

**ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ГЕОМЕТРИЗАЦІЇ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ
ВЕЛИКО-ГАДОМИНЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ПЕРВИННИХ КАОЛІНІВ
НА ОСНОВІ ПІДБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ВАРІОГРАМИ ЗА ПЛОЩИННИМ КРИТЕРІЄМ**

Р. В. Соболевський, О. М. Ващук, О. М. Толкач

Житомирський державний технологічний університет

вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005, Україна. E-mail: rvsobolevsky@rambler.ru

Проаналізовано параметри всіх теоретичних моделей варіограм. Виконано аналіз стійкості проінтерпольованих значень відповідно до вихідних даних з урахуванням різних моделей варіограм. На основі виконаних досліджень визначено оптимальну теоретичну модель для геостатистичного прогнозування якісних показників для умов Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів. Запропоновано площинний критерій для вибору оптимальної теоретичної моделі варіограми із низки відомих. Виконано дослідження впливу ступеня розвіданості на побудову експериментальної варіограми. Визначено межі підрахунку запасів для сорту каоліну «КЭС-35» за даними експлуатаційної розвідки і за зведеними результатами. Доведено наявність залежності точності підрахунку запасів первинних каолінів Велико-Гадоминецького родовища від обраної теоретичної моделі варіограми і повноти вихідних даних, варіації коефіцієнта анізотропії та його просторової орієнтації.

Ключові слова: варіограмний аналіз, геостатистичний підрахунок запасів, первинні каоліни, анізотропія.

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ВЕЛИКО-ГАДОМИНЕЦЬКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ КАОЛИНОВ
НА ОСНОВЕ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ВАРИОГРАММЫ ПО ПЛОЩАДНОМУ КРИТЕРИЮ**

Р. В. Соболевский, А. Н. Ващук, А. Н. Толкач

Житомирский государственный технологический университет

ул. Черняховского, 103, г. Житомир, 10005, Украина. E-mail: rvsobolevsky@rambler.ru

Проанализированы параметры всех теоретических моделей вариограмм. Выполнен анализ устойчивости проинтерполированных значений в соответствии с исходными данными с учетом различных моделей вариограмм. На основе выполненных исследований определена оптимальная теоретическая модель для геостатистического прогнозирования качественных показателей для условий Велико-Гадоминецкого месторождения первичных каолинов. Предложено площадной критерий для выбора оптимальной теоретической модели вариограммы из ряда известных. Выполнено исследование влияния степени разведанности на построение экспериментальной вариограммы. Определены границы подсчета запасов для сорта каолина «КЭС-35» по данным эксплуатационной разведки и по сводным результатам. Доказано наличие зависимости точности подсчета запасов первичных каолинов Велико-Гадоминецкого месторождения от выбранной теоретической модели вариограммы и полноты исходных данных, вариации коэффициента анизотропии и его пространственной ориентации.

Ключевые слова: вариограммный анализ, геостатистический подсчет запасов, первичные каолины, анизотропия.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. При оцінці перспективності розробки родовищ нерудних корисних копалин найбільш відповідальним завданням є достовірне прогнозування просторової мінливості показників якості. Одним із основних підходів до аналізу та обробки просторово розподілених даних є геостатистичне моделювання [1]. При використанні останнього основною умовою є припущення про неперервність просторового розподілу структурних та якісних показників, при цьому основним інструментом є регресійний аналіз даних, першим етапом якого часто є варіограмний аналіз структури даних [2–4].

Одним із основних критеріїв геометризації ділянки родовища є вибір такого методу обробки даних, при якому точність візуалізації вихідної інформації була б найкращою. Тому вибір оптимального методу інтерполяції даних є важливим питанням. Серед існуючих методів інтерполяції, таких як метод Шепарда, метод радіальних базисних функцій, триангуляція з лінійною інтерполяцією, метод ступеня оберненої відстані, метод мінімальної кривизни, метод поліноміальної регресії, метод Кріге, метод природнього сусіда, метод найближчого сусіда, метод локальних поліномів, інтерполяція дифузії з

бар'єрами, інтерполяція по методу глобального полінома та інші, враховуючи аналіз літературних джерел, як найбільш оптимальний метод інтерполяції було обрано метод Кріге [5, 6].

