Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXУ, 1978 г.

МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПЛОЩАДНОГО РАЗВИТИЯ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ НА ВОРКУТСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПЕЧОРСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

В.В.КИРЮКОВ, А.М.ЗЫСИН, И.Г.КЛУШИН

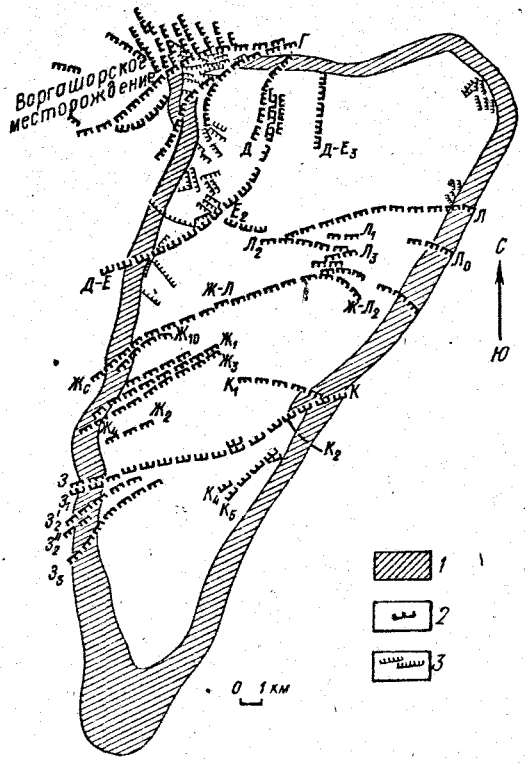


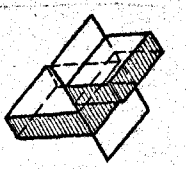
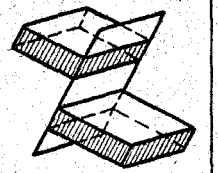
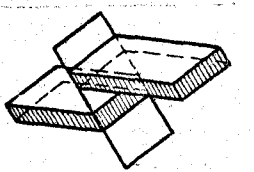
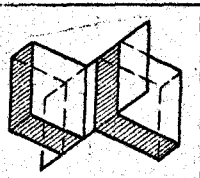
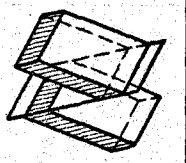
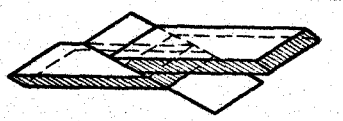
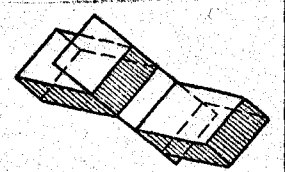
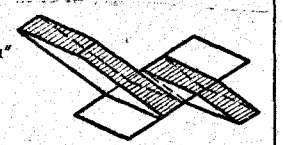
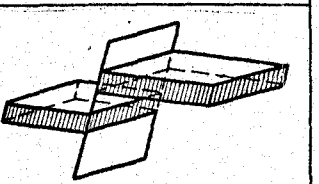
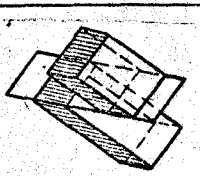
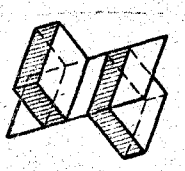
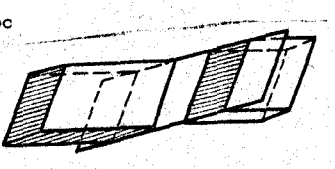
Рис.1. Схематическая тектоническая карта Воркутского каменноугольного месторождения
1 – выход рудницкой подсвиты под четвертичные отложения; 2 и 3 – соответственно крупные и мелкие разрывы

В структурно-тектоническом отношении Воркутское угольное месторождение представляет собой крупную брахисинклинальную складку (мульду), длинная ось которой имеет северо-северо-восточное простирание. Длина складки 30 км, средняя ширина 10 км, протяженность выхода отложений рудницкой подсвиты под четвертичные отложения по периметру мульды 75 км. Воркутская мульда имеет асимметричное строение: углы падения пород увеличиваются с юга (5-8°) на север (45-50°) и с юго-запада (10-20°) на восток (15-30°). Максимальное погружение промышленных пластов угля рудницкой подсвиты в северной осевой части мульды составляет 1200 м от поверхности. Брахисинклинальная складка осложнена дизъюнктивными и пликативными нарушениями (рис.1).

