тексте



смастривающей расшифровку условий протекания процесса, в т. ч. на самых ранних стадиях исследований. Схематически изложенное изображено в левой части рис. 2: базируясь на теоретических представлениях, практическая геология довольствуется обработкой наблюдений определенным набором методов, не востребуя знаний о генезисе отложений. Еще более недопустимо

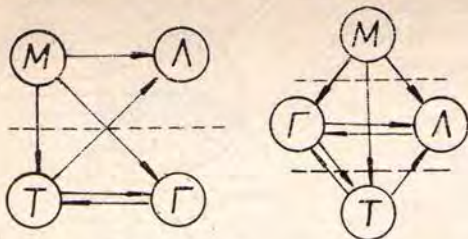


Рис. 2. Схема получения геологического знания. Слева — реальная, справа — желательная.

М — непосредственные наблюдения (метрический этап); Л — эмпирико-логические выводы; Г — генетические (причинно-следственные) исследования; Т — теоретическая (концептуальная) база.

Пояснения в тексте

формировавшихся исключительно в гумидном климате и специфических ландшафтных обстановках. В современном понимании генетические исследования в угольной геологии начали развиваться в 30-х годах и широкое развитие получили, начиная с конца 40-х годов. Значительными вехами на пути их развития явились известные работы по Донбассу [2] и Южной Сибири [7]. В перечисленных работах сформирована последовательная и четкая система генетических исследований в рамках литолого-фациального — фациально-циклического — формационного анализов, охватывающих все стороны изучения угленосных отложений. Многие направления этой методики (например, изучение цикличности — см. выше) взяты на вооружение исследователями иных по составу и условиям формирования отложений. В то же время, несмотря на высокую эффективность генетических исследований, их использование в практической угольной геологии эпизодично и не получило должного широкого развития. Обычно эта невостребованность объясняется «субъективностью» работ, имеющих изначально генетический характер. В какой-то мере такое объяснение оправдано многофакторностью причин, определяющих формирование отложений, а также ссылками на невозможность преодолеть: как статистической обработкой результатов с применением ЭВМ, так и пониманием правомерности перенесения наших знаний о современных процессах осадконакопления на реконструкции прошлых эпох, что убедительно показали итоги Всесоюзной литологической дискуссии (1952) и последующие работы Н. М. Страхова.

Исходя из перечисленного, намного более предпочтительной выглядит схема исследований, изображенная в правой части рис. 2. Опираясь на теоретическую базу и основываясь на конкретной, исходной информации, логическое и генетическое знания должны составлять необходимую основу геологических работ (уровень II на рис. 1) как одно целое и взаимодополняемое. Постараемся это обосновать.

В Уральском горном институте исследования угленосных отложений выполняются на кафедре геологии месторождений полезных ископае-



мых в течение 40 лет, в последние годы — в тесном содружестве с учеными Института геологии и геохимии УрО и ГИН РАН, других организаций. Их проведение осуществляется параллельно с подготовкой инженеров-геологов в области поисков и разведки месторождений твердых горючих полезных ископаемых (УГИ — единственный вуз России, осуществляющий такую подготовку по специальной учебной программе). Начиная с 60-х годов работы сконцентрированы в основном на объектах раннемезозойской эпохи угленакопления, характеризующейся, в частности, четкой возрастной обособленностью и узким возрастным диапазоном (верхний триас — средняя юра), что позволило сосредоточиться на изучении вопроса генезиса угленосных отложений вне зависимости от проблем эволюции. Детально, в течение многих лет каждый, исследовались Северо-Сосьвинский и Серовский районы восточного склона Урала, ряд депрессий Тургайского бассейна, Улугхемский бассейн, Алдано-Чульманский район Южно-Якутского бассейна (отложения последнего постепенно переходят в позднемезозойскую эпоху). Небольшие по объему работы проведены по целому ряду других объектов, включая Майкюбенский и Канско-Ачинский бассейны.