Мета роботи – оцінка достовірності геометризації якісних показників родовищ первинних каолінів на основі підбору оптимальної моделі варіограми за площинним критерієм.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Надійність геостатистичних рішень залежить від правильно обраної моделі конкретної варіограми і прийнятих параметрів даної моделі, які мають відповідати характеру і особливостям просторової мінливості геологічної змінної [7]. Значення варіограми безпосередньо входять в систему рівнянь, яку обчислюють для отримання оцінки методом Кріге. Щоб скласти цю систему, потрібні значення варіограми для будь-яких просторових орієнтацій. Для цього використовують теоретичну модель варіограми, спеціальним чином побудовану на основі експериментальної варіограми.

Для використання варіограми в процесі оцінювання до неї повинна бути підібрана математична модель, яка б гарантувала, що дисперсія будь-якої лінійної комбінації не стала від'ємною, так як сис-

тема рівнянь Крігінга має єдине рішення при позитивній визначеності коваріації [1].

При безпосередньому підборі форми і параметрів моделі необхідно оцінити її якість, яка визначається візуальною подібністю до експериментальної варіограми. Оптимальна модель варіограми визначалася із наступного ряду відомих видів: сферична, експоненціальна, гаусова, логарифмічна, кубічна, квадра-

тична, степенева, пентасферична, раціонально-квадратична, нагетт-ефект.

Беручи до уваги результати досліджень [8] і зваживши на те, що адекватність параметрів моделі варіограми найбільш достовірно характеризується площею фігури, контурами якої є експериментальна та модельна варіограми. З урахуванням вищенаведених міркувань площинний критерій матиме наступний вигляд:

$$I_S = 0,25 \sum_{k=1}^p \left[\sum_{i=1}^n \gamma_i (h_{i-1} - h_{i+1}) + \sum_{i=1}^n h_i (\gamma_{i+1} - \gamma_{i-1}) \right] \quad (1)$$

де n – число лагів; P – число напрямків, які беруть участь у підборі параметрів моделі.

Значення площинного критерію для різних моделей при одному спільному напрямку для умов Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів

наведено у табл. 1. Також було досліджено залежність окремих елементів моделі варіограми: значення величини нагетт-ефекту (самородка) C_0 (табл. 2), величини Sill (порогу) (табл. 3) і величини Range (діапазону) (табл. 4).

Таблиця 1 – Значення площинного критерію для різних моделей варіограм за спільним напрямком

Модель	C_0	Scale	Length (A)	Площа, од. кв.	Площинний критерій
Сферична	0,015	0,1240	688	804,00	1,87
Експоненціальна	0,013	0,1280	295	674,32	1,57
Гаусова	0,019	0,1230	350	863,80	2,01
Логарифмічна	0,020	0,0387	45	430,21	1
Кубічна	0,018	0,1215	805	883,16	2,05
Квадратична	0,011	0,1290	797	786,11	1,83
Степенева	0,006	0,1190	810	469,62	1,09
Пентасферична	0,012	0,1260	842	801,43	1,86
Раціонально-квадратична	0,018	0,1290	252	691,51	1,61
Нагетт-ефект	0,019	0,1120	145	1209,68	2,81

Таблиця 2 – Значення величини нагетт-ефекту C_0 (самородка) із розподілом за напрямками і моделями варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гаусова	C_0	0,002	0,001	0,008	0,019	0,004	0,024	0,025	0,023	0,013
Експоненціальна		0,001	0,002	0,003	0,013	0,003	0,011	0,024	0,022	0,010
Логарифмічна		0,007	0,005	0,019	0,020	0,003	0,02	0,021	0,023	0,015
Степенева		0,002	0,001	0,001	0,006	0,006	0,001	0,001	0,002	0,003
Сферична		0,005	0,003	0,004	0,015	0,005	0,019	0,018	0,021	0,011

