

## STRUCTURAL APPROACH TO PARAMETERIZATION OF PROCESSES OF INTERCONNECTION OF OPERATIONAL INDEXES OF MINERALS

A. Kurmankozhaev, Doctor of Technical science, Professor,  
Academician of the NANS RK  
Kazakh National Technical University named after K.  
Satpayev, Kazakhstan

The article covers major shortcomings of the correlation equations deduced by method of least squares. Conceptual foundations of a new structural approach to the parameterization of processes of interconnection of indicators of excavated areas of deposits, and also various aspects of use of analogues from physical systems, random and determined components of laws related to these processes are shown. The author presents results of the structural parameterization of processes of interdependence between geological and technological parameters of minerals through modification of the relevant resulting parameter sought in combination with structure-forming informative basic indexes.

**Keywords:** deposit, parameter, structure, model, parameterization, process, interdependence, modification, analogue, structural state, system, correlation equation, determinacy, randomness.

Conference participant, National championship in scientific analytics

**Ш**ироко распространенная практика применения корреляционных уравнений при решении задач освоения георесурсов, несмотря на методическое удобство их использования не обеспечивает полноты и достоверности результатов. Оценка уровня среднеквадратической ошибки корреляционного уравнения связи как функции зависимых переменных показывает, что их размеры колеблются в недопустимых пределах. Такое положение особо имеет место при решении задач нормирования показателей извлечения и обоснования геолого-технологических процессов добычи.

Основные факторы, предопределяющие значительные ошибки и последствия их при использовании корреляционного уравнения комплексированы следующим:

- влияния неизвестных численных коэффициентов как исходные величины корреляционного уравнения, число которое бывает не менее 2-х при парной и 3-х при множественной корреляции вызывает «вскрытые» систематические ошибки;

- в корреляционных уравнениях отсутствует какая-либо координирующая исходная величина, овладевающей свойствами детерминированности и информативности, а искомая резуль- тативная величина участвует как параметр, абсолютно не связанным со

специфическими особенностями объекта и процесса изучаемой связи.

- в корреляционных уравнениях узко выражены свойства адекватности к процессам и объектам, в них хотя соблюдается согласованность с реальным условием, они ограничены узкими рамками условий, при которых они были получены и их использование за этими рамками сопряжено с определенным риском.

- процесс регулирования зависимостей между горно-геологическими показателями диктует требования к управляемости этих зависимостей при добыче, этот процесс затруднителен при использовании корреляционных уравнений из-за недифференцируемости их исходных величин.

Для обеспечения достоверности и полноты решаемых задач земле- и недропользования на современном технологическом уровне необходимость нового подхода к параметризации математических моделей, отражающих взаимосвязи показателей выемки запасов полезных ископаемых с учетом специфики метода наименьших квадратов приемлемого в основном для условия и правил теории ошибок, представляется современным, требующего научного развития.

Концепция рационального применения метода аналогии предусматривает использовать известные обоснования, по которому месторождение,

## СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД К ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Курманкожаев А., д-р техн. наук, проф., академик НАЕН РК  
Казахский национальный технический университет имени  
К.И. Сатпаева, Казахстан

В работе освещены основные недостатки, присущие корреляционным уравнениям выводимых методом наименьших квадратов. Изложены концептуальные основы нового структурного подхода к параметризации процессов взаимосвязи показателей выемочных участков залежей, а также различные аспекты использования аналогов из физических систем, случайных и детерминированных составляющих закономерностей, присущих к этим процессам. Приведены результаты структурной параметризации процессов взаимосвязи геолого-технологических показателей полезных ископаемых путем модификации искомого по ней резуль- тативного параметра в сочетании со структурообразующими информативными исходными величинами.

**Ключевые слова:** залежь, показатель, структура, модель, параметризация, процесс, взаимосвязь, модификация, аналог, структурное состояние, система, корреляционное уравнение, детерминированность, случайность.