Дизъюнктивные нарушения по амплитуде смещения и протяженности разделяются на три группы: крупные (основные) протяженностью до 10 км, с амплитудой свыше 50 м; средние протя-

Таблица 1

Классификационная схема морфологических типов разрывных нарушений

Положение висячего крыла	Угол падения сместителя относительно пласта	Простирание сместителя и пласта		
		однонаправленное		взаимно перпендикулярное
		Падение сместителя и пласта		
		в одну сторону	в разные стороны	
Поднятое	Круче	Согласный взброс с перекрытием 	Несогласный взброс с перекрытием 	Взброс 
	Положе	Согласный взброс (надвиг) с „зиянием" 	Несогласный взброс с перекрытием 	Взброс 
Опущенное	Круче	Согласный сброс с „зиянием" 	Несогласный сброс с „зиянием" 	Сброс 
	Положе	Согласный сбросо-сдвиг с перекрытием 	Несогласный сбросо-сдвиг с „зиянием" 	Сброс 

женностью до 2–3 км, с амплитудой 10–50 м и мелкие протяженностью до 0,8–1 км, с амплитудой менее 10 м, которые, в свою очередь, подразделяются на относительно мелкие (амплитуда от 4 до 10 м) и весьма мелкие (амплитуда менее 4 м). Последние оказывают наиболее отрицательное влияние на ведение горноподобычных работ, поскольку не устанавливаются при разведке и обнаруживаются лишь непосредственно в процессе эксплуатации.

Крупные дизъюнктивы морфологически представлены взбросами и сбросами, имеют северо-восточное или близкое к широтному простирание с падением плоскости смесителя преимущественно на юг и юго-восток.

Малоамплитудные нарушения распространены по площади неравномерно. Максимальная плотность их может достигать по суммарной протяженности 8–9 км/км^2, а по числу – до 30 нарушений на 1 км^2. Так, на Западном крыле из 504 учтенных блоков размером 250х250 м без тектонических нарушений оказались 357, т.е. 70,8%. Протяженность отдельных нарушений достигает нескольких сотен метров. Амплитуда смещения по ним колеблется от нескольких десятков сантиметров до 8–10 м. Малоамплитудные нарушения представляют собой сложную комбинацию дизъюнктивной и пликативной форм. Смесители отчетливо наблюдаются в горных выработках, когда амплитуда превышает 1–2 м.

Анализ морфологических типов разрывных нарушений, с учетом ранее разработанных классификаций для других каменноугольных бассейнов [1], позволяет рекомендовать упрощенную классификационную схему с выделением 12 основных типов (табл.1). В основу предложенной классификации положены представления о направлении перемещения, взаимном положении вектора перемещения и линии скрещения пласта и смесителя, а также знак смещения. Из предложенных типов согласный взброс с „зиянием" (надвиг), несогласный взброс с перекрытием и согласный сбросо-сдвиг с перекрытием достоверно не установлены. Наиболее распространенные нарушения относятся к типам согласный сброс с „зиянием" и взброс.

Для решения конкретных задач проектирования, строительства и эксплуатации необходимо получить не только качественную, но и количественную оценку тектонической нарушенности горизонтов, пластов угля, выемочных полей на ранних стадиях разработки. Для этой цели рекомендуется использовать коэффициент нарушенности K_1, представляющий собой отношение суммарной протяженности разрывов (в метрах) к площади рассматриваемого участка (в гектарах) [2]. Применение этого показателя позволяет, помимо статистической оценки нарушенности, сопоставлять отдельные выемочные поля и шахто-пласты между собой, а также классифицировать их по данному признаку. Кроме того, с помощью K_1 можно провести многофакторный анализ (на ЭВМ) зависимостей нарушенности от главных геологических параметров. Согласно данных расчета коэффициента K_1, рассматриваемые шахтные поля могут быть отнесены, по классификации А.С.Заброцина [2], к группе простых с $K_1 < 50$, кроме Воркутского участка шахтного поля № 20 (северо-запад), который относится к группе средней сложности с $K_1 = 50 \div 150$.

