

УДК 533.3/4:622.272

*В.А. Пшенников*

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УСРЕДНЕНИЯ РУД ПРИ РАЗРАБОТКЕ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

---

**П**роблема усреднения содержания металла в добываемых рудах всегда являлась одной из сложнейших в горном деле. Академик М.И. Агошков стабилизацию качества руд относил к числу основных по рациональному использованию недр [1]. Он призывал к необходимости разработки соответствующих мероприятий совместными усилиями горняков, обогащителей, металлургов и экономистов, а автор добавил бы, и геологов.

Выдача потребителям минерального сырья с заданной однородностью контролируемых параметров является сложной задачей ввиду пространственной неоднородности распределения полезного компонента в массиве. Гидрометаллургическое производство особо чувствительно к изменению содержания урана в рудопотоке. Колебания содержания поставляемой руды более чем на 15 % создают значительные трудности в её переработке, требующие изменения технологического режима, что приводит к увеличению затрат на переработку, а, главное, уменьшает извлечение основного компонента из руд.

Формирование добываемых руд определённого качества - сложный процесс, зависящий от целого ряда факторов, связанных не только с природными свойствами руд, но и с технологией выемки рудных тел, которая является самым важным этапом формирования товарных руд, поступающих на переработку. Это обуславливает необходи-

мость решения вопросов по усреднению руд ещё на стадии проектирования, когда должен быть определён рациональный их уровень и выбраны пути, обеспечивающие стабилизацию качества выдаваемой продукции для рудника с учётом требований последующей переработки сырья.

Горнорудная масса выдается на поверхность в вагонетках по выдачным стволам и с помощью рудоконтрольной станции (РКС) делится на сорта: товарная руда, забалансовая руда и порода.

Товарная руда рудника, отвечающая определенным требованиям рудоперерабатывающего производства отгружается в автосамосвалы, доставляющие её на центральный рудный двор (ЦРД). Автомобильная радиометрическая контрольная станция (АРКС) на рудном дворе в зависимости качества поступающей руды направляет её на определённый технологический штабель. Из которых в дальнейшем формируется конкретный технологический сорт, направляемый на переработку.

При существующей в природе неоднородности сырья стабильность качества может быть улучшена путём распределения всего объёма шахтной добычи на некоторое число частных рудопотоков, каждый из которых должен обладать определённой однородностью. Под качеством товарных руд следует понимать не только величину среднего содержания урана в них, но, что важнее, сортовой состав, на который при тради-

ционных методах исследований мало уделялось внимания.

Вопросам стабилизации качества за рубежом уделяется особое внимание. В США, например, все компании, поставляющие железную руду металлургическим заводам, гарантируют поставки с колебаниями содержания не более 0,5 % от среднего. Это позволяет металлургическим заводам иметь только страховые запасы руды и не производить усреднения на рудных дворах [2].

Особенность работы агломерационных фабрик Японии - тщательная подготовка шихты. Многообразие вво-зимых руд как по химическому, так и гранулометрическому составу требует сооружения крупных рудоподготовительных комплексов [3]. Руду, поступающую в рудовозах, разгружают на рудные склады, усредняют в штабелях, подвергают двух-трехкратному грохочению.

При одном и том же среднем содержании металла сортовой состав и количество металла в сортах может быть разным - это зависит от характера его распределения в рудных телах в недрах.