Таблиця 3 – Значення величини Sill (порогу) з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гаусова	Поріг (Sill)	0,106	0,128	0,13	0,123	0,129	0,090	0,075	0,073	0,107
Експоненціальна		0,117	0,138	0,144	0,128	0,142	0,110	0,075	0,07	0,116
Логарифмічна		0,033	0,044	0,043	0,039	0,04	0,033	0,025	0,022	0,035
Степенева		0,095	0,115	0,127	0,119	0,117	0,108	0,093	0,091	0,108
Сферична		0,103	0,125	0,131	0,124	0,126	0,097	0,084	0,074	0,108

Таблиця 4 – Значення величини Range (діапазону) з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гаусова	Діапазон (Range)	394	362	375	350	337	254	283	302	332
Експоненціальна		384	384	342	295	358	280	216	216	309
Логарифмічна		51	62	61	45	38	49	41	39	48
Степенева		854	891	852	810	782	833	867	794	835
Сферична		897	904	705	688	701	694	602	635	728

Таблиця 5 – Значення площі відхилення точок експериментальної варіограми від теоретичної з розподілом

за напрямками та моделями варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	Площа відхилення (од.кв.)	2254	3267	3312	2267	3489	2336	2274	1904	2638
Експоненціальна		1685	2585	2419	2178	3083	2158	2150	1869	2266
Логарифмічна		1502	2128	1833	1383	2557	1847	1861	1635	1843
Ступенева		1703	2327	1704	1496	2697	1803	1750	1610	1886
Сферична		2143	3133	3134	2578	3398	2378	2197	1811	2597

Таблиця 6 – Значення площинного критерію з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	Площа, приведена до найменшого значення	1,50	1,54	1,81	1,64	1,36	1,26	1,22	1,16	1,44
Експоненціальна		1,12	1,22	1,32	1,58	1,21	1,17	1,16	1,14	1,24
Логарифмічна		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ступенева		1,13	1,09	0,93	1,08	1,05	0,98	0,94	0,98	1,02
Сферична		1,43	1,47	1,71	1,86	1,33	1,29	1,18	1,11	1,42

Таблиця 7 – Мінімальні і максимальні проінтерпольовані значення даних в сітці відповідно до моделі варіограми при побудові ізоліній

Модель варіограми	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Білизна
Істинні значення	від 0,2 до 2,6	від 0,3 до 2,2	від 67 до 99
Гауссова	від -6,5 до 8,0	від -11,0 до 15,0	від 62 до 110
Експоненціальна	від 0,2 до 2,6	від 0,3 до 2,2	від 67 до 99
Логарифмічна	від -1,8 до 3,8	від -0,1 до 2,5	від 50 до 120
Ступенева	від 0,2 до 2,1	від 0,55 до 1,95	від 74 до 97
Сферична	від 0,2 до 2,6	від 0,3 до 2,2	від 67 до 99
Квадратична	від 0,2 до 2,6	від 0,3 до 2,2	від 67 до 99
Кубічна	від -0,8 до 3,6	від 0,2 до 2,6	від 62 до 104

Значення площі відхилення точок експериментальної варіограми від теоретичної з розподілом по напрямках і моделях варіограм наведені у табл. 5 і використовувались для визначення площинного критерію з розподілом по напрямках і моделях варіограм (табл. 6).

Аналіз одержаних результатів показав, що для основних напрямків найбільш вдалим були логарифмічна, ступенева та експоненціальна, в той час при фіксації напрямку за дирекційним кутом 22,5° відбулось незначне зростання ступеневої (близько 10 %) і значне експоненціальної (25 %). Але зважаючи на результати досліджень, які наведені в табл. 7 і 8, можна зробити висновок, що логарифмічна і ступенева теоретичні моделі варіограм характеризуються низькою точністю інтерполяції. Отже можна впевнено констатувати перевагу експоненціальної моделі варіограми для Велико-Гадоминецького родовища первинних каоолінів, яка характеризується мінімальними значеннями площинного критерію та характеризується максимальною стійкістю до вибраного напрямку дослідження.