Размер элементарной ячейки для подсчета K_1 принимается равным 250 х 250 м, при численном выражении этого коэффициента в метрах на гектар, и определяется: 1) возможностью коррелирования K_1 по данным горных

работ с геологическими показателями, установленными разведкой (разведочная сеть имеет среднюю плотность 500 х 500 м, а участок достоверной корреляции не должен быть меньше 1/2 этой величины); 2) размером участка в пределах контура горных работ, который должен быть соизмерим с площадью выемочного поля; 3) возможностью наращивания массива фактического материала на основе сети, вписываемой в геологическую карту месторождения масштаба 1:25000.

Корреляционные связи между изменениями геологических параметров угленосной толщи и угольных пластов и показателями разрывной нарушенности отличаются довольно сложным видом и проявляются в скрытой форме. Отмечаются определенные направленные изменения, имеющие характер тренда (например, увеличение нарушенности в зонах сопряжений крыльев мульды) или же волновой (зональный характер изменения плотности нарушений в связи с закономерностями размещения крупных разрывов).

Изучение взаимосвязи тектонической нарушенности с другими элементами геологического строения месторождения проведено на основе многофакторного анализа с помощью ЭВМ. Такой анализ позволяет выявить влияние одного фактора или комбинации факторов на рассматриваемый признак [3]. Этот метод для решения геологических задач разработан и успешно применяется в Информационно-вычислительном центре ВСЕГЕИ.

С учетом имеющихся данных и их сопоставимости, программа ЕЭСМ-4 модифицирована для решения трех задач методом главных компонент: 1-я задача - выявление внутренних корреляционных связей показателей разрывной нарушенности (объектов 124, переменных 8); 2-я задача - выявление корреляционных связей показателей разрывной нарушенности и геологических параметров по площади (объектов 147, переменных 16); 3-я задача - изучение тех же связей с учетом объектов с нулевыми значениями показателей разрывной нарушенности (объектов 504, переменных 16).

Исходные данные для многофакторного анализа получены путем выборки и усреднения геологических показателей для каждой ячейки на основе маркшейдерских планов масштаба 1:5000, а также других материалов шахтной геологической службы и разведки. По Западному крылу мульды выделено 504 элементарные ячейки, охватывающие площадь, освоенную эксплуатационными работами. Данные к расчету подобраны в матрицу в порядке соответствующих столбцов; строки матриц соответствуют условным координатам элементарных ячеек (табл.2). Программа ЭВМ включает расчет средних и дисперсий компонент; результаты корреляционного метода - расчет комплекса линейных коэффициентов корреляции R, факторных нагрузок и значений главных факторов. Все эти расчеты выполнены для массива, состоящего из 504 объектов, включая значащие (с разрывными нарушениями) и не значащие, нулевые (без разрывных нарушений), и для массива из 147 объектов, включая только значащие (с разрывными нарушениями), выбранные из предыдущего массива.

Разрывные нарушения объединены в два основных типа - с "зиянием" (-) и со "сдвоением" (+) и разделены по амплитуде на группы: менее 4 м, 4-10 м, более 10 м. Коэффициент K_1 включается в матрицу в виде протяженности всех нарушений (в том числе крупных) и протяженности только крупных.

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции R по результатам факторного анализа показателей разрывной нарушенности и основных геологических параметров по Западному крылу Воркутской мульды (площади со значащими и нулевыми значениями разрывной нарушенности)