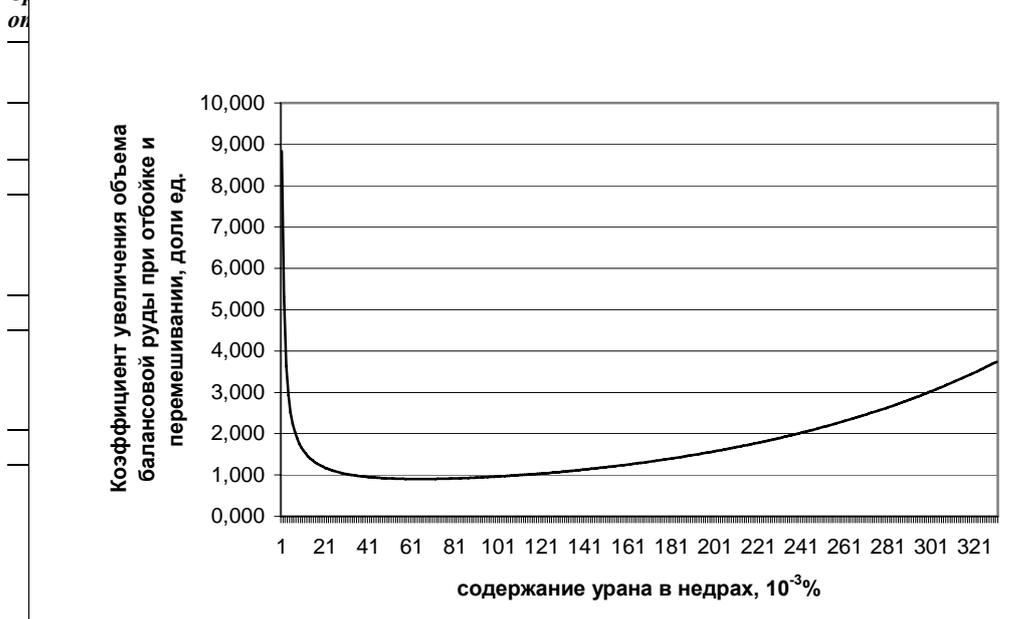
Идеальным вариантом для прогнозирования показателей товарной руды надо считать тот, когда контрастность добытой руды в транспортных сосудах близка к контрастности руды в естественном залегании в недрах, но прихват боковых пород при отбойке - разубоживание руды и перемешивание её в рудоспусках - не позволяют получить руду природного качества. Таким образом, стоит задача разработки методики прогнозирования показателей, влияющих на разделение руды на сорта, переработка которых даёт возможность получить наибольшую экономическую выгоду. Такими технологиями при переработке урановых руд являются: гидрометаллур-

гическая переработка рядовых руд, гидрометаллургическая переработка весьма богатых руд и кучное выщелачивание бедных руд. Усреднение на горном предприятии - это многоступенчатый процесс, который начинается в забоях очистных горных выработок, продолжается при транспортировке и сортировке на РКС и на ЦРД и заканчивается на гидрометаллургическом заводе (ГМЗ). Каждый этап усреднения играет определённую роль. Непосредственно на рудниках, ввиду неоднородности рудных массивов, *получить высокую степень однородности по содержанию металла в добытой руде не удаётся.*

Многие горные инженеры считают, что в рудоспусках горная масса движется сплошным потоком и перемешивания рудных порций доставляемой руды, практически, не происходит. А.С. Шилов [4], основываясь на результатах исследования движения сыпучих материалов, на макетах, имитирующих рудоспуск, доказал, что истечение горной массы из рудоспуска происходит по центральному каналу и сопровождается существенным её перемешиванием: так, например, материал порции, загруженной в рудоспуск одиннадцатой по счёту, обнаруживается при выпуске в четвёртой порции.

На интенсивность перемешивания рудного материала с разубоживающей массой влияет много факторов: способы погрузо-доставочных работ, высота перепуска через рудоспуск, гранулометрический состав рудного и безрудного материала, распределение металла в исходной руде и др. Увязать все эти факторы в систему не представляется возможным, поэтому автор предлагает использовать распределение руды и металла в конечном продукте.

Сравнительные данные изменения состава руды



0,150 – 0,199	6,3	16,5	0,4
<i>Рис. 1. Зависимость коэффициента увеличения объема балансовой руды от содержания в недрах при отбойке и перемешивании</i>			
Итого 34,2			
Итого 70,9			
Итого 0,78			
Богатая руда			
0,200 – 0,245	8,0	10,3	0,8
0,250 – 0,299	4,5	5,3	0,9
0,300 – 0,399	6,8	5,1	1,3
0,400 – 0,499	4,1	2,5	1,6
	Итого 23,4	Итого 23,2	Итого 4,6
Весьма богатая руда			
0,500 – 0,749	4,1	2,0	2,0
0,750 – 0,999	2,5	0,8	3,0
1,000 – 3,300	1,5	0,4	4,0
	Итого 8,1	Итого 3,2	Итого 2,5
Итого	100,0	100,0	

Сравнения, проведенные автором по отдельным блокам слоевой выемки, показали, что распределение руды по классам содержаний в добытой руде в вагонетках уже иное по сравнению с тем, что было в естественном залегании (таблица). Это изменение не может быть объяснено только разубоживанием балансовой руды при отбойке, а в большей степени перемешиванием прихваченной

породы с рудой в процессе доставки её через рудоспуск. Из таблицы следует, что в результате перемешивания в рудоспуске происходит значительное уменьшение доли забалансовой руды и породы (в 9,1 и 3,7 раза), которые, смешиваясь с балансовой рудой, превращаются в рядовую руду. Доля богатых руд остаётся почти неизменной, а весьма богатых - убывает в 2,5 раза.