Аналіз результатів побудови варіограм для вмісту TiO₂, Fe₂O₃ [9] і білизни з врахуванням ступеня розвіданості (табл. 10) та їх основних геостатистичних показників (табл. 2) показав, що:

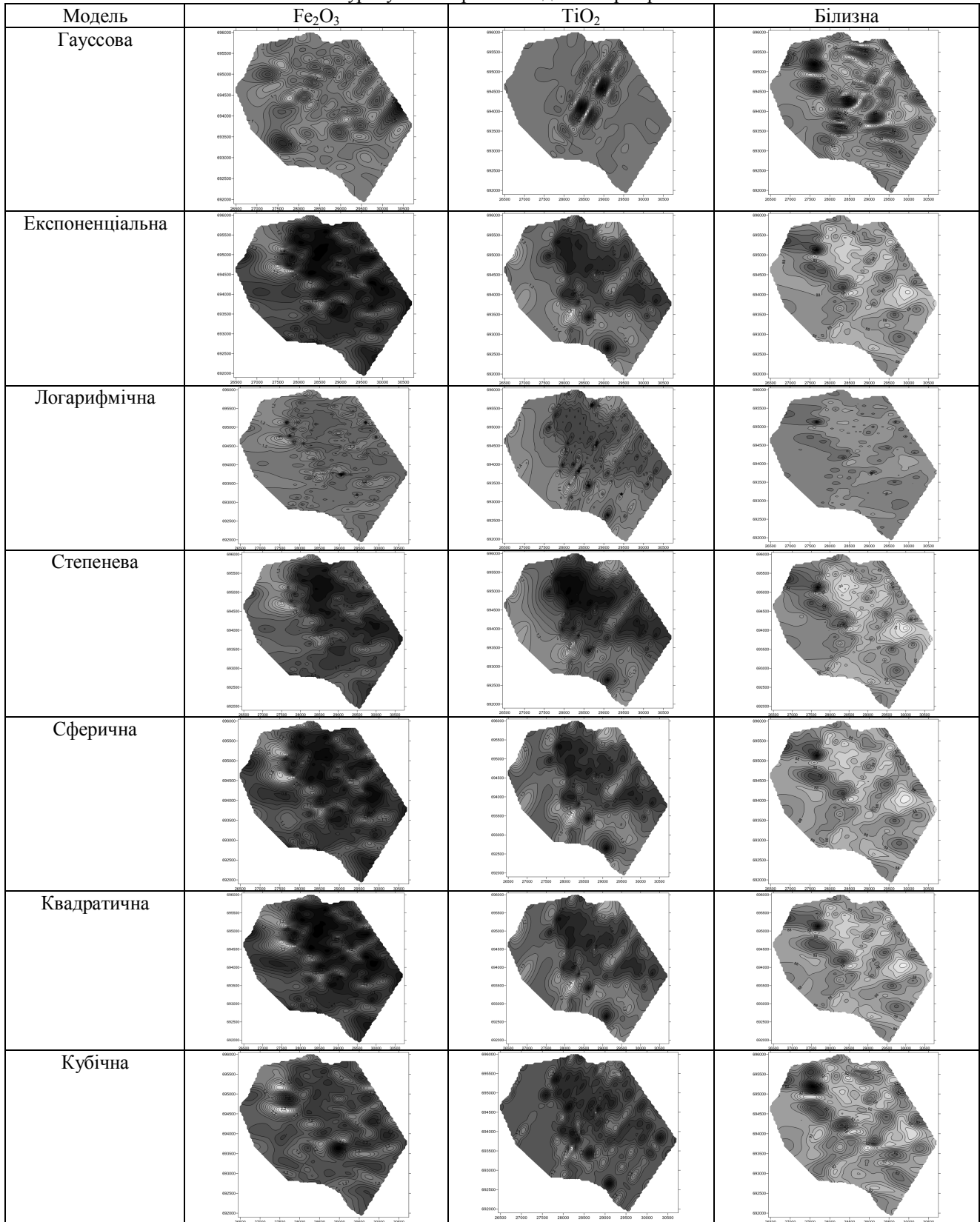
1) при експлуатаційній розвідці для білизни за азимутом простягання 315° характерна мінімальна дисперсія (23,5 %) на діапазоні автокореляції 43 м, що пояснюється максимальною щільністю розвідувальних свердловин на даній ділянці та мінімальною варіабельністю значень білизни; максимальне значення дисперсії відповідає зведеним результатам експлуатаційної та попередньої розвідки (41 %), що в 1,7 рази більше від експлуатаційної розвідки, на діапазоні автокореляції 140 м з азимутом простягання 157,5°, що очевидно пояснюється великою просторовою мінливістю білизни по всьому родовищу; одночасно для результатів попередньої розвідки характерне середнє значення дисперсії (30 %) на діапазоні автокореляції 435 м з азимутом простягання 90°, що пояснюється порівняно більшим впливом рівномірності мережі і відносно більшою відстанню між розвідувальними свердловинами порівняно із зведеними результатами;

