

8. Летников Ф.А., Дорогокупец П.И. К вопросу о роли суперглубинных флюидных систем земного ядра в эндогенных геологических процессах // Докл. РАН. — 2001. — Т. 378. — № 4. — С. 535–537.
9. Шашорин Б.Н. Глубинные «очаги» разуплотнения в плитном сценарии алтаид / Общие вопросы тектоники. Тектоника России: Матер. XXXIII Тектонического совещания. — М.: ГЕОС, 2000. — С. 593–596.
10. Шашорин Б.Н. Палеогеодинамические факторы эндогенного уранового рудообразования: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. — М.: ФГУП «ВИМС», 2004.
11. Шашорин Б.Н. Глубинная тектоника западного и восточного секторов Центральной Азии и закономерности размещения полезных ископаемых (W, Sn, Au, U) / Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых: Матер. XXXVIII Тектонического совещания. — М.: ГЕОС, 2005. — Том 2. — С. 351–358.
12. Шашорин Б.Н. О глубинных факторах минерагенического контроля на Сибирской древней платформе // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 3. — С. 28–34.

© Данковцев Р.Ф., Шашорин Б.Н., Выдрич Д.Е., 2015

Данковцев Рафаэль Федорович // vims@df.ru
Шашорин Борис Николаевич // shashorin.boris.@yandex.ru
Выдрич Денис Евгеньевич // devrich@mail.ru

УДК 553.048 (477.65)

**Перков Е.С. (Национальный горный университет,
г. Днепрпетровск, Украина)**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ ПРИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ НА ЭКЗО- ГЕННЫЕ РУДЫ ХРОМА СРЕДНЕГО ПОБУЖЬЯ

*Выполнен расчет статистических параметров запасов экзогенных руд хрома из никеленосных кор выветривания Среднего Побужья Украинского щита. Впервые для месторождений экзогенных хромитовых руд Украины обоснована плотность разведочной сети и показаны изменения количественных характеристик запасов руд с учетом неоднородности морфологии рудных залежей, изменчивости их содержаний и мощности. **Ключевые слова:** экзогенные хромитовые руды, коры выветривания, запасы руд, статистический анализ, плотность сети.*

Perkov E.S. (National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine)
THE STUDY OF THE DENSITY NETWORK BY PROSPECTING AND EXPLORATION WORK ON THE EXOGENOUS CHROME ORE IN MIDDLE BUG AREA

*The statistical parameters of exogenous reserves of chrome ore from nickel-bearing weathering crust of the Middle Bug area of Ukrainian shield have been calculated. Density of exploration network is substantiated and the quantitative characteristics of ore reserves is showed for the first time for exogenous deposits of chrome ore in Ukraine that accounts the heterogeneity of morphology of ore deposits and the variability of their contents and thickness. **Key words:** exogenous chrome ore, weathering crusts, ore reserve, mineral statistical analysis, exploration network.*

Мировой спрос на феррохромные сплавы на фоне дефицита качественных хромитовых руд привел к пересмотру требований к качеству сырья и хромитовых концентратов в сторону снижения содержания Cr_2O_3 . Это способствовало разработке новых технологических решений получения углеродистых феррохромов из низ-

кокачественных хромитовых руд с содержанием Cr_2O_3 не более 32 %. С 2000-х годов на ряде украинских предприятий были разработаны технологии производства низкоуглеродистого феррохрома из ранее некондиционных хромитовых руд месторождений Капитановское и Липовеньки (Среднее Побужье), среднее содержание Cr_2O_3 на которых составляет 29 % [7]. В результате промышленных испытаний была доказана пригодность Побужских руд для получения низкоуглеродистых феррохромов и термостойких сплавов [2].

В пределах никеленосных кор выветривания гипербазитовой формации Побужского района промышленные скопления хромшпинелидов совместно с силикатно-никелевыми залежами образуют единую рудоносную толщу мощностью от 1 до 23 м [9]. Однако легкодоступные залежи хромитовых руд в корях выветривания практически не изучены. К настоящему времени в украинской практике геологоразведочных работ не существует нормативных рекомендаций по плотности поисково-разведочной сети на экзогенное хромитовое оруденение. Применявшиеся ранее поисково-разведочные методики на силикатный никель с использованием комплекса геолого-геофизических исследований не позволяют однозначно определить морфологию, изменение качественных показателей и в целом условия залегания и распространения хромитовых руд. Поэтому цель данной работы — на примере Восточно- и Западно-Липовеньковского месторождений обосновать оптимальный вариант плотности поисково-разведочной сети для изучения экзогенного хромитового оруденения из кор выветривания ультрабазитов Среднего Побужья Украинского щита.