Участник конференции, Национального первенства по научной аналитике

залежь, выемочный горно-геометрический участок, выемочные единицы рудника считаются как сложноструктурные многоуровневые системы [1]. В силу чего процесс формирования взаимосвязи показателей выемки запасов полезного ископаемого представлена в качестве динамической геолого-технологической системы, что позволяет использовать выводы по аналогии из других систем. О сущности аналогии существуют важные высказывания ряда крупных ученых [2-7]. Д. Пойа пишет: «Аналогия, по видимому, имеет долю во всех открытиях, но в некоторых она имеет львиную долю» [2], Дильтей - «Область аналогии покрывает почти всю математику» [2], Л. Берглонори: «Первым следствием существования общих свойств систем являются структурные подобия или изоморфизм в различных областях» [7, 8]. Осмысление сущности этих утверждений позволяет глубже проникнуть в значение аналогии в развитии науки в целом. В теоретическом плане аналогия между разными теориями, которые описывают данные явления, заключается в том, что обе теории соответствуют друг другу и каждое утверждение одной можно «перевести» в соответствующее утверждение другой. В структурном отношении такая аналогия может быть представлена как случай изоморфизма. В развитии геометрии и математики основную роль играла аналогия между алгеброй и гео-

метрии. Здесь имеет место функционально-структурная аналогия [3-5]. При физическом моделировании предполагается, что модель и прототип представляют собой объекты одинаковой физической природы. Такого типа моделирование носит название математического метода аналогии [4, 8]. В современном развитии науки большее значение, чем другие модели имеют физические модели и физические аналогии (подобия). В физических моделях вещь (тела) понимается в более общем, качественном смысле [3, 6]. Различие между физическим и геометрическим моделированием несущественно. В них имеет место эмпирико-реляционная аналогия или же аналогия типа изоморфизма.

По своей специфической особенностью геолого-технологическая система относится к классам систем, в которых детерминированный характер наблюдаемых процессов сочетается с их стохастической природой. В них принято выделять динамический уровень, где связи между исходными величинами может быть приняты случайными, и статический уровень, на которой связи между параметрами детерминированные. Взаимодействие составляющих параметров этих уровней зависит от геологических, горно-геометрических и геолого-технологических закономерностей, в которых преобладает сочетание свойств детерминированности и случайности их компонентов.

Тождественность выемочной горно-геометрической и других горно-геологических динамических систем с физическими сложными системами позволяет сделать выводы по аналогии. Установлены аналогии между значениями геолого-технологического показателя и физической энергии, а также между свойствами величин числа разнообразия значений показателя и числа доступных состояний этих систем. Важным является общий аналог: «физическое состояние физической системы – структурное состояние горно-геометрической системы», включающий аналог «физическая энергия – содержание металла». В настоящее время имеются примеры использования фундаментального соотношения о статистической сумме доступных состояний, исходящего из основного принципа равновесной статистической механики при разработ-

ке модельной структуры распределения геологических признаков недр [9, 10].

Исходя из свойств доступного числа состояний физической системы, овладевающей энтропией – логарифмической мерой этого числа доступных состояний, для процесса взаимосвязи геолого-технологических показателей выемки полезных ископаемых в качестве главного доступного детерминированного состояния принято предельное структурное состояние этого процесса, в котором искомый результирующий показатель занимает предельное значение из всех возможных.

На основе вышеизложенных особенностей теоретико-модельных представлений для моделирования взаимосвязи показателей выемки запасов полезных ископаемых разработано структурное геолого-технологическое соотношение с фундаментальным свойством для реализации [11, 12].

Аналитическое выражение процесса взаимосвязи горно-геологических показателей представлено через структурное соотношение основных параметров этого процесса в виде

$$F(x) = F(x_0)e^{k \cdot y} \quad (1)$$

где  $e^{k \cdot y}$  – показатель процесса;  $k$  – статистический параметр.

Из вышеприведенных выводов по аналогии следует, что величину  $F(x_0)$  как начальное потенциальное значение величины  $x$ , можно представить как определенное структурное состояние, измеряемого в тех же единицах, что и величина  $F(x)$ . Тогда процесс перехода структурного состояния  $F(x)$  в структурное состояние  $F(x_0)$ , в основном характеризуется выражением  $e^{k \cdot y}$ , которое можно представить как показатель двух смежных состояний, т.е. коэффициентом перехода одного структурного состояния в другое, являющийся быстропеременным множителем – показателем процесса.