2) при експлуатаційній розвідці для Fe₂O₃ за азимутом простягання 90° характерна мінімальна дисперсія (0,165 %) на діапазоні автокореляції 105 м; максимальне значення дисперсії відповідає результатам попередньої розвідки (0,28 %), що в 1,7 рази більше від експлуатаційної розвідки, на діапазоні автокореляції 430 м з азимутом простягання 90°; одночасно для зведених результатів попередньої і

експлуатаційної розвідок характерне середнє значення дисперсії (0,19 %) на діапазоні автокореляції

140 м з азимутом простягання 157,5°.

Таблиця 8 – Аналіз стійкості проінтерпольованих значень відповідно до вихідних даних з урахуванням різних моделей варіограм



2) Такий характер геопросторової мінливості свідчить про більш рівномірну зміну вмісту Fe_2O_3 по родовищу і супроводжується зростанням дисперсії при зменшенні кількості місць відбору проб.

3) при зведених результатах експлуатаційної та попередньої розвідок для TiO_2 за азимутом простягання $337,5^\circ$ характерна мінімальна дисперсія (0,104 %) на діапазоні автокореляції 490 м; макси-

мальне значення дисперсії відповідає результатам попередньої розвідки (0,157 %) на діапазоні автокореляції 385 м з азимутом простягання $22,5^\circ$; одночасно для експлуатаційної розвідки характерне середнє значення дисперсії (0,135 %) на діапазоні автокореляції 950 м з азимутом простягання $337,5^\circ$. Очевидним є наявність обернено пропорційного зв'язку між кількістю даних та значенням дисперсії.

Таблиця 9 – Параметри побудованих варіограм відповідно до ступеня розвіданості

Показник	Попередня розвідка 1971-1977 рр.			Експлуатаційна розвідка			Зведені результати		
	TiO_2	Fe_2O_3	Білизна	TiO_2	Fe_2O_3	Білизна	TiO_2	Fe_2O_3	Білизна
Коефіцієнт анізотропії	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4	1,13	1,69	1,40	1,65
Азимут максимального значення ступеня кореляції показників (Angle)	22,5	90	90	337,5	90	315	337,5	0	157,5
Діапазон автокореляції (Range)	385	430	435	950	105	43	490	140	140
Дисперсія (Sill)	0,157	0,28	30	0,135	0,165	23,5	0,104	0,19	41

Результатом виконаного варіограмного аналізу є коефіцієнт анізотропії [10], значення якого зазначені в табл. 9. В свою чергу коефіцієнт анізотропії і напрямок простягання анізотропності якісних показників безпосередньо впливає на інтерполяцію сітки даних, в межах якої виконується побудова

ізоліній вмісту показника якості. Отже, коефіцієнт анізотропії впливає на визначення меж сортової ділянки, яка підлягає вимогам ТУ окремо для кожного сорту промисловості використання корисної копалини [11].



