

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СИЛЬВИНИТОВ В ОБРАЗЦАХ ПОРОД МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

*Шкурганова Мария Алексеевна, Сидорчук Карина Анатольевна,  
студентки 2-го курса кафедры «Математические методы в строительстве»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Кузнецова А.А., старший преподаватель)*

Республика Беларусь занимает одно из первых мест на мировом рынке калийных удобрений. "Беларуськалий" - предприятие, основанное в 1958 году, экспортирует свою продукцию в более чем 100 стран мира. Месторождения, находящиеся в эксплуатации, характеризуются высоким качеством сильвинитовой руды. Сильвинит содержится в горных породах в виде кристаллов или жил и состоит из чередующихся слоёв галита и сильвина ( $n\text{NaCl} + m\text{KCl}$ ) и некоторых примесей, является сырьем для получения калийных удобрений. Содержание сильвинита в горной породе обычно составляет от 10% до 30%, реже до 50%.

Подходы к анализу и исследованию сильвинита ( $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ ) включают различные математические методы и инструменты для обработки экспериментальных и теоретических данных. Одним из направлений является статистический анализ.

Как следует из литературы распределение сильвинита в горной породе подчиняется закону нормального распределения (закон Гаусса). Известно, что оно описывает статистическое распределение значений вокруг среднего значения. Это означает, что большинство образцов будут иметь содержание калия, близкое к среднему значению, а значения, отклоняющиеся от среднего, будут встречаться реже. Это статистическое распределение помогает оценить и прогнозировать содержание сильвинита в месторождениях и определять оптимальные стратегии добычи и обогащения.

Перед нами стояла задача показать, что выборка из 100 значений случайной величины (процентное распределение сильвинита в горной породе) подчиняется закону нормального распределения.

17,1	21,4	15,9	19,1	22,4	20,7	17,9	18,6	21,8	16,1
19,1	20,5	14,2	16,9	17,8	18,1	19,1	15,8	18,8	17,2
16,2	17,3	22,5	19,9	21,1	15,1	17,7	19,8	14,9	20,5
17,5	19,2	18,5	15,7	14,0	18,6	21,2	16,8	19,3	17,8
18,8	14,3	17,1	19,5	16,3	20,3	17,9	23,0	17,2	15,2
15,6	17,4	21,3	22,1	20,1	14,5	19,3	18,4	16,7	18,2
16,4	18,7	14,3	18,2	19,1	15,3	21,5	17,2	22,6	20,4
22,8	17,5	20,2	15,5	21,6	18,1	20,5	14,0	18,9	16,5
20,8	16,6	18,3	21,7	17,4	23,0	21,1	19,8	15,4	18,1
18,9	14,7	19,5	20,9	15,8	20,2	21,8	18,2	21,2	20,1

Рисунок 1

Для дальнейшего анализа данные расположили в виде вариационного ряда. Затем по известной методике составили группированный статистический ряд, вычислили наименьшее и наибольшее значения, середины интервалов, указали частоты полученных интервалов, относительные частоты и плотности.

После вычисления выборочного среднего  $\bar{x}_g = 18,48$ , выборочной дисперсии  $D_g = 5,245$  и выборочного среднеквадратического отклонения  $\sigma = \sqrt{D_g} = 2,29$ , исправленной дисперсии (несмещенной оценку генеральной совокупности)  $S = \sqrt{\frac{n}{n-1} D_g} = 5,29$ ,  $\sigma_g = \sqrt{D_g} = 2,3$  построили сглаженную гистограмму и график плотности нормального распределения  $N(18.49, 2.29)$ . Видно, что различия имеются, однако, в целом, можно сделать предположение об истинности гипотезы о нормальном распределении статистических данных.

