

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ СОПРОВОЖДАЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГИПСА (НА ПРИМЕРЕ СОКОЛИНО-САРКАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

К.О. Худеньких

ООО «Ергач», п. Ергач, Пермский край, Россия, e-mail: ms002@ergach0.ru

Аннотация: Представлена схема сопровождающей эксплуатационной разведки, применяемая на Соколино-Саркаевском месторождении гипса и ангидрита. В рамках схемы рассмотрен метод построения гипсометрических планов кровли гипса в границах взрывных блоков. Суть метода заключается в определении содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в шлам буровзрывных скважин, для каждой из них вычисляются отметки кровли гипса, на основании чего отстраивается гипсометрический план кровли гипсовой толщи в пределах взрывного блока, являющийся основой для определения количества гипса в блоке, а также дешифрирования погребенных карстовых воронок. Удовлетворительное применение метода иллюстрируется результатами сравнительного анализа подсчета количества гипса рассматриваемым методом с данными оперативного учета. Сделан вывод, что представленная схема сопровождающей эксплуатационной разведки универсальна и может успешно применяться на всех месторождениях, разрабатываемых открытым способом, где ведется добыча одного полезного ископаемого, качество которого определяется одним-двумя параметрами.

Ключевые слова: сопровождающая эксплуатационная разведка, метод, шлам буровзрывных скважин, определение содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, гипсометрический план, взрывной блок, количество гипса.

Для цитирования: Худеньких К. О. Методические основы проведения сопровождающей эксплуатационной разведки на месторождениях гипса (на примере Соколино-Саркаевского месторождения) // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 1. – С. 90–101. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-90-101.

A framework guideline for accompanying operational exploration in gypsum mines (a case study of the Sokolino-Sarkaevsk deposit)

K.O. Khudenkikh

«Ergach» Ltd., Ergach, Perm region, Russia, e-mail: ms002@ergach0.ru

Abstract: Within the framework of the accompanying operational exploration flow chart used at the Sokolino-Sarkaevsk gypsum and anhydrite deposit, the article discusses plotting of hypsometric curves for gypsum roof in blast blocks. In this method, the content of in fine material from blast holes is determined, elevations of gypsum roof are obtained in each blast hole, and

the related hypsometric map of the gypsum roof in the limits of a blast block is plotted. This map serves for determining amount of gypsum in a block and for detecting buried karst sink-holes. Satisfactory results of the method are proved by the comparative analysis of the amounts of gypsum from this method application and from the operational inventory. It is concluded that the presented accompanying operational exploration flow chart is multi-functional and applicable to all deposits under open pit mining, with mineral quality estimable with one-two parameters.

Key words: accompanying operational exploration flow chart, method, fine material of blast holes, determination of content, hypsometric curve, blast block, amount of gypsum.

For citation: Khudenkikh K. O. A framework guideline for accompanying operational exploration in gypsum mines (a case study of the Sokolino-Sarkaevsk deposit). *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(1):90-101. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-90-101.

Введение

Соколино-Саркаевское месторождение гипса и ангидрита находится в Кунгурском районе Пермского края в 2,5 км от железнодорожной станции Ергач, разрабатывается Обществом с ограниченной ответственностью «Ергач» (ООО «Ергач»).

Месторождение расположено на восточной окраине Русской платформы в пределах Веслянской валлообразной зоны Башкирского свода. Соколино-Саркаевское месторождение, как и в основном все месторождения строительного гипса, осадочного происхождения эпигенетического типа. Образование гипса здесь произошло путем первоначального отложения безводного сульфата кальция (CaSO_4 — ангидрита) с последующей его гидратацией при воздействии грунтовых вод. Существенное влияние на образование гипсовой толщи оказали тектонические явления, карстовые процессы и выветривание. Переход ангидрита в гипс начался на границе неогена и четвертичного периода и наиболее интенсивно протекал в четвертичный период.