Рисунок 1 – Визначення спільної зони за показниками якості для підрахунку об'єму каоліну сорту «КЭС-35» для виробництва електротермічного силуміну і ультрамарину з урахуванням коефіцієнта анізотропії за даними попередньої розвідки 1971–1977 рр.

Для дослідження впливу коефіцієнту анізотропії на визначення меж сортової ділянки за даними попередньої розвідки для сорту «КЭС-35» із урахуванням коефіцієнта анізотропії якісних показників був визначений об'єм покладу каоліну на території, де виконувалася експлуатаційна розвідка, який становить 6776395 м^3 (рис. 1). Синім кольором на рис.1,а і рис.2,б відображено територію, на якій каолін задовольняє вимоги ТУ для сорту «КЭС-35» за вмістом TiO_2 , на рис.1,б і рис.2,а – за вмістом Fe_2O_3 , на рис. 1,в і рис. 2,в – за вмістом всіх якісних показників.

У результаті виконання експлуатаційної розвідки дані попередньої розвідки були доповнені по зведе-

них даних було знову визначено об'єм покладу каоліну на території експлуатаційної розвідки. За визначеним в ході варіограмного аналізу коефіцієнтом анізотропії було оконтурено ділянку на якій каолін відповідає вимогам ТУ для сорту «КЭС-35» (рис. 2). Аналіз одержаних результатів свідчить про збільшення запасів каоліну даного сорту, які за результатами підрахунку становлять 9773950 м^3 .

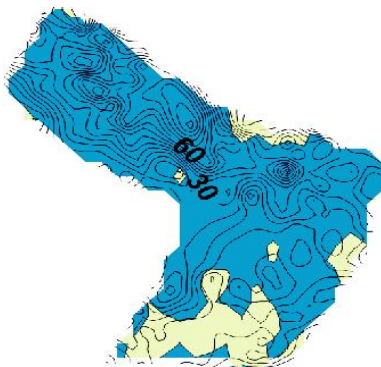
Різниця визначених об'ємів за результатами попередньої розвідки 1971–1977 рр. і доповненої даними експлуатаційної розвідки складає 2997555 м^3 , що становить 31%. Обґрунтувати значну різницю двох значень можна зміною площі і меж сортової ділянки за вмістом Fe_2O_3 і TiO_2 . За рахунок коефіці-

ента анізотропії і його напрямку змінюється форма ізоліній вмісту якісних показників, що впливає на контури підрахунку об'єму для сорту «КЭС–35», у

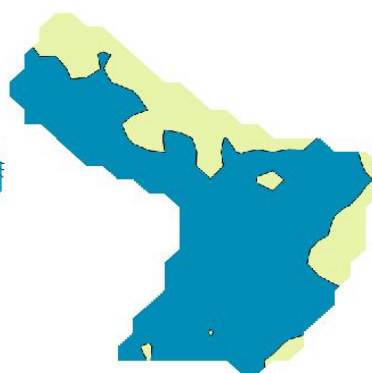
межах яких спостерігається більша варіабельність потужності, що в кінцевому результаті призводить до зміни підрахованих запасів.