Методика исследований. Обоснование оптимальной плотности разведочной сети хромитовых руд в корях выветривания выполнено на основе расчетов статистических параметров содержания хрома, мощности и количества запасов по аналитическому методу и по методу разрежения сети [4, 5]. Размер разведочной ячейки определен расчетным путем методом стационарной случайной функции и способом графиков вариограмм [1]. Эталонным объектом при расчетах оптимальной плотности разведочной сети являлось Западно-Липовеньковское месторождение, на котором попутно с силикатно-никелевыми рудами отработаны плащеобразные залежи хромитовых руд и которое покрыто скважинами эксплуатационной разведки по сети 10×10 м.

За основу количественных показателей сложности строения рудных тел были приняты статистические величины — коэффициент сложности геологического строения V_g , рудоносности V_0 , коэффициенты вариации по мощности V_m и содержанию V_c хрома (Cr_2O_3) при различной плотности разведочной сети. Рекомендуемые ГКЗ Украины (ГКЗУ) допустимые значения V_m и V_c для коренных месторождений хрома 2-й группы составляют 40–100 % [3]. Принятое в расчетах бортовое содержание Cr_2O_3 5 % и минимальная промышленная мощность 0,5 м обусловлены положительными результатами существующей технологии добычи и обогащения хромитовых руд из никеленосных кор выветривания Западно-Липовеньковского и Школьного месторождений [8].

Результаты исследований. Преобладающая плащеобразная (псевдоплащеобразная) морфология залегания рудных тел с площадной зональностью выклинивания мощностей и уменьшения содержаний к периферии рудного тела (ореол рассеивания) позволяет использовать показатели анизотропии [4, 5]. В пределах всей рудной зоны Западно-Липовеньковского месторождения установлена близкая изменчивость параметров руд как по падению, так и по простиранию с показателями анизотропии формы 1,5, содержания Cr_2O_3 — 0,8 и мощности — 0,71. Для Восточно-Липовеньковского массива расчетная анизотропия формы составляет 1,6, содержания Cr_2O_3 — 0,73, мощности — 1,45. Близость значений статистических параметров на двух месторождениях указывает на схожесть строения их рудной толщи и подтверждает возможность применения квадратной разведочной сети. Показатели анизотропии формы значительно возрастают до 2,8 и более в зонах, где морфология залежей хромитовых руд наследует эрозионные формы палеорельефа (линейно вытянутый тип залежей).

Расчетные статистические параметры V_0 и V_m возрастают с увеличением расстояния между скважинами, при этом значения V_g и V_c уменьшаются (табл. 1). Это свидетельствует о резком переходе между плащеобразным и линейно вытянутым морфогенетическим типом залежей, которые характеризуются различными качественно-количественными показателями руд [9].

Для определения оптимального количества скважин с целью получения достоверных данных разведки изучаемого объекта выполнен аналитический расчет (табл. 2). Для этого была использована взаимосвязь между характеристиками разведочной сети и показателями свойств объектов. Выборочные данные мощностей и содержаний по результатам разведки части месторождения являются представительными для остальной слабоизученной площади месторождения или аналогичного объекта [5, 6]. Степень изменчивости свойств полезного компонента выражалась через коэффициент вариации при принятой доверительной вероятности 0,68, т.е. $t = 1$ [4].

Сравнение расчетных параметров погрешностей среднего содержания и мощностей хромитовых руд двух месторождений показывает схожие значения. Большая погрешность определена для значений мощности по сети 40×40 м Западно-Липовеньковского месторождения, что допустимо для запасов кат. C_2 и ниже. Максимальная погрешность оценки может быть принята как граничный показатель для сети 40×40 м, превышение которого на аналогичных месторождениях при такой же плотности сети будет свидетельствовать о недостоверности полученных данных. Более высокая достоверность требует либо сгущения сети скважин, либо перехода на прямоугольные или ромбические

Таблица 1
Расчетные статистические параметры сложности месторождений хромитовых руд из кор выветривания Западно-Липовеньковского (I) и Восточно-Липовеньковского (II) месторождений

Расчетные параметры	I			II	
	Плотность разведочной сети, м				
	10×10	20×20	40×40	20×40	50×50
V_0	0,50	0,77	0,91	0,80	0,86
V_g	0,75	0,38	0,19	0,76	0,65
V_m	0,88	0,92	1,27	0,77	0,91
V_c	0,56	0,53	0,53	0,61	0,55

разведочные сети, которые применяются на россыпных месторождениях, либо комбинирования сетей разной формы и густоты скважин — в зависимости от стадийности геологоразведочных работ.