Цифры графы 4 ложатся на кривую, изображённую на рис. 1. Назовём её интенсивностью перемешивания. По характеру кривой подбираем для неё функцию из справочника по математике пригодную для компьютерных расчётов

$$K_u = A \cdot c \cdot b / \exp(n \cdot c), \quad (1)$$

где  $K_u$  – увеличение или уменьшение выхода руды, согласно кривой интенсивности перемешивания для любого содержания урана –  $c$ ;  $A$ ,  $b$  и  $n$  – параметры распределения, определяющие сортовой состав руд, которые находятся путём подстановки в формулу (1) фактических значений  $K_u$  и  $c$  программой “EUREKA”, решающей одновременно до 24 уравнений (рис. 2).

Таким образом, используя данную методику, можно с помощью компью-

терной обработки данных опробования балансовых руд по результатам ведения геологоразведочных работ прогнозировать распределение металла в добытых рудах по конкретным очистным блокам и формировать рудопотоки товарной руды с разделением ее на технологические сорта в целом по участку, руднику. Данная технология прогнозирования используется на рудниках ОАО «ППГХО» при проектировании, перспективном и оперативном планировании добычи и переработки урановых руд. Это позволяет получить значительный экономический эффект за счет оптимизации извлечения полезного компонента из руд.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

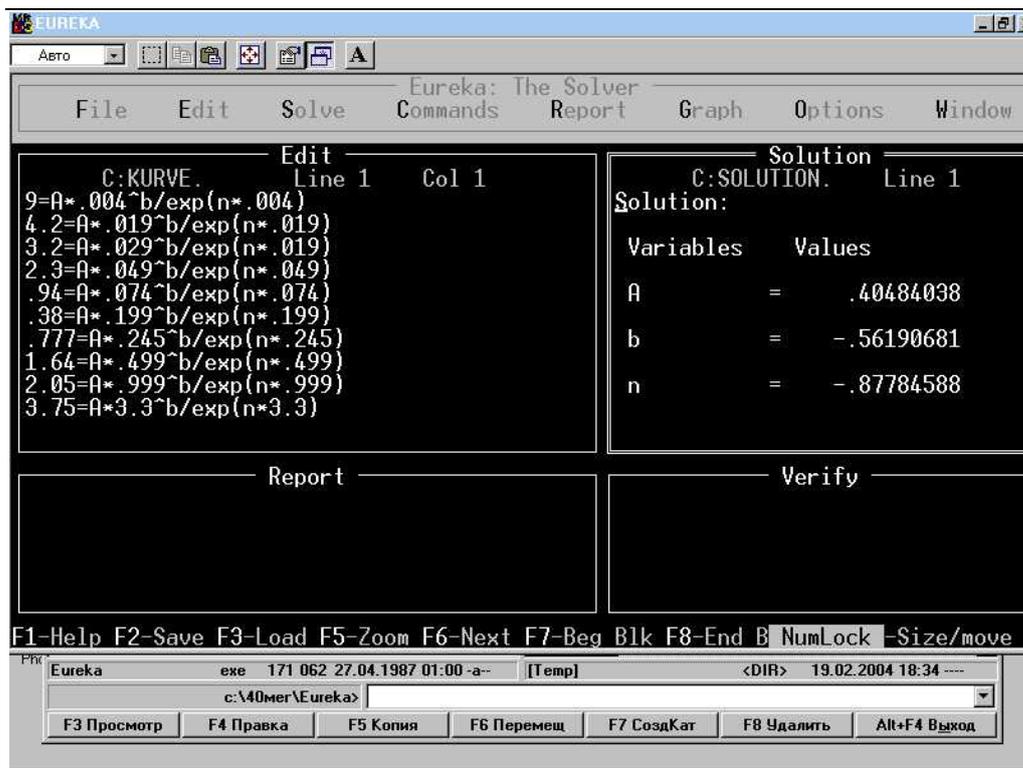


Рис. 2. Вид выходного экрана программы «EUREKA»

1. Агошков М.И. Техничко-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр / М.И. Агошков, В.И. Никаноров, Е.И. Панфилов [и др.] – М.: Недра, 1974.
2. *Amerikan Metal Market* – 1968. № 100.
3. *Amerikan Metal Market* – 1968. № 184.
4. Шилов А.С. Моделирование процесса перепуска рудной массы через рудоспускное отделение востояющего // Горно-металлургическая промышленность. –1977. - № 6-7.