Таблиця 10 – Результат побудови варіограм із урахуванням ступеня розвіданості

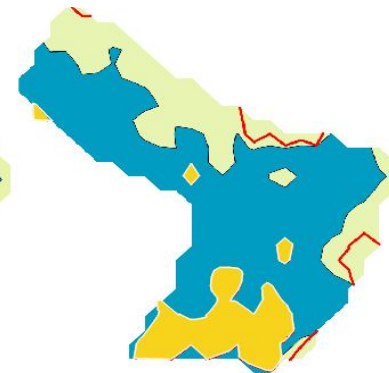
Показник якості	Попередня розвідка	Експлуатаційна розвідка	Зведені результати
Білизна	<p>Білизна Азимут 90°, кут пошуку 22,5°</p>	<p>Білизна Азимут 315°, кут пошуку 22,5°</p>	<p>Білизна Азимут 157,5°, кут пошуку 22,5°</p>
Fe ₂ O ₃	<p>Fe₂O₃ Азимут 90°, кут пошуку 22,5°</p>	<p>Fe₂O₃ Азимут 90°, кут пошуку 22,5°</p>	<p>Fe₂O₃ Азимут 0°, кут пошуку 22,5°</p>
TiO ₂	<p>TiO₂ Азимут 22,5°, кут пошуку 22,5°</p>	<p>TiO₂ Азимут 337,5°, кут пошуку 22,5°</p>	<p>TiO₂ Азимут 337,5°, кут пошуку 22,5°</p>



а) вміст Fe₂O₃ із зображенням ізоліній потужності покладу



б) вміст TiO₂



в) результат перетину площин

Рисунок 2 – Визначення спільної зони за показниками якості для підрахунку об'єму каоліну сорту «КЭС–35» для виробництва електротермічного силуміну і ультрамарину із врахування коефіцієнта анізотропії за даними попередньої розвідки 1971–1977 рр. та експлуатаційної розвідок

ВИСНОВКИ. Зваживши результати вищенаведених досліджень, можна зробити висновок, що найбільш оптимальною моделлю теоретичної варі-

ограми для умов Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів є експоненціальна, перевагами якої є кращий площинний критерій та більша

достовірність прогнозування. Дослідження показали, що залежно від обраної теоретичної моделі варіограми змінюється коефіцієнт анізотропії і його напрямок, які суттєво впливають на точність підрахунок запасів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Изд-во Института прикладной математики РАН, 2009. – 460 с.
2. Капутин Ю.Е. Моделирование месторождений и оценка минеральных ресурсов с использованием студии 3: учебный курс. – Санкт-Петербург, 2007. – 188 с.
3. ArcGIS Resources. Выполнение проверки и перекрестной проверки. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#/00310000059000000>.
4. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): учебное пособие / А.А. Савельев, С.С. Мухарова, А.Г. Пилюгин, Н.А. Чижикова. – Казань: Казанский университет, 2012. – 120 с.
5. Толкач О.М., Соболевський Р.В.. обґрунтування оптимального методу інтерполяції геологорозвідувальних даних на базі програмного забезпечення Surfer // Вісник ЖДТУ. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Вип. 1/2011 (56). – С. 135–141.

6. Дюбрал О. Использование геостатистики для включения в геологическую модель данных. – Изд-во SEG, EAGE, 2002. – 296 с.

7. Goovaerts P. (1998) "Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties", Springer-Verlag, pp. 315–334.

8. Ващук О.М., Соболевський Р.В.. Обґрунтування оптимальної моделі варіограм для відображення просторової мінливості якісних показників Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів // Міжнародний науковий семінар «Перспективи розвитку гірничої справи і підземного будівництва» в НТУУ «Київський політехнічний інститут» в рамках VI міжнародної конференції «Енергетика, екологія, людина», 22–24 травня 2014 р, м. Київ.

9. J. Deraisme, C., De Fouquet (1996) "The geostatistical approach for reserves", Article published in Mining Magazine, May, 6 p.

10. Соболевський Р.В., Ващук О.М. Геостатистичний підрахунок запасів Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів з врахуванням сортової диференціації // Вісник ЖДТУ. – Житомир: ЖДТУ, 2014. – Вип. 1/2014 (68). – С. 124–133.

11. Сонкин Л.С. Отчет о геологоразведочных работах, проведенных в 1970–1977 гг. на Велико-Гадоминецком месторождении первичных каолинов – Киев : Кировгеология, 1977. – 300 с.