Обоснование плотности разведочной сети методом стационарной случайной функции базируется на вычислении корреляционных характеристик этой функции [5]. Исходными данными являются результаты опробования скважин, пробуренных в контурах подсчета запасов двух месторождений. Для определения наибольших изменений показателей произведено вычисление коэффициентов парной корреляции для мощности и содержания, рассчитанных по простиранию и падению залежей. Вычисление коэффициента корреляции $r(h)$ начинается с наименьшего шага h , с сети 10×10 м. По мере увеличения шага h коэффициент корреляции r должен убывать, при некотором значении h значение r достигает 0 и корреляция между значениями исчезает [4, 5]. Шаг наблюдений, при котором коэффициент корреляции $r(h)$ между значениями мощности и содержания исчезает, характеризует оптимальное расстояние между скважинами. Проверка отличия значения коэффициента корреляции $r(h)$ от нуля основана на применении неравенства $r(h) > 2\delta_r$, вычисленного по формуле

$$\delta_r = \frac{1-r(h)^2}{\sqrt{n}}$$

где δ — среднеквадратическое отклонение параметра; n — количество наблюдений.

Установлено, что независимо от принятой плотности сети на месторождениях содержание и мощность руд являются независимыми случайными величинами

Таблица 2
Расчетные параметры разведочной сети Западно-Липовеньковского (I) и Восточно-Липовеньковского (II) месторождений

Расчетные параметры		I			II	
		Плотность разведочной сети, м				
		10×10	20×20	40×40	20×40	50×50
Точность оценки P , %	по содержанию	6,5	9,6	11,5	8,5	11,8
	по мощности	10,4	15,2	26	12,5	19,7
Расчетный размер ячейки, м	по содержанию	9×7,3	13,3×10,6	18,6×14,9	28,2×20,6	39,5×28,8
	по мощности	9×7,2	23,7×16,8	29,5×20,9	19,9×28,9	27,9×40,6
Расчетное число скважин, шт.		72	37	24	43	22

(табл. 3). Размещение скважин в пространстве не имеет значения, а их количество будет зависеть от заданной погрешности P при определении признака и от допустимого превышения этого значения погрешности — от доверительной вероятности t . Мерой изменчивости таких независимых величин служит коэффициент вариации (табл. 1).

Превышение расчетных коэффициентов по отношению к рекомендуемым указывает на некорректность выбранной плотности сети, не обеспечивающей необходимой достоверности разведочных данных.

Расчеты по методу последовательного разрежения сети (серия сопоставлений значений среднего содержа-

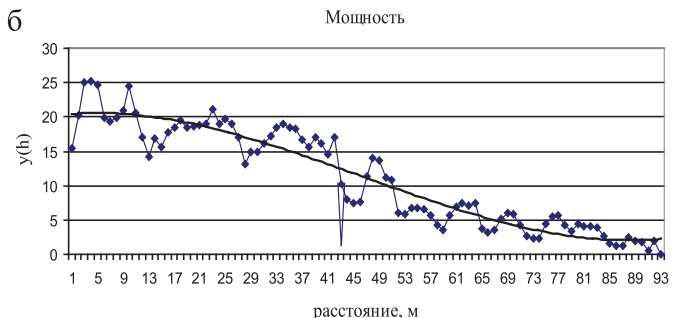
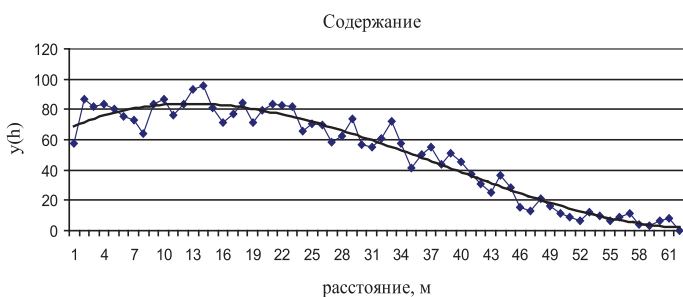
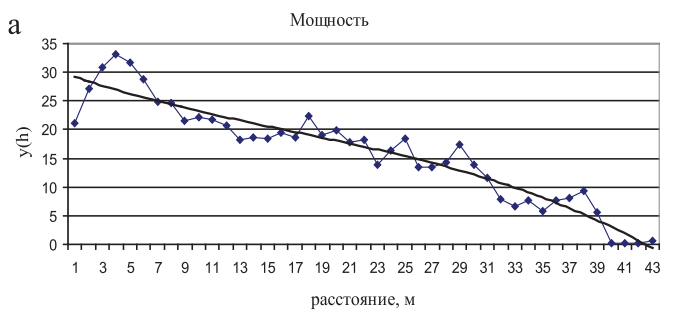
ния Cr_2O_3 , мощности и запасов руд, вычисленных по буровым сетям различной плотности с эталонной сетью 10×10 м) показали, что для Западно-Липовеньковского месторождения отклонения среднего содержания и мощности по сети 40×40 и 50×50 м от эталонных значений не превышают рекомендованных инструкцией ГКЗУ 5 % (табл. 4). Превышения отклонения по мощности руд для сети 20×20 м являются близкими к нормативным. Значительный прирост запасов руд по сети 40×40 м по сравнению с эталоном увязывается с возросшей площадью залежи, где ее контуры зависят от расстояний интерполяции и экстраполяции. Превышения нормативных показателей по мощности для Восточно-