Структурное соотношение (1) использовано при решении различных задач извлечения полезных ископаемых. Модельное соотношение между протяженностями геологической (рудной) ( $L_k$ ) и технологической ( $L_0$ ) поверхностями отработки приконтактных зон с учетом изменчивости их взаиморасположения  $V_i$  построена на основе использова-

ния данных по 10-рудным месторождениям Казахстана. Полученная трехпараметрическая структурно-динамическая модель соотношений между этими пространственными-детерминированными и статистическими переменными показателями залежи имеет вид [13]:

$$\begin{cases} L_k = L_0 \exp(kV_i), \\ L_k = L_0 \exp(kV_i^H) \end{cases} \quad (2)$$

где  $k$  – эмпирический параметр;  $H$  – степень энтропии показателя.

Здесь величины  $L_0$ ,  $H$  введены как детерминированные, а величины  $k$ ,  $V_i$  – как статистические компоненты структурно-динамической модели.

В процессе выемки запасов руд как правило происходит поэтапная трансформация рудного массива, и тем самым происходит изменение качества добытой руды. Это качественное изменение качества руды описывается аналитической оценкой в виде

$$\alpha = C_0 e^{n C_0} \quad (3)$$

где  $\alpha$ ,  $C_0$  – значения содержания компонентов соответственно в добытой руде и погашенном запасе, %;  $n$  – статистический коэффициент, дол.ед.

Здесь величина  $C_0$  представлена как детерминированный показатель отражающий структурного качественного состояния запаса руды до его выемки, находящегося в детерминированном положении.

Изучение процессов формирования показателей полноты извлечения руд и перемешивания разновидностей горной массы при добыче с использованием данных 6-ти месторождений черных и цветных металлов позволили получить ряд структурно-динамических моделей, описывающих их соотношений [11-13].

Технологическое соотношение между потерями и засорением руд:

$$B_T = B_0 e^{-\lambda_1 P_T}, \quad P_T = P_0 e^{-\lambda_2 B_T} \quad (4)$$

где  $P_T$ ,  $B_T$  – потери и засорения руд;  $P_0$ ,  $B_0$  – предельные значения теряемых руд и засоряющих пород.

Технологическое соотношение показателей процесса перемешивания объемов руд и пород

$$B_{\text{пш}} = B_0(1 - e^{-\lambda_{\text{пш}}t}), \quad D_{\text{вс}} = B_0 e^{kq} \quad (5)$$

где  $B_{\text{пш}}$  – объем породы, перемещаемой с рудой при отработке приконтактных зон;  $D_{\text{вс}}$  – добытая руда по блоку;  $B_0$  – погашенный запас руды по блоку.

В приведенных моделях параметры  $B_0$ ,  $\lambda_{\text{пш}}$ ,  $B_0$  – являются детерминированными предельными их значениями, а параметры  $k$ ,  $V_r$ ,  $\lambda_r$  – статистическими переменными компонентами.

Модель формирования средних получена как соотношение параметров распределения и характеристик размещения изучаемого признака в виде [14]:

$$E(x) = x_0 \exp[f(\beta, d)] \quad (6)$$

где  $x_0$ ,  $\Phi_0$  – мода и модальная частота распространения показателя, которые являются детерминированными компонентами модели.

Пространственно-статистическая закономерность распространения признака по рудной залежи представлена в виде смешанной детерминировано-статистической модели изменчивости показателей залежей в виде [15, 16]:

$$F(x) = F(x_0) \cdot F(Y_x) \quad (7)$$

Здесь величина  $F(x_0)$  – представляет детерминированного компонента, а величина  $F(Y_x)$  – представляет статистического компонента модели, зависящего от случайных величин  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , связанной с искомой величиной  $F(x)$

### Выводы

1) Рекомендательный структурный подход к параметризации моделей и аналитических оценок, отражающих процессов взаимосвязи показателей эксплуатации полезных ископаемых направлен к выявлению и использованию аналогов исходя из физической сущности геолого-геометрического и горно-технологического формирования искомого результативного показателя для повышения эффективности параметрического регулирования полученной модели дифференцированно по выемочным участкам залежи.