### Коротко об авторах

Пшенников Владлен Андреевич – кандидат технических наук, ведущий инженер-геолог, ОАО “Приаргунское производственное горно-химическое объединение”



© В.А. Пшенников, 2006

УДК 533.3/4:622.272

*В.А. Пшенников*

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РУДЫ ПО КЛАССАМ СОДЕРЖАНИЯ УРАНА**

---

**Д**ля решения задач горного производства необходимо знать все особенности рудных тел как объектов разработки. Одной из них является распределение в них металла, с чем тесно связан сортовой состав добываемой горнорудной массы.

В зависимости от среднего содержания и распределения урана в природных рудах они могут быть переработаны:

- 1) подземным выщелачиванием (ПВ) без извлечения их из недр;
- 2) кучным выщелачиванием (КВ) на поверхности с предварительным дроблением руды или без него;
- 3) гидрометаллургической технологией (ГМТ) на стационарных установках гидрометаллургического завода (ГМЗ).

В основу выбора пороговых содержаний (отсечек) для выделения сортов для каждого из этих видов переработки берётся статистическая обработка данных опробования, которые могут быть определены:

1. В естественном залегании по точкам каротажа геологоразведочных скважин и геофизическим опробованием радиометром в забоях очистных горных выработок.
2. В вагонеточных порциях разубоженной при выемке и перемешанной в рудоспусках руды из очистных блоков по данным радиометрических рудоконтрольных станций (РКС) выдачных стволов шахт.
3. В автосамосвальных порциях приёмной автомобильной контрольной станции (АРКС) на центральном рудном дворе ГМЗ.

Вопрос о закономерностях распределения металла в руде по классам его содержаний всегда был предметом изучения, начиная с довоенного периода. Тогда Н.Г. Разумовский [1] рассмотрел характер распределения по содержанию редких и благородных металлов на ряде месторождений нашей страны и установил их лево асимметричное распределение. Это означало, что руды с высоким содержанием металлов встречаются крайне редко, что и выражается на кривых распределения руды по возрастающему значению содержаний левой асимметрией или смещением максимума кривой распределения влево, в сторону низких содержаний по оси абсцисс. На этой основе Н.В. Володомонов разработал способы исключения из подсчёта запасов проб с выдающимся содержанием, которые в геологии названы ураганскими. На месторождениях золота они почти всегда отвечают найденному самородку, и поэтому их исключение из числа проб, участвующих в подсчёте запасов, казалось правильным [2].

При изучении этого вопроса автором было установлено, что частота встреч “ураганских” проб подчиняется определённой закономерности. Наличие гнёзд с высоким содержанием металла на урановых месторождениях является объективной реальностью: из них извлекается определённое, часто основное, количество урана. Проанализировав эту закономерность, автор пришёл к выводу о том, что на изучаемых месторождениях Стрельцовского рудного поля имеются три различных по сортовому составу типа рудных тел [3].

Л.Ч. Пухальский для разработки теории контрастности урановых руд [4] использовал метод Разумовского. Согласно этой теории каждое рудное тело может быть охарактеризовано по распределению в нём металла показателем контрастности, имеющим значение от 1 до 2. По классификации Пухальского урановые руды делятся на неконтрастные, слабоконтрастные, умеренноконтрастные, высококонтрастные и особо-контрастные, с показателями контрастности соответственно равными - 1; 1-1,1; 1,1-1,3; 1,3-1,5 и 1,5-2.