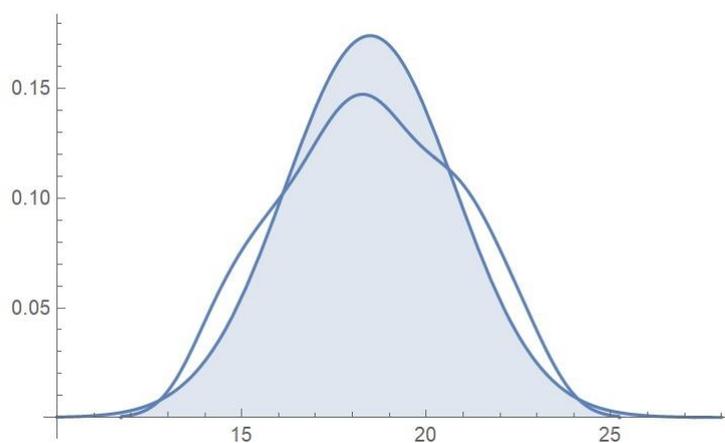


Рисунок 2

Для подтверждения гипотезы о нормальном распределении сравнили эмпирические и теоретические частоты. Для применения критерия Пирсона вычислили наблюдаемое значение хи-квадрат статистики  $\chi^2_{набл} = 2,8253678$ . Критическое значение хи-квадрат статистики для такой выборки равно 16,8 (взяли из таблицы). Таким образом гипотеза о нормальном распределении подтверждается с большим запасом.

В системе Wolfram Mathematica рассчитали коэффициенты асимметрии  $A_s = -0,017049$  и эксцесса  $E_x = -0,854795$ , которые дают представление о целесообразности разработки месторождения.

Приведем соответствие между статистическими и геологическими терминами, полученных с использованием технологий искусственного интеллекта (ChatGPT):

При анализе содержания сильвинита в горных породах, медиана, выборочное среднее, математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение могут дать следующую информацию:

1. Медиана представляет собой значение, которое делит упорядоченный набор данных на две равные части. В случае содержания сильвинита в горных породах, медиана покажет центральное значение этого показателя в выборке. Она может быть полезна при определении типичного уровня содержания сильвинита.

2. Выборочное среднее - показатель среднего уровня содержания сильвинита в горных породах и может использоваться для оценки общего уровня концентрации.

3. Математическое ожидание может быть полезно для прогнозирования будущих значений или для оценки ожидаемого уровня содержания.

4. Дисперсия измеряет степень изменчивости значений содержания сильвинита относительно их среднего значения. Большая дисперсия указывает на большую изменчивость содержания, а маленькая дисперсия - на более однородные данные.

5. Среднеквадратичное отклонение показывает степень разброса значений относительно их среднего значения. Чем больше среднеквадратичное отклонение, тем больше разброс данных.

6. Коэффициент асимметрии  $A_s$  отражает степень асимметрии распределения данных. Если он меньше 0, то больше значений сильвинита находятся ниже среднего.

7. Коэффициент эксцесса  $E_x$  характеризует остроту пика распределения и его "тяжелые хвосты". Отрицательный коэффициент эксцесса указывает на более плоский пик и более "тяжелые хвосты".

Эти статистические показатели могут помочь в оценке распределения содержания сильвинита в горных породах, выявлении особенностей выборки и принятии решений на основе полученных данных.

Также отметим, что подобные расчеты применимы для оценки месторождений любых полезных ископаемых, а не только сильвинитов.

#### Литература:

1. Рябушко А.П. Индивидуальные задания по высшей математике. В 4 ч. Ч. 4. Операционное исчисление. Элементы теории устойчивости. Теория вероятностей. Математическая статистика: учеб. пособие/ А.П. Рябушко. – 2-е изд., испр. – Минск: Выш. шк., 2007. – 336 с.: ил.
2. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbigenc.ru%2Fc%2Fsil-vinit-fbedf1&psig=AOvVaw0-dzSyRs94EdIrr0Be5Bdd&ust=1715338840950000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAcQrpoMahcKEwjQzeLNtYCGAxUAAAAAHQAAAAAQBA> [Электронный ресурс] - Дата доступа: 03.05.2024 17.02