RELIABILITY ASSESSMENT OF GEOMATRIZATION OF THE QUALITY INDICATORS OF VELIKO-HADOMYNETSKY PRIMARY KAOLIN DEPOSIT BASED ON THE SELECTION OF THE OPTIMAL VARIOGRAM MODEL USING A PLANE CRITERIA

R. Sobolevsky, O. Vaschuk, O. Tolkach

Zhytomyr State Technological University

vul. Cherniakhovsky, 103, 10005, Zhytomyr, Ukraine. E-mail: rvsobolevsky@rambler.ru

Parameters of all theoretical variogram models are analyzed. The stability analysis of interpolated values according to initial data taking into account different variogram models was made. Based on the studies the optimal theoretical model for the geostatistical prediction of quality indicators in Veliko-Hadomynetsky deposit was identified. A plane criteria for choosing the optimal theoretical variogram model was proposed. The influence of exploration degree to the variogram modelling was researched. The boundaries of the calculation deposit reserves for kaolin grade "KES-35" according to the operational exploration and the consolidated results were determined. It was proved that the accuracy of the reserves calculation of Veliko-Hadomynetsky deposit depends on the chosen of theoretical variogram model and completeness of the initial data, the coefficient of variation of anisotropy and spatial orientation.

Key words: variogram analysis, geostatistical reserves calculation, primary kaolin, anisotropy.

REFERENCES

1. Materon, Zh. (2009), *Osnovy prykladnoi heostatystyky* [Fundamentals of Applied geostatistics], UKY.
2. Kaputyn, Iu.E. (2007), *Modelyrovanye mestorozhdeniy y otsenka myneralnykh resursov s yspolzovanyem studyy 3* [Deposit modeling and evaluation of mineral resources using studio 3], Sankt-Peterburh, Russia.

3. ArcGIS Resources (2014), Vypolnenye proverky y perekrestnoi proverky, available at <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#/00310000059000000>, (accessed January 15, 2015).

4. Savelev, A.A. (2012), *Heostatystycheskiy analiz dannykh v ekolohyy y pryrodopolzovanyy (s prymenenyem paketa R): Uchebnoe posobyе* [Geostatistical data analysis in ecology and

environmental management (using the package R): Textbook], Kazanskyi unyversytet, Kazan, Russia.

5. Tolkach, O.M., Sobolevskyi, R.V. (2011), "Study of optimal interpolation method based on geological data based on Surfer software", *Visnyk ZhDTU*, no. 1/2011 (56), pp.135–141.

6. Diubrul, O.Y. (2002), *Ispolzovanye heostatystyky dlia vklucheniya v heolohyeshkuiu model dannykh* [The use of geostatistics for inclusion in the geological data model], Yzd-vo SEG, EAGE, Moscow, Russia.

7. Goovaerts, P. (1998), "Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties", *Springer-Verlag*, pp. 315–334.

8. Vashchuk, O.M., Sobolevskyi, R.V. (2014), "Justification variogram optimal model for mapping the spatial variability of quality indicators Veliko Hadomynetskoho deposits of primary kaolin", *Mizhnarodnyi naukovyi seminar «Perspektyvy rozvytku*

hirnychoi spravy i pidzemnoho budivnytstva» v NTUU «Kyivskiy politekhnichnyi instytut» v ramkakh VI mizhnarodnoi konferentsii «Enerhetyka, ekolohiia, liudyna», 22–24 travnia 2014 r, Kyiv, Ukraine.

9. Deraysme, J., Fouquet, C. (1996), "The geostatistical approach for reserves", *Article published in Mining Magazine*, May, 6 p.

10. Sobolevskyi, R.V., Vashchuk, O.M. (2014), "Geostatistical calculation of Veliko Hadomynetskoho deposits of primary kaolin given varietal differentiation", *Visnyk ZhDTU*, no. 1 (68), pp. 124–133.

11. Sonkyn, L.S. (1977), *Otchet o heolohorazvedochnykh robotakh, provedennykh v 1970–1977 hh. na Velyko-Hadomynetskom mestorozhdeny perychnykh kaolynov* [Report on exploration work carried out in the 1970–1977 on Veliko Gadominetskiy field of primary kaolin], Kyrovheolohiya, Kyev, USSR.

Стаття надійшла 29.01.2015.