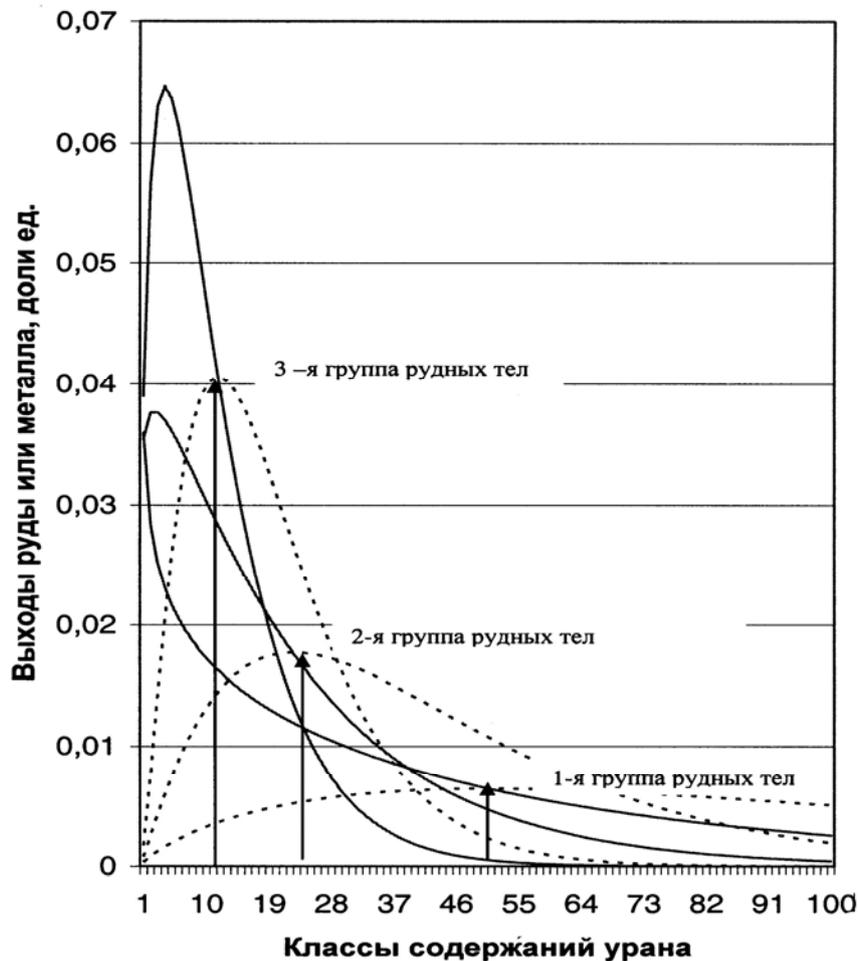
Наиболее полно эти вопросы изложены в монографии “Рудничная геофизика” [5], в которой рассмотрены математические основы закономерностей распределения полезного компонента в урановой руде, установлена теоретическая связь показателей контрастности Пухальского с коэффициентом вариации средней величины и логарифмической дисперсией среднего, даны способы их определения и оценка снижения контрастности руд за счёт её перемешивания с разубоживающей горной массой при добыче для прогнозирования различных порций, применяемых при сортировке. Для обработки и оценки результатов опробования при подсчёте запасов и вычислений параметров сортировки руд предложены графоаналитические методы на основе логнормальной аппроксимации выборок статистических данных.

Руды Стрельцовского месторождения уникальны и поэтому не подчиняются тем закономерностям и функциональным связям, которые определены общепринятой теорией. Распределение урана не соответствует логнормальному закону. Для рудопотоков, содержащих в

большом количестве весьма богатые руды, прямые линии на вероятностно-логарифмическом трафарете не вырисовываются. При изучении вероятностно-статистического распределения урана в рудных телах обрабатываемых очистными блоками, на основе существующих методик, установлено, что они по показателю контрастности, предложенному Л.Ч. Пухальским, несмотря на существенные различия в соотношении сортов слагающих их руд не отличаются друг от друга. Это потребовало дополнительных исследований по методике, разработанной автором.

В основу этой методики положены дифференциальные функции вместо интегральных (кривых в виде комулят). Использование дифференциальных кривых распределения в виде полигонов, построенных в Декартовой (прямоугольной) системе координат в метрическом, а не логарифмическом масштабе, дало возможность установить целый ряд отличительных признаков, главным из которых является количество (выход в процентах или долях единицы) весьма богатых руд с содержанием более 0,5 % [3].

По выделенным группам это выглядит так: в *первой* группе рудных тел количество весьма богатых руд определяется величиной больше 20 % (до 50). Во *вторую* группу вошли рудные тела, содержащие 8 - 16 % весьма богатых руд и в *третью* - первые проценты. Если исключить из статистической выборки весьма богатые руды, то распределение по классам содержаний во всех группах рудных тел будет идентичным и, практически, соответствующим разработанному предшествующими исследователями логнормальному закону.