Таблица 3
Расчетные коэффициенты корреляции для содержания и мощности хромитовых руд Западно-Липовеньковского (I) и Восточно-Липовеньковского (II) месторождений

Статистический параметр	I			II	
	Плотность разведочной сети, м				
	10×10	20×20	40×40	20×40	50×50
<i>r</i> содержания по простиранию залежи					
<i>r</i> (<i>h</i>)	0,34	0,18	-0,34	-0,1	0,1
2δ <i>r</i>	0,52	0,6	0,52	0,28	0,42
<i>r</i> содержания по падению залежи					
<i>r</i> (<i>h</i>)	0,54	0,39	0,11	0,1	0,44
2δ <i>r</i>	0,58	0,68	0,12	0,11	0,56
<i>r</i> мощности по простиранию залежи					
<i>r</i> (<i>h</i>)	-0,45	0,2	-0,25	0,30	0,23
2δ <i>r</i>	0,48	0,6	0,56	0,28	0,4
<i>r</i> мощности по падению залежи					
<i>r</i> (<i>h</i>)	-0,33	0,55	—	—	-0,1
2δ <i>r</i>	0,52	0,56	—	—	0,7

Таблица 4
Изменение содержания, мощности и запасов в зависимости от плотности разведочной сети Западно-Липовеньковского (I) и Восточно-Липовеньковского (II) месторождений

Расчетные параметры	I			II	
	Плотность разведочной сети, м				
	10×10	20×20	40×40	20×40	50×50
Средняя мощность, м	4,61	4,37	4,82	7,3	6,75
Отклонение мощности, %	—	-5,2	+4,5	—	-7,5
Среднее содержание, %	19,45	17,96	20,35	16,6	16,1
Отклонение содержания, %	—	-7,6	+4,6	—	-3
Площадь залежи, м ²	3730	3895	5780	24 900	28 400
Запасы руды, тыс. т	50,977	53,410	61,352	531,075	557,847
Отклонение запасов, %	—	+4,55	+16,9	—	+4,79



Вариограммы содержания и мощности для Восточно-Липовеньковского (а) и Западно-Липовеньковского (б) месторождений хромитовых руд

Липовеньковского массива по сети 50×50 м обусловлено изменением морфологии рудных тел, что вызвано характером эрозионного расчленения поверхности коры выветривания, изменяющегося в широких пределах на небольшой площади.

Данные сравнения по методу разрежения сети свидетельствуют об оптимальной плотности разведочных скважин не более 50×50 м. Полученные данные разведки обеспечивают допустимые отклонения параметров и позволяют надежно выделять блоки подсчета запасов не ниже кат. С₁. Сеть 50×50 м является граничной для применения на участках и месторождениях Побужья.

По совокупности данных разведки двух месторождений построены вариограммы, которые позволяют наметить оптимальную плотность разведочной сети (рисунок). Полученные графики отражают зависимость показателя вариации $y(h)$ от шага наблюдений. Так, по В.М. Крейтеру [6] значения вариации $y(h)$ для проб, отобранных на расстоянии друг от друга 10 м, соответствует очень неравномерному характеру распределения значений. На рисунке прослеживается анизотропия изменчивости содержания и мощности в рудных залежах. По мере увеличения шага наблюдений показатель вариации снижается. Для Восточно-Липовеньковского месторождения пилообразный характер кривой вариабельности по содержанию указывает на более сильную вариацию значений. Кривые вариации мощности двух месторождений являются сходными, но при этом плотность сети скважин отличается в среднем на 20 м.