Соколино-Саркаевское месторождение представлено тремя участками — «Саркаевским», «Казаевским» и «Гора Соколиная» — и тянется в виде узкой

полосы шириной 150–500 м вдоль левого коренного берега р. Бабки. Протяженность участков составляет: «Саркаевского» — 1,9 км, «Казаевского» — 0,6 км, «Гора Соколиная» — 3,0 км. В настоящее время разрабатывается участок «Саркаевский» одноименным карьером.

В геологическом строении месторождения принимают участие отложения соликамского горизонта и карбонатно-сульфатные отложения лунежской пачки иренского горизонта кунгурского яруса нижнепермской системы. Породы лунежской пачки (полезная толща) распространены повсеместно, представлены в верхней части гипсами с прослоями доломитов, в нижней ангидритами. Залегание пород близкое к горизонтальному: азимут падения 340° , угол падения 1° .

Гипсовая толща залегает под мощным чехлом покрывающих отложений и имеет пластообразную форму: она в виде узкой полосы вытянута вдоль коренного берега р. Бабки и почти полностью выклинивается в сторону водораздела. Максимальная мощность гипсов на бровке коренного берега 39,0–43,5 м.

По содержанию $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ согласно ГОСТ 4013-82 [17] качество гипса

подразделяется на 4 сорта: IV сорт (70–80%), III сорт (80–90%), II сорт (90–95%) и I сорт (более 95%). Согласно последнему пересчету запасов, проведенному в 2014 г., качество гипса на Соколино-Саркаевском месторождении в основном соответствует III сорту. Качество (сорт) гипса напрямую зависит от количества примесей в нем. Основными загрязняющими компонентами являются MgO , SiO_2 , HO и CO_2 , в переводе на горные породы это карбонаты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, глины и суглинки [1–3].

В практике поисков, разведки и промышленного освоения месторождений существуют традиционно укоренившиеся методические и технологические стандарты, закрепленные в соответствующих методических документах. Однако для отдельных видов полезных ископаемых эти стандарты не являются оптимальными. Их использование без учета природной специфики объекта порождает проблемы, негативно влияющие на эффективность результатов работ [4]. Хотя это сказано применительно к месторождениям золота, для месторождений строительного гипса указанная проблема также является достаточно серьезной, что определяет актуальность данной статьи.

В соответствии с требованиями горного законодательства при освоении месторождения недропользователь обязан осуществлять эксплуатационную разведку, целью которой является своевременное получение достоверной информации, необходимой для оперативного планирования, безопасного и эффективного ведения горных работ [5]. Эксплуатационная разведка по целевому назначению разделяется на опережающую и сопровождающую. Опережающая призвана обеспечить достоверной геологической информацией текущее (годовое, квартальное, месячное) плани-

рование деятельности горного предприятия. Сопровождающая эксплуатационная разведка проводится одновременно с добычными работами, и ее целевое назначение при открытой разработке месторождений заключается в обеспечении достоверной геологической информацией оперативного планирования добычи руд, их внутрикьерного усреднения, расчета потерь и разубоживания минерального сырья. По сути, это эксплуатационное опробование буровзрывных блоков [6, 7].

Сопровождающая эксплуатационная разведка при открытой добыче полезных ископаемых включает в себя опробование бурового шлама и проведение его анализа на содержание полезного компонента. В целом это простая система оперативного контроля качества минерального сырья, улучшающая процесс его добычи и переработки, которую важно организовать непосредственно на месте залегания в условиях открытого рудника [8].

Опробование шлама буровзрывных скважин активно используется и за рубежом. В частности, профессора Мичиганского университета Стефен Кеслер (Stephen E. Kesler) и Адам Саймон (Adam C. Simon) отмечают, что мелкие кусочки породы, называемые буровым шламом, дают подробную информацию о свойствах погребенных пород, что позволяет применять опробование шлама при разведке нефти и газа [9]. Свапан Холдар (Swapan Haldar) делает вывод, что опробование шлама буровзрывных скважин на взрывных блоках позволяет собирать и обновлять минералогическую информацию еженедельно, что является основой для краткосрочного планирования [10]. С.М. Ганди (S.M. Gandhi) и Б.К. Саркар (B.C. Sarkar) утверждают, что везде, где имеется сплошная залежь очень твердой руды, наилучшие результаты дает опробование шлама бу-

ровзрывных скважин [11]. Г.С. Рунвал (G.S. Roonwal) считает, что отбор и изучение шлама буровзрывных скважин, полученного в результате бурения, становятся полезным инструментом контроля сортности полезного ископаемого. В сочетании с химическим анализом это позволяет установить средний сорт руды в пределах взрывного блока непосредственно перед взрывом [12].