2) Введение главного структурообразующего результирующего пара-

метра формирования связи, овладеющего свойствами детерминированности и информативности, обеспечивает учета специфических особенностей процесса связи с достаточной полнотой и точностью для его реализации;

3) Структурно-динамические модели должны быть основаны на максимальное использование информативных параметров в сочетаниях как с детерминированными, исходящего из эмпирических параметрических тестов, так и случайными, исходящего из статистических данных составляющих.

4) Структурные модели в отличие от корреляционных уравнений выводимых методом наименьших квадратов овладевает системностью и динамичностью аналитических оценок. Модификация их путем координируемой структуризации искомого результируемого параметра связи и исходных величин, позволяет вдвойне уменьшить неизвестных численных коэффициентов и сугубо аппроксимационных свойств присущих к корреляционным уравнениям; неизвестные коэффициенты могут быть табулированы в зависимости от характеристик изучаемого полезного ископаемого

5) Сам факт отнесения процесса формирования взаимосвязи показателей выемки запасов полезных ископаемых к динамической геолого-технологической системе, для которой несомненно присущи детерминированные и случайные компоненты позволяет считать, что корреляционные уравнения выводимые на основе принципа наименьших квадратов не отвечает требованиям структурной системности формирования зависимостей между показателями освоения полезных ископаемых.

### References:

1. Курманкожаев А. Концепция развития системы «выемочный горно-геометрический участок». / Труды Международного Симпозиума по математической геологии / - ЧССР, Прага, 1997 г.
2. Поиа А. Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957, 201с.
3. De Solages Dialogue sur l'Analogie. Paris, 1946, p.19.
4. Ольсон Г. Динамические аналогии. М., 1947; Уемов А. Аналогия в технике. Канд.диссерт. М., 1952.

5. Уемов А. О достоверности выводов по аналогии. – Сб. «Философские вопросы современной формальной логики». М., 1962.

6. Бурбаки Н. Очерки по истории математики. М., 1963, с.34-35.

7. Биркгоф Г. Теория структур. М., 1952, с.7.

8. Розовский Л.Б. Опыт применения теории физического подобия в инженерной геологии. «Геология и разведка», 1964, №4.

9. Курманкожаев А.К. Вероятностно-структурная модель распределения признаков полезных ископаемых – ФРГ, Берлин. Труды XII Международного симпозиума по применению математических методов и ЭВМ в горном деле. 1990 г. – С.461-473.

10. Курманкожаев А. Теоретико-эмпирические основы описания закономерностей распределения содержаний компонентов сложноструктурных месторождений. / Труды Международного Симпозиума по применению математических методов в геологии и горном деле / - ЧССР, г.Прживрам, 1995.

11. Курманкожаев А., Гудков В.М. Геолого-маркшейдерское управление потерями хромитовых руд на Донских рудниках. Труды VIII Всемирного Интернационального Горного Конгресса, США, г. Лексингтон, 1991 г. – С.597-601.

12. Курманкожаев А. Проблемы системной технологии квалиметрического регулирования качественного состава рудных продукций. Монография. Алматы, КазНТУ, 2008 г. – 324 с.

13. Курманкожаев А. Методы оценки качества и потерь руд. Монография. Алматы: Изд. «Наука», 1990 г. – 180 с.

14. Курманкожаев А. Основы квалиметрии георесурсов в задачах геодезии и маркшейдерии. Монография, Алматы: КазНТУ, 2008 г. – 336 с.

15. Боровский Д.И., Евдокимов А.В. Определение плановых показателей полноты извлечения из недр на основе эксплуатационной геометризации месторождений цветных металлов. – М., ЦНИИЦВЕТМЕТ экономики и информации ММ СССР, серия. Горное дело, выпуск 4, 1990 г. – 48 с.

16. Пашенков В.З. Закономерность распространения полезных компонентов в рудных залежах. – М., Высшая школа, 1983. – 53 с.