*Сравнительные распределения руды и урана по классам содержаний для трех групп рудных тел: сплошная линия – распределение руды; пунктирная линия – распределение урана*

Анализ большого количества фактического материала по опробованию рудных тел в естественном их залегании позволил установить закономерность распределения руд и содержащегося в них урана, которая может быть использована для управления процессом добычи, прогнозирования качества добываемых руд и планирования на любой перспективный период.

Результаты математической обработки статистической выборки удобно изображать в виде кривых распределения (рисунок). Для построения кривых, соответствующим трем группам рудных тел, в прямоугольной системе координат на оси абсцисс наносится класс по содержанию урана, а на оси ординат – доля руды и металла по каждому классу. Абсцисса точки пересечения кривых руды и металла соответствует среднему

содержанию урана в рассматриваемой выборке.

В настоящее время компьютерная технология позволяет решать эту задачу в автоматизированном режиме. Автором была использована известная дробно степенно-показательными функция [6] вида

$$Y = \frac{Ax^b}{e^{px}},$$

где  $Y$  – частота распределения руды, выражаемая в процентах или долях единицы (выход);  $x$  – дискретное значение содержания металла, %;  $A, b$  и  $c$  – параметры распределения, определяемые при помощи компьютерной программы “EUREKA”.

Параметры распределений, приведенных на рисунке следующие:

Группа рудных тел	Первая	Вторая	Третья
A	0.0126	0.063	0.476
b	0.2	0.1	0.46
n	1.6	5	13

Установлено, что функция распределения металла отличается от функции распределения руды показателем  $b$ , который равен  $(b+1)$ .

Предложенная формула применима к распределению любых металлов. Н.К. Разумовским это установлено на месторождениях редких и рассеянных элементов [1]. Автором данная формула проверялась на месторождениях золота.

#### Выводы

1. Предложенная технология изучения распределения урана в рудах позволяет оперативно влиять на процесс управления рудопотоками при направлении товарных руд на ту или другую технологию их переработки, что даёт возможность оптимизировать эксплуатационные затраты и извлечение урана из руд.

2. Предложенная технология может быть использована при оптимизации рудопотоков для любого полезного ископаемого, определение содержания которого осуществляется экспрессными геофизическими методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разумовский Н.К. Характер распределения содержания металла в рудных месторождениях / Н.К. Разумовский // Доклады АН СССР. – 1940. – Т. 28. - № 9.
2. Володомононов Н.В. Метод учёта высоких проб // Советская геология. – 1939. - № 10 – 11.
3. Овсейчук В.А. Оценка изменения качества урансодержащих руд при их добыче / В.А. Овсейчук, В.А. Пшенников // Горный журнал. – 2005. - № 3.
4. Пухальский Л.Ч. Теория контрастности урановых руд / Л.Ч. Пухальский. – М.: Госатомиздат, 1963.
5. Пухальский Л.Ч. Рудничная геофизика / Л.Ч. Пухальский. – Атомиздат, 1964.
6. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. - Издание тринадцатое исправленное, 1986. – 121 с.

#### Коротко об авторах

Пшенников Владлен Андреевич – кандидат технических наук, ведущий инженер-геолог, ОАО “Приаргунское производственное горно-химическое объединение”.

© В.А. Пшенников, 2006

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**В** народном хозяйстве используются самые разнообразные полезные ископаемые - это уголь и нефть, известняк и глина, железные руды и руды редких и рассеянных элементов. Добыча одних реализуется в полном их объёме (сжигается уголь), из других извлекается тот или другой элемент. Руда на железо содержит металла десятки процентов (до 72 %), рудой на медь считается рудная масса, содержащая 2-5 % металла. Содержание золота измеряется в граммах на тонну руды (г/т). Очень большая группа элементов находится в горной породе в мизерном количестве (тысячные и десятитысячные доли процентов), но, тем не менее, она является рудой и из неё извлекается рений, галлий и другие редкие элементы.