Плотное расположение скважин по площади дает высокие значения диапазонов параметров оруденения. Уменьшение вариабельности значений достигается меньшим количеством скважин, что не обеспечивает требуемой достоверности данных разведки. Для получения достаточно достоверного объема данных при минимальном количестве скважин необходимый интервал вариабельности можно принять аналогично сети для коренных руд 50×50, 50×40 м, вариабельность которой не превышает 100 %.

Выводы

Наиболее оптимальной сетью при детальной разведке является сеть скважин 40×40 м со сгущением на отдельных участках до 40×20 м, что обеспечивает достоверность полученных разведочных данных для подсчета запасов категории не ниже С₁. Приемлемой сетью при поисково-оценочных работах на потенциально перспективных участках представляется сеть 100×50 м, позволяющая выделить общие контуры залежей, определить средние мощности и содержания, необходимые для подсчета ресурсов, получить общие характеристики месторождения и составить ТЭД.

Сокращение расходов на геологоразведочные работы за счет оптимизации плотности поисково-разведочных сетей может достигать 10 %. Полученные результаты являются основой для разработки рекомендаций по геометризации рудных тел и подсчету запасов нового геолого-промышленного типа хромитовых руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин В.В. Технические средства и методика разведки месторождений полезных ископаемых. — М.: Изд-во МГУ. — 1994.

2. Гриншпун В.О. Металлургические свойства хромитовых руд Побужья и разработка рациональных режимов получения высокоуглеродистого феррохрома: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.16.02. — Днепропетровск, 2006.

3. Инструкция по применению классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых государственного фонда недр к месторождениям руд черных металлов (железа, марганца и хрома): №155 от 18.10.2002. — Киев: ГРИФРЕ, Министерство экологии и природных ресурсов Украины, 2002.

4. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых. — М.: Недра, 1979.

5. Каждан А.Б. Методологические основы разведки полезных ископаемых. — М.: Недра, 1974.

6. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. — М.: Недра, 1964.

7. *Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины*. Т. 1: Металлические полезные ископаемые / Д.С. Гурский, К.Е. Есепчук и др. — Киев: Центр Европы, 2005.

8. Патент № 90336 (Украина), МПК В03В 9/06: Способ обогащения бедных хромитовых руд / С.Е. Поповченко и др. — Заявл. 25.09.2009. Бюл. № 18. Оpubл. 26.04.2010. Бюл. № 8.

9. Перков Е.С., Поповченко С.Е. Морфологические особенности хромитовой минерализации в корях выветривания ультрабазитов Среднего Побужья // Научный вестник НГУ. — 2010. — № 9–10. — С. 9–14.

© Перков Е.С., 2014

Перков Евгений Сергеевич // perkov84@mail.ru

УДК: 553.61(679)+549.623.9

Егоров А.Ю. (ФГУНПП «Аэрогеология»)

ГАЛЛУАЗИТ: СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ДОБЫЧИ В РОССИИ

*Рассмотрены состав, структура и свойства галлуазита, показаны основные области его применения, приведены примеры двух основных зарубежных и двух российских месторождений. Сделаны выводы о перспективности освоения месторождений этого вида сырья в России. **Ключевые слова:** галлуазит, нанотрубки, медицина, полимерные покрытия, месторождение.*

Egorov A.Yu. (Aerogeologiya)

HALLOYSITE: MODERN USE AND POSSIBILITIES OF MINING IN RUSSIA

*Halloysite composition, structure and properties are described in the paper. Main areas of use are discussed as well. Two foreign and two Russian deposits are given as examples. It is drawn the conclusion about availability of such type of raw materials developing in Russia. **Key words:** halloysite, nanotubes, medicine, polymer coating, deposit.*

Галлуазит был открыт в XVIII в. и назван в честь О. d’Halloy, первым проанализировавшего этот минерал. Первоначально галлуазит использовался только в керамической промышленности для изготовления высококачественного фарфора. Однако после выявления его трубчатой структуры и развития нанотехнологий сфера применения этого минерала значительно расширилась и с каждым годом расширяется все больше [1–14].

Состав, структура и свойства галлуазита

Галлуазит встречается в природе в виде гидратированного минерала, состоящего из свернутых в рулоны алюмосиликатных листов. Идеальная формула галлуа-