Показатели матрицы	Значения коэффициентов корреляции по показателям															
	Число разрывных нарушений						Коэффициент нарушенности K_1		Геологические параметры угольного пласта, угля и угленосной толщи							
	с „зиянием" (–)	со „сдвоением" (+)	с амплитудой менее 4 м	с амплитудой от 4 до 10 м	с амплитудой более 10 м	всего	по всем нарушениям	по крупным нарушениям	строение пласта (число пачек)	отметка подошвы пласта (глубина залегания)	угол падения пласта	зольность	содержание серы	выход летучих	мощность междупластья $n_7 - n_{14}$	мощность междупластья $n_{14} - l_1$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	+1,000															
2	+0,027	+1,000														
3	+0,029	+0,467	+1,000													
4	+0,063	+0,554	+0,229	+1,000												
5	+0,016	+0,214	+0,119	–0,009	+1,000											
6	+0,784	+0,680	+0,821	+0,479	+1,130	+1,000										
7	+0,555	+0,733	+0,663	+0,463	+0,150	+0,908	+1,000									
8	+0,366	+0,448	+0,094	+0,212	+0,110	+0,546	+0,665	+1,000								
9	–0,085	+0,030	–0,095	+0,148	+0,031	–0,046	–0,119	+0,019	+1,000							
10	–0,178	+0,093	–0,063	+0,037	+0,089	–0,063	–0,017	–0,049	+0,078	+1,000						
11	+0,325	–0,066	+0,070	–0,020	–0,030	+0,210	+0,124	+0,032	–0,485	–0,297	+1,000					
12	+0,212	+0,208	+0,254	+0,058	+0,031	+0,295	+0,289	+0,209	–0,251	–0,118	+0,211	+1,000				
13	+0,151	+0,078	+0,080	+0,061	+0,070	+0,176	+0,202	+0,200	+0,321	+0,122	–0,146	+0,020	+1,000			
14	+0,002	+0,041	+0,103	–0,081	+0,080	+0,029	+0,012	–0,864	–0,727	+0,068	+0,294	+0,121	–0,313	+1,000		
15	–0,222	+0,094	+0,194	+0,163	+0,067	–0,105	–0,042	+0,042	+0,727	+0,223	–0,517	–0,262	+0,121	–0,702	+1,000	
16	–0,086	+0,165	+0,089	+0,164	–0,014	+0,098	+0,084	+0,070	–0,305	+0,40	–0,005	+0,231	–0,301	+0,175	+0,010	+1,000

Средний коэффициент ковариации +0,2085
След матрицы ковариации 16,000
Число главных факторов 9

Таблица 3

Матрица факторных нагрузок показателей разрывной нарушенности и основных геологических параметров по западному крылу Воркутской мульды (площади со значащими и нулевыми значениями разрывной нарушенности)

Показатели матрицы	Факторные нагрузки								
	характеризующие разрывную нарушенность	с учетом ведущих геологических показателей по угольному пласту и толще	с учетом связи нарушений со „сдвоением" и с „зиянием"	с учетом нарушений с амплитудой более 10 м ближе к поверхности	с учетом нарушений с амплитудой более 10 м на глубину и малоамплитудных нарушений	характеризующие малоамплитудную нарушенность		незначительно связанные с тектонической нарушенностью	
	1	2	3	4	5	6	7-8	9	10-16
Число разрывных нарушений									
1. С „зиянием" (-)	+0,688	-0,082	-0,490	-0,128	-0,179	-0,021	-0,259	+0,263	+0,091
2. Со „сдвоением" (+)	+0,694	+0,290	+0,459	+0,181	+0,121	+0,089	+0,241	-0,209	-0,173
3. С амплитудой менее 4 м	+0,786	-0,049	-0,195	+0,084	-0,326	+0,275	-0,279	-0,092	-0,169
4. С амплитудой от 4 до 10 м	+0,490	+0,318	+0,327	-0,245	-0,267	+0,219	+0,327	-0,297	+0,347
5. С амплитудой более 10 м	+0,160	+0,138	+0,114	+0,468	+0,469	+0,055	-0,122	+0,043	+0,186
6. Всего	+0,870	+0,129	-0,063	-0,010	-0,116	+0,040	-0,081	+0,083	-0,048
Коэффициент нарушенности K_1									
7. По всем нарушениям	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. По крупным нарушениям	+0,588	+0,229	+0,066	+0,087	+0,442	-0,359	+0,253	-0,426	-0,011
Геологические параметры угольного пласта, угля и угленосной толщи									
9. Строение пласта (число пачек)	-0,180	+0,865	-0,211	-0,125	-0,442	+0,075	-0,026	-0,068	-0,087
10. Отметки подошвы пласта	-0,105	+0,262	+0,422	+0,541	-0,388	-0,245	-0,326	-0,116	-0,142
11. Угол падения пласта	+0,909	-0,606	-0,319	-0,117	+0,035	+0,117	+0,143	-0,059	+0,397
12. Зольность	+0,420	-0,251	+0,089	-0,132	+0,442	-0,259	-0,411	-0,464	-0,138
13. Содержание серы	+0,149	+0,447	-0,400	+0,420	+0,096	-0,382	-0,097	-0,242	+0,293
14. Выход летучих	+0,139	-0,772	+0,391	+0,320	-0,162	-0,062	+0,144	+0,036	-0,106
15. Мощность междупластия $n_7 - n_{14}$	-0,225	+0,838	+0,151	-0,228	+0,004	+0,145	-0,142	+0,112	+0,032
16. Мощность междупластия $n_{14} - l_1$	+0,163	-0,200	+0,639	-0,407	+0,096	-0,044	-0,382	+0,175	+0,952