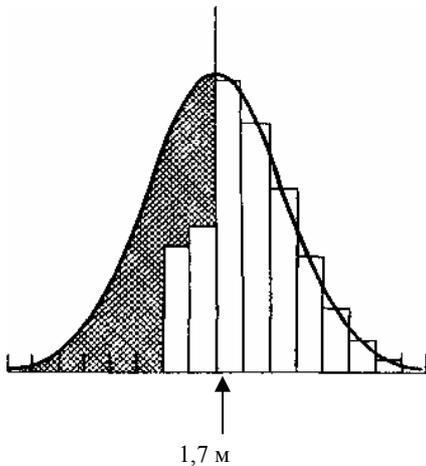
При разработке месторождений и переработке различных руд возникают трудности не из-за того, что в них мало полезного компонента, а в том, что он неравномерно распределён в руде. Так, например, на урановых месторождениях содержание металла колеблется от сотых долей до первых процентов. На месторождениях золота “большим” содержанием обычно соответствует нахождение самородка, учесть вероятность его встречи при планировании добычи - трудная, но решаемая задача математической статистики. На месторождениях урана встреча минерального скопления с высоким его содержанием ухудшает сложившуюся технологию горно-перерабатывающего производства. Стано-

вится очевидным, что познание законов распределения металла в недрах имеет очень важное значение в практике разработок не только урановых месторождений, но и других полезных ископаемых.

Прогнозирование какого-либо явления в сфере деятельности человека - будь то вероятность выигрыша в казино или улучшение экономических показателей производства - базируются на статистических материалах, определяющих вероятностный исход события. Целая плеяда математиков уделяла этому вопросу особое внимание. Ещё в древние времена у императоров были, так называемые, статисты.

Начало научного подхода в теории вероятности относится к 1718 году, когда в Лондоне вышла в свет книга “Учение о случаях”. Её автор - французский математик А. Муавр (1667 - 1754 гг.) - измерил рост у 1375 случайно выбранных женщин и получил кривую нормального распределения Гаусса. Однако этому закону подчиняются немногие явления. В большинстве случаев кривые распределения лево или право асимметричны.

В современной научной литературе приводится аналогичное наблюдение, основанное на росте призывников в армию. Авторы пытаются доказать “нормальность” явно право асимметричное распределения, показанного на рисунке из [1].



Очевидно, наибольшее количество призывников имеют рост 1,7 м (указано стрелкой). Вправо рост увеличивается до 2,5 м, а влево уменьшается до 1,5 м. Данных вполне достаточно для установления закономерности.

Если проверить правомерность гистограммы по теории вероятности, то мы получим недопустимые коэффициент вариации средней величины, а также дисперсию и эксцесс.

Теория и практика развивались. Теперь известны Гамма-функция, распределение Пуассона, F- распределение и многие другие. Первенство в изучении контрастности урановых руд принадлежит французским учёным: Ж. Матерон [2] впервые применил статистический метод в геологии, а Э. Карлье [3] использовал его для изучения урановых месторождений. Работы этих учёных переведены на русский язык Роциным Ю.В. [4], который разработал для отрасли методику по статистической обработке геолого-геофизических данных, а Л.Ч. Пухальский обобщил все материалы, с использованием законов, так называемого, логарифмически нормального распределения, в виде теории контрастности урановых руд [5].

---

*Распределение роста: наблюдаемое распределение и распределение в популяции. Распределение в популяции нормально, наблюдаемое распределение представлено гистограммой. Затрихованная область соответствует отсутствию данных*

---

Первое время эти законы устраивали производство до тех пор, пока ни были открыты очень богатые и контрастные месторождения урана. Использование палеток с логарифмической шкалой на рудах месторождений Стрельцовского рудного поля не дало положительных результатов. Компьютерная технология позволяет использовать и аппроксимировать любые распределения урана в руде в их первообразной функции, представляющей собой дифференциальные кривые.

Автором с 1979 года велось изучение распределения урана в руде недр, а также его изменение в процессе добычи и транспортировки, начиная с малых транспортных сосудов (шахтные вагонетки), до больших - 27-тонных автосамосвалов. Было установлено, что оно не подчиняется ни одному из известных законов распределения, в том числе, и логнормальному. Настоящим сообщением раскрывается сущность нового подхода к проблеме.

Использование дифференциальной функции распределения урана как в недрах, так и транспортных сосудах добытой руды, вместо традиционной интегральной, позволило выявить дополнительные резервы горно-перерабатывающего производства путём установления рациональных границ для разделения руд на сорта, перерабатываемых по самостоятельной технологической цепочке. Эти вопросы становятся особо актуальными в связи с ориентировкой на рыночные отношения.