При работах на всех объектах четко выдерживалась последовательность исследований: изучение непосредственно наблюдаемых разрезов (почти исключительно в виде керна скважин) с выделением слоев и определением их генезиса — построение колонок с установлением закономерностей в чередовании слоев (цикличности) — корреляция отложений с построением разрезов различного вида, масштаба и детальности — составление литолого-фациальных и палеогеографических карт по отдельным горизонтам — общая характеристика формаций или их частей с элементами прогноза угленосности. Широко использовались результаты изучения вещественного состава отложений: минералогическая, петрографическая, гранулометрическая, углепетрографическая, др. виды анализов; геохимические исследования и пр. На всех этапах работ широко применялся аппарат статистических методов обработки исходных данных, включающий: предварительное ранжирование и кодировку наблюдаемых и измеряемых признаков; статистическую обработку массивов данных; оценку корреляционных зависимостей между признаками; факторный и кластер-анализы. Применялся также аппарат изучения марковских процессов. Создан специальный пакет программ для ПЭВМ «Электроника-85» (БЕЙСИК), позволяющий на каждом из перечисленных этапов выводить на печать результаты расчетов.

Результаты работ опубликованы в многочисленных статьях, научно-исследовательских отчетах, докладывались на многих совещаниях. Основные итоги исследований освещены в серии препринтов, последовательно раскрывающих методику работ, и полученные результаты\* в сжатом виде приведены в работе [1].

Остановимся лишь на отдельных примерах, показывающих значимость, необходимость и эффективность генетических исследований.

1. В практике геологоразведочных работ при документации исходного материала указывается стандартный набор признаков, характеризующий выделяемые слои: размерность слагающих породу частиц

\* Методика литолого-фациальных исследований угленосных отложений. — Свердловск, 1986. — 63 с. — (Препринт / УНЦ АН СССР); Цикличность триас-юрских угленосных отложений азиатской части СССР. — Свердловск, 1987. — 55 с. — (Препринт / УрО АН СССР); Методика корреляции угленосных отложений. — Свердловск, 1989. — 59 с. — (Препринт / УрО АН СССР); Палеогеография триас-юрских угленосных отложений азиатской части СССР. — Свердловск, 1990. — 62 с. — (Препринт / УрО АН СССР); Внутриконтинентальные раннемезозойские угленосные формации азиатской части СССР. — Свердловск, 1991. — 71 с. — (Препринт / УрО АН СССР); Угольные пласты триас-юрских отложений азиатской части СНГ. — Свердловск, 1992. — 75 с. — (Препринт / УрО РАН).



(гранулометрический состав), текстура, наличие и характер органического материала (практически исключительно растительного происхождения), другие признаки. Однако при последующей обработке информации используется практически всегда только один показатель — усредненный гранулометрический состав частиц. Это предельно обедняет выполняемые работы, переводит в разряд невосребуемой огромное количество исходной, с трудом добываемой информации, и, наконец, является попросту недостаточным для достижения, к примеру, одной из основных целей геологоразведочных работ — корреляции отложений.

**Результаты расчета факторных нагрузок (приведены только первые факторы) для отдельных объектов**

Признак и направленность его изменения (кодировки)	Колич. состояний	Объекты			
		1	2	3	4
Гранулометрический состав (увеличение размерности зерен)	12	0,94	0,73	0,90	0,92
Сортированность (улучшение)	8	-0,50	-0,84	-0,78	-0,80
Текстура (увеличение интенсивности гидродинамики)	8	0,89	0,83	0,85	0,82
Органический (растительный) материал:					
— увеличение фрагментарности	6	-0,36	-0,45	-0,47	-0,35
— повышение количества	8	-0,86	-0,45	-0,30	-0,61
<b>Вес фактора</b>		<b>46,85</b>	<b>46,68</b>	<b>49,93</b>	<b>51,64</b>

Примечание. Объекты: 1 — Улугхемский бассейн,  $I_2$ , скв. 175, 606 слоев; 2 — Тургайский бассейн,  $I_2$ , скв. 2069, 389 слоев; 3 — Буланашский район,  $T_3$ , скв. 2869, 207 слоев; 4 (контрольный) — Трошковское месторождение,  $C_1$ , скв. 2874, 78 слоев.