Сумма вкладов всех факторов	16,0000
Суммарный вклад главных факторов	14,5166
Суммарный вес главных факторов	90,7290

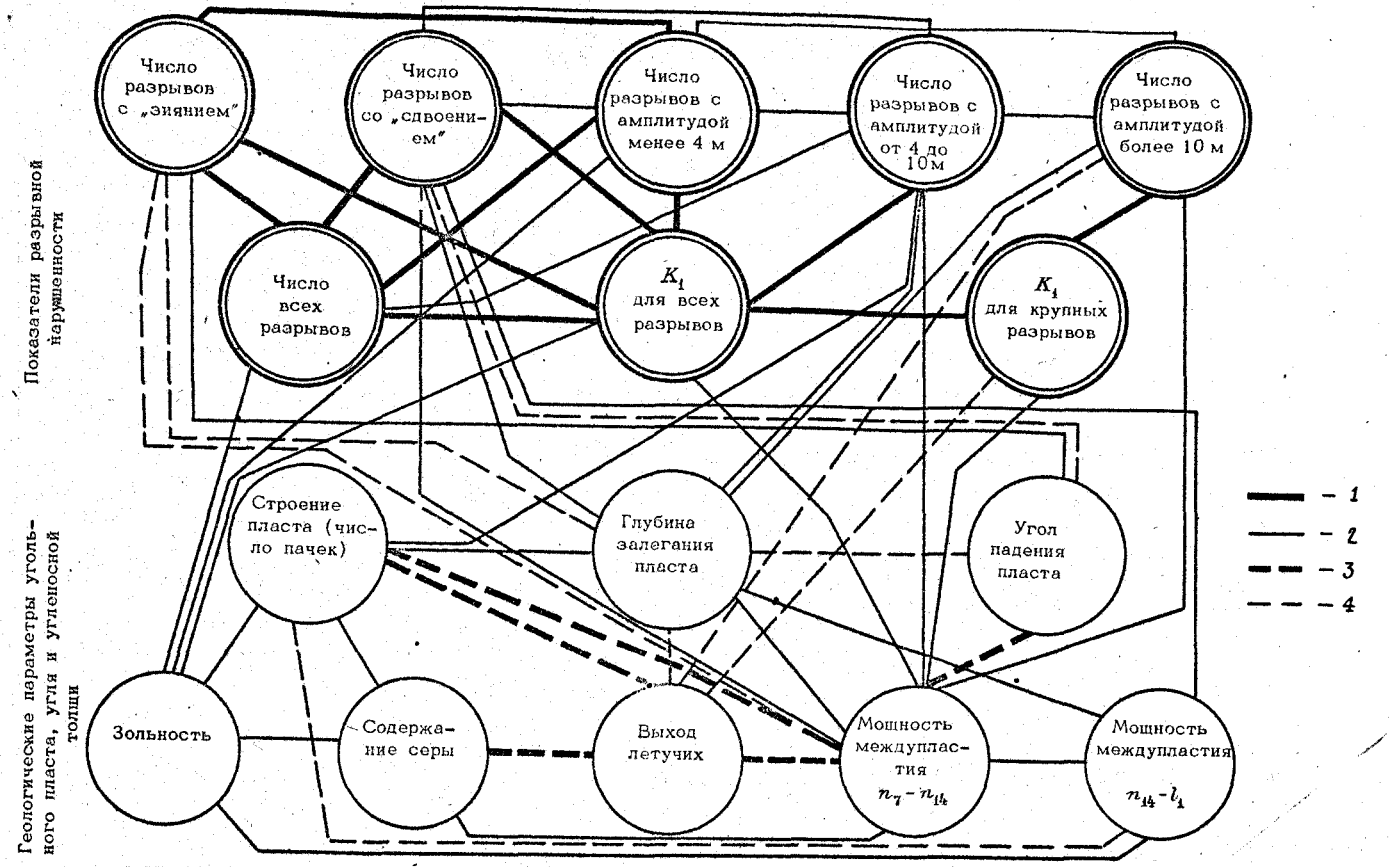


Рис. 2. Кореллограмма зависимостей показателей разрывной нарушенности и основных геологических параметров угленосной толщи и угля