Закономерности распределения урана, описываемые дробно степенно-показательной функцией вида

$$R = f(x) = Ax^b / e^{nx}, \quad (1)$$

где  $R$  - выход руды в %% или долях единицы, который является функцией, зависящей от содержания металла "x" - аргумента;  $A$ ,  $b$  и  $n$  - параметры распределения (расчетные коэффициенты, находящиеся решением уравнений с использованием фактического распределения металла в природных рудных телах), доли ед.;  $e$  - основание натурального логарифма, равное 2,718282.

Нахождение параметров  $A$ ,  $b$  и  $n$  для дифференциальной функции производится по формуле

$$y = Ax^b / \exp(nx) \quad (2)$$

Формула остаётся справедливой для любого металла. В зависимости от его распределения изменяются только параметры  $A$ ,  $b$  и  $n$ .

Неопределённый интеграл функции (1) имеет вполне определённое значение, равное единице или 100 %

$$P = \int f(x) dx = \int \frac{Ax^b}{e^{nx}} dx = 1 = 100\%, \quad (3)$$

Иначе, величина площади, заключённой между кривой распределения, характеризующей выход руды по классам содержания металла, и осью абсцисс, численно равна единице.

Неопределённый интеграл в функции (4) с показателем "b+1" выражает количество урана, так как при перемножении степенных функций их показатели складываются

$$U = \int \frac{Ax^{(b+1)}}{e^{nx}} \quad (4)$$

Теперь перейдём к понятию о среднем содержании металла в руде. Если мы каждое значение функции (1) умножим на содержание металла в рассматриваемой точке кривой, а затем сумми-

руем все значения, то получим общее количество металла во всём рудопотоке. Это будет неопределённый интеграл функции (1), отличающийся от функции (5) тем, что показатель аргумента «b» в ней больше на единицу (=b+1).

$$\int Ax^{1+b} / e^{nx} dx = Cp \quad (5)$$

Среднее содержание металла в руде определится как отношение интеграла (5) к интегралу (3), равного единице

$$Cp = \frac{\int \frac{Ax^{1+b} dx}{e^{nx}}}{\int \frac{Ax^b dx}{e^{nx}}}$$

Кривые распределения руды и металла пересекаются в точке, абсцисса которой равна среднему содержанию металла во всём рудопотоке.

Важной задачей является определение содержания в любой исследуемой или выделяемой части рудопотока. Здесь решается определённый интеграл, пределом интегрирования которого являются отсечки по содержанию металла. Так, если мы хотим определить количество руды (Q), направляемое на кучное выщелачивание (КВ) - от содержания 0,03 % до 0,12 %, то должны решить определённый интеграл (3)

$$Q = \int_{0,03}^{0,12} Ax^b / e^{nx} dx \quad (6)$$

Имея выходы руды и металла в исследуемой части рудопотока, содержание в нём определяется их отношением, умноженным на среднее содержание во всём рудопотоке.

$$c = \gamma / \mu Cp \quad (7)$$

где  $\gamma$  - выход руды в любой части рудопотока в % или долях единицы;  $\mu$  - выход металла в том же измерении;  $Cp$  - среднее содержание во всём рудопотоке.

Разработанный математический аппарат позволяет прогнозировать

сортной состав добываемых руд еще на стадии проектирования по данным геологоразведочных работ путем

ранжирования результатов опробования по классам содержаний.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубин Д.Б. Статистический анализ данных с пропусками. Перевод с английского А.М. Никифорова / Д.Б. Рубин, Р.Дж. А. Литтл // Финансы и статистика. – 1991.
2. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. - Мир, 1971.
3. Карлье Э. Методика количественной оценки месторождений урана / Э. Карлье. – М.: Атомиздат, 1966.
4. Роцин Ю.В. Методические указания по статистической обработке геолого-геофизических данных с использованием графо-аналитических способов / Ю.В. Роцин. – М.: ВНИИХТ, 1973.
5. Пухальский Л.Ч. Теория контрастности урановых руд / Л.Ч. Пухальский. – М.: Госатомиздат, 1963.

#### Коротко об авторах

Пшенников Владлен Андреевич – кандидат технических наук, ведущий инженер-геолог, ОАО “Приаргунское производственное горно-химическое объединение”.



---

#### ДИССЕРТАЦИИ

##### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>ИНСТИТУТ ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ СО РАН</b>			
СЧАСТЛИВЦЕВ Евгений Леонидович	Техногенное воздействие угледобывающих предприятий на окружающую среду (на примере Кузбасса)	25.00.36	д.т.н.