Проанализируем правомерность высказанных утверждений. В своих исследованиях мы использовали кодирование исходной информации, получаемой при документации керна скважин, в определенном порядке ранжируя те или иные описываемые признаки (например: 1 — аргиллит, 2 — алевролит, 3 — песчаник; 1 — горизонтальная, 2 — пологоволнистая, 3 — косо-волнистая слоистость и т. д.). С помощью несложных расчетов определялись наличие, характер и теснота связей между признаками, строилась корреляционная матрица, а на ее базе проводился факторный анализ, в результате которого вычислялись независимые безразмерные величины (факторы), определяющие изменчивость (дисперсию) всей исходной системы. В таблице приведены результаты факторного анализа (значения только первого фактора) для трех скважин, пробуренных на продуктивных площадях раннемезозойских угленосных формаций, и для сравнения — по одной скважине, вскрывшей раннекаменноугольные отложения (Трошковское месторождение). Приводимые данные свидетельствуют, что первый фактор включает 1/2 общей дисперсии системы и по вкладу признаков может быть довольно уверенно проинтерпретирован как основной седиментологический или гидродинамический режим осадконакопления, обусловленный общими условиями переноса и осаждения исходного терригенного материала. Значительная обусловленность фактора непосредственно размерностью частиц (первый признак) в определенной мере подтверждает правильность и необходимость широкого использования последнего. Но в то же время большое, а иногда и большее (!) участие в формировании данного ведущего фактора других признаков (прежде всего, текстуры), а также с учетом того, что другую 1/2 изменчивости системы представ-



ляют иные факторы, сформированные преимущественно и иными признаками, приходится констатировать, что замена комплекса исходных признаков одним из них, а именно: гранулометрическим составом, явно неоправдана.

**Комплексной** интерпретации всего набора исходных признаков наилучшим образом удовлетворяет литолого-фациальный анализ, при котором уже в начальной стадии работ определяется генезис того или иного слоя, впоследствии уточняемый. Добавим к тому же, что при генетических исследованиях достаточно уверенно устанавливается 15—20 распространенных и 10—15 менее распространенных типов пород, вместо обычно выделяемых 5—7 гранулометрических — уже это вызывает высокую вариантность последующих исследований. Мы позволим себе не останавливаться на сущности и методах литолого-фациальных исследований — это изложено в работах [2, 7] и многих других, а для изучаемых нами отложений — в специальном препринте (см. ссылку на стр. 17), упомянем только новую интересную сводку [5]. Кроме хорошо разработанных, преимущественно понятийных, основ методики, обработке исходных данных хорошо помогают простейшие статистические методы — на одном из примеров мы и проиллюстрировали данный тезис. Все это позволяет судить о необходимости значительно более широкого применения в практике основ генетических исследований.