1 и 2 – положительная корреляция, соответственно сильная и слабая; 3 и 4 – отрицательная корреляция, соответственно сильная и слабая

Геологические параметры толщи и пластов угля выбраны с учетом достаточного числа определений, равномерно распределенных по изучаемой площади, и значимости с точки зрения возможного влияния на разрывную нарушенность (табл.3). Допустимые коэффициенты корреляции при доверительном пределе 0,95 (по номограмме Диксона и Масью): по задаче 2-й (147 объектов) ±0,15-0,17; по задаче 3-й (504 объекта) ±0,10. С запасом принимаем ограничение коэффициента корреляции нижним пределом ±0,20.

В результате многофакторного анализа установлено, что имеют место высокие корреляционные связи между показателями количественной характеристики разрывных нарушений (столбцы матрицы 1-6) и показателями нарушенности (столбцы 7, 8). Высокие корреляционные связи разрывной нарушенности отмечаются с геологическими параметрами толщи: с мощностью междупластий n_7-n_{14} ; $n_{14}-l_1$ (столбцы 15, 16), с выходом летучих, характеризующим степень метаморфизма (столбец 14), со строением пласта угля - числом пачек (столбец 9), а также с параметрами, связанными общностью своего развития с разрывной нарушенностью, - глубиной залегания пласта (отметкой почвы) и углом его падения (столбцы 10 и 11). Зольность (столбец 12) и содержание серы (столбец 13) оказались малокоррелируемыми с нарушенностью.

Увеличение коэффициента нарушенности K_1 хорошо коррелируется с ростом числа нарушений со "сдвоением" и числа малоамплитудных нарушений, а также с возрастанием мощности междупластия n_7-n_{14} . С увеличением глубины возрастает число нарушений с "зиянием", с уменьшением ее - число нарушений со "сдвоением". С увеличением угла наклона пласта возрастает число малоамплитудных нарушений. Увеличение числа крупных нарушений коррелируется с мощностью междупластья n_7-n_{14}.

Анализ факторных нагрузок свидетельствует о некотором различии корреляции только в пределах значащих объектов и всех объектов.

Факторные нагрузки корреляции только значащих объектов обнаруживают несколько ведущих тенденций: 1) из 16 переменных 14 отражают нарушенность; из них максимально - мощность междупластия n_7-n_{14} , строение пласта (прямая зависимость) и выход летучих (обратная зависимость); 2) внутренние связи показателей разрывной нарушенности более значимы по сравнению с влиянием геологических параметров; 3) отмечается четкая корреляционная связь числа всех нарушений с показателем тектонической нарушенности крупных нарушений; 4) с увеличением глубины число крупных нарушений возрастает.

Факторные нагрузки корреляции всех объектов (по 3-й задаче) обнаруживают следующие ведущие тенденции (рис.2): 1) как и в предыдущей задаче, влияние на нарушенность оказывают 14 переменных; кроме отмеченных выше связей выявляется прямая корреляция нарушенности с углами падения пласта; 2) наблюдается корреляция нарушенности пластов с углами их падения и с плотностью нарушений; 3) с увеличением глубины отмечается рост числа крупных нарушений; 4) в направлении поверхности увеличивается связь числа крупных нарушений с мелкими оперяющими разрывами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забродин А.С. Об оценке нарушенности угольных пластов. – В кн.: Геология угольных месторождений. Т. 1. М., Наука, 1969, с. 196–199.

2. Забродин А.С., Григорьев В.Е., Гарбер И.С. Количественная оценка степени дизъюнктивной нарушенности разрабатываемых угольных пластов. – Тр. ВНИМИ, 1970, т. 80, с. 92–109.

3. Окунь Я.Я. Факторный анализ. М., Статистика, 1974, 200 с.