2. Один из основных этапов обработки геологической информации — это корреляция отложений с составлением разрезов того или иного масштаба, детальности, назначения и др. В угольной геологии имеется уникальная сводка по данному вопросу, оценивающая применяемые методы сопоставления отложений и в качестве рекомендации предлагающая использовать **комплексные** методы корреляции, к которым, в частности, отнесен фациально-циклический анализ [4]. Однако на практике в угольной геологии преобладает так называемый структурно-геометрический метод увязки, при котором главное внимание уделяется сравнению угольных пластов, с учетом их мощности, строения, мощности междупластьев. В ряде случаев учитываются углы падения пород, иногда — литологические особенности отложений. Такой способ увязки в общем достаточен на поздних стадиях работ (детальная разведка, доразведка), особенно при наличии выдержанных пластов угля или каких-то других условий (сверхмощные угольные пласты, хорошо распознаваемые маркирующие горизонты). Для толщ же со слабой выдержанностью, неустойчивым характером отложений этот метод не может дать однозначного результата, в особенности на начальных этапах изучения объектов. Схематично изобразим это на рис. 3, где одновременно показаны подходы и к способам отображения информации. Так, в силу специфики угленосных отложений обычные, т. е. неискаженные разрезы с одинаковыми вертикальными и горизонтальными масштабами (см. рис. 3, а) попросту не позволяют провести корреляцию из-за несопоставимости вертикальных и горизонтальных расстояний. Применяемое на практике искажение масштабов (см. рис. 3, б — в данном случае как 1:10) в определенной мере упрощает задачу, однако вносит искажение в углы залегания отложений и в ряде случаев не может дать однозначный ответ. Лучше всего пользоваться разрезами, называемыми «нормальными», которые отстраиваются от некоторой «нулевой линии» (см. рис. 3, в). За последнюю принимается наиболее четкий, ярко выраженный и хорошо распознаваемый горизонт — один из угольных пластов, контакт между литологическими комплексами пород, геофизический репер и др. Увязка отложений в данном случае становится и легче, и доказательнее, может дополняться отдельными фрагментами, «врезками» (см. рис. 3, г).



процедура осуществляется в основном в варианте «черное — белое»

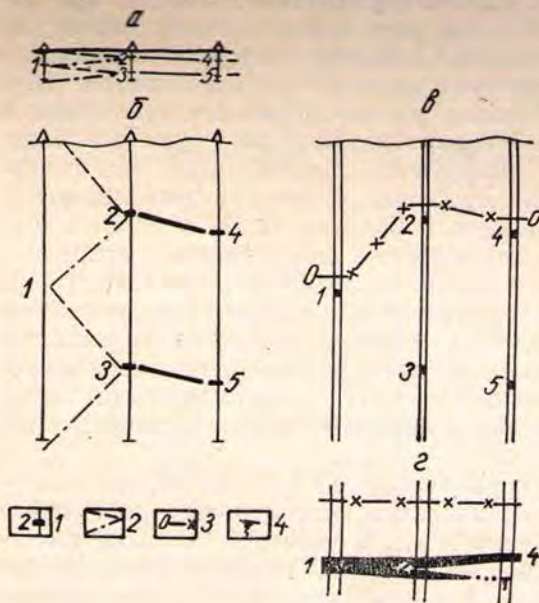


Рис. 3. Схематические примеры корреляции отложений и составления геологических разрезов.

Обозначения: 1 — угольные пласты и их условные номера; 2 — возможные варианты сопоставления пластов 1, 2, 3 на рис. а, б; 3 — «нулевой» горизонт; 4 — почва угольного пласта (корневые остатки).

Пояснения в тексте

т. е. отдельно сравниваются угольные пласты и отдельно — все иные отложения, как это изображено, например, на рис. 3. Другая же информация, если и показывается на колонках скважин, в расчет обычно почти не принимается. Целесообразен же принципиально иной подход: вначале расчленение и характеристика **всей** изучаемой толщи, а только потом — выделение и сопоставление ее **составляемой** части — пластов угля. Думается, особенно доказывать предпочтительность такого подхода попросту нет необходимости. На сегодняшний день это достижимо двумя путями: 1) корреляцией по геофизическим данным (100 % скважин охватываются стандартным набором каротажных методов); 2) увязкой состава пород. Если разбор первого положения выходит за

рамки статьи, то в отношении второго укажем, что именно генетические сведения позволяют по чередованию типов отложений (фаций) установить закономерность в их повторяемости (цикличность); перейти к увязке **комплексов** отложений — литоциклов; а затем, с учетом других признаков (включая геофизические), — к однозначной корреляции отложений практически на любой стадии работ. Методика этих исследований весьма детально описана в ряде разработок [2, 4, 6], в том числе и в наших [1]; см. сноску на стр. 17. Остается добавить, что благодаря именно ее применению удастся добиться рациональной синонимии и индексации угольных пластов, что весьма немаловажно, и успешно выполнено в Донбассе, Печорском и др. бассейнах; с нашим участием — в Улугхемском бассейне, и, к сожалению, до сих пор не сделано в Кузбассе.

3. В предыдущих пунктах мы показали, как генетические исследования могут существенно дополнить, уточнить и усилить применяемые в практике углеразведочных работ методы обработки исходной информации. Однако существуют целые области, где они имеют самостоятельное значение, и где значительные — в разных, в том числе в практическом, отношениях результаты могут быть достигнуты только такими, изначально генетическими исследованиями. В качестве примера укажем на палеогеографические реконструкции, позволяющие выделить благоприятные и, наоборот, неблагоприятные для торфонакопления палеоландшафты, проследить их эволюцию, наметить прогнозные площади для постановки той или иной **стадии** повсково-разведочных ра-



бот. Кроме того, только знание генезиса отложений, опирающееся на обширные фактические данные, позволило, в частности, нам установить общие закономерности в формировании раннемезозойских угленосных формаций и в том числе предложить сводную модель их строения [1]. В наиболее полном виде она представлена тремя частями, соответствующими подформациям (в отдельных случаях — самостоятельным формациям): инициальной, пролювиально-озерной, безугольной; основной, полифациальной, направленно изменяющейся, угленосной; финальной, от пролювиально-аллювиальной до пестроцветной, обычно безугольной. С этой моделью соотносится подавляющее большинство раннемезозойских угленосных формаций, независимо от истории геологического развития территорий, на которых они расположены.

Подводя итоги, укажем, что мы привели только небольшую часть аргументов в пользу широкого применения генетических исследований на всех этапах углеразведочных работ, что позволяет утверждать необходимость переоценки их значимости, как это и указано на рис. 2. Остается ответить на вопрос, кто будет применять их на практике. Ответов предполагается два: 1) привлечение к выполнению подобных работ специалистов на договорной основе, в роли которых, в частности, в течение многих лет выступают авторы данной статьи и 2) проведение таких исследований теми геологоразведочными организациями, которые осуществляют углеразведочные работы. По-видимому, наиболее целесообразно совмещение обоих этих путей, с организацией при крупных экспедициях или объединениях специальных ячеек (отрядов, лабораторий), затраты на содержание которых быстро окупятся качеством получаемой информации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В. П. Внутриконтинентальные раннемезозойские угленосные отложения азиатской части СССР (состав, строение и условия образования): Автореф. дис. . . д-ра геол.-минерал. наук.— Л., 1990.—32 с.
2. Жемчужников Ю. А. и др. Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна.— М.: Изд-во АН СССР.— Ч. 1, 1959.—331 с.; Ч. 2, 1960.—346 с.
3. Зенков Д. А. Морфологический анализ оруденения с точки зрения разведки // Материалы по методике разведки полезных ископаемых.— М.: Госгеолтехиздат, 1962.— С. 97—104.
4. Методы корреляции угленосных толщ и синонимики угольных пластов.— Л.: Наука, 1968.—381 с.
5. Обстановки осадконакопления и фации / Под ред. Х. Рединга.— М.: Мир, 1990.— Т. 1.—352 с.; Т. 2.—384 с.
6. Покровский М. П. О «генетическом» и «морфологическом» подходах в изучении геологических объектов // Философские вопросы геологии: Сб. науч. тр. СГИ.— 1972.— Вып. 88 (3).— С. 16—33.
7. Тимофеев П. П. Юрская угленосная формация Южной Сибири и условия ее образования.— М.: Наука, 1979.—204 с.

УДК 550.8/519

В. Б. Вяткин

#### К ВОПРОСУ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПРОГНОЗНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Достоверность прогнозно-геологических исследований, проводимых с целью количественной оценки перспектив рудоносности территорий, в значительной степени зависит от того, каким образом определяется