Таким образом, можно констатировать, что сопровождающая эксплуатационная разведка, заключающаяся в опробовании шлама буровзрывных скважин, активно используется как на отечественных горнодобывающих предприятиях, так и за рубежом при полном отсутствии хоть какой-то методической базы. Единственное, что было сделано в этом направлении, — это разработка методик опробования шлама буровзрывных скважин [12, 13].

Методы и описание

При сопровождающей эксплуатационной разведке любого месторождения, разрабатываемого открытым способом, в первую очередь определяется сеть, по которой будет производиться бурение взрывных скважин. Методов определения плотности сетей эксплуатационной разведки существует достаточно много, наиболее часто применяемые из них в полной мере охарактеризованы в работе Г.В. Лебедева [14], но для каждого месторождения параметры разведочной сети определяются индивидуально [15].

На Соколино-Саркаевском месторождении гипса и ангидрита сопровождающая эксплуатационная разведка включает в себя две основные цели: определение высотных отметок залегания кровли полезного ископаемого и оконтуривание погребенных карстовых воронок. При этом плотность сети буровзрывных скважин определяется проектами взрывных работ, которые преследуют цель

расположить взрывные скважины по такой схеме, чтобы при взрыве не было переизмельчения полезного ископаемого и чрезмерного выхода «негабарита». Обычно это сетка 3,5×3,5 м.

При определении плотности сети опробования учитывались следующие условия. Сеть опробования должна быть равномерной. Так как гипсовая толща месторождения сильно закарстована [16], ее поверхность осложнена многочисленными погребенными карстовыми воронками, имеющими различные размеры в поперечнике и глубину (подчас превышающую высоту добычного уступа), плотность сети опробования должна позволять с максимальной точностью оконтурить все погребенные карстовые воронки в кровле гипсовой толщи. Анизотропию изменчивости содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ во взрывном блоке невозможно определить до его опробования. Из сказанного следует, что опробоваться должна каждая буровзрывная скважина в пределах взрывного блока.

Пробы бурового шлама отбираются в процессе бурения или по его окончании (в зависимости от размеров взрывного блока и количества буровзрывных скважин). Отобранные на взрывном блоке пробы шлама доставляются в лабораторию ОТК, где подготавливаются к определению содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$. Подготовка проб и проведение испытаний по определению содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в буровом шламе производятся согласно ГОСТ 4013-82.

Помимо проб шлама после взрыва из взорванной массы отбираются пробы гипса и разубоживающих пород для проведения анализа на содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (в количестве не менее пяти проб). После того, как все подготовительные полевые и лабораторные работы проведены, наступает этап камеральной обработки данных, который можно рассматривать как метод состав-

Таблица 1

Исходные данные по содержанию $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ и проценту разубоживающих пород
Initial data on content of $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ and waste rock dilution percent

Показатель	Гипс	Разубоживающая порода
Содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, %	$\alpha_r = 93,74$	$\alpha_p = 41,20$
Процент разубоживающих пород	0	100

ления гипсометрического плана кровли гипса во взрывном блоке.

Кратко суть метода заключается в следующем. По данным определения содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в шламе для каждой буровзрывной скважины вычисляются отметки кровли гипса, на основании которых отстраивается гипсометрический план кровли гипсовой толщи в пределах взрывного блока. Этот план является основой для определения объема гипса во взрывном блоке.

Рассмотрим предлагаемый метод детально и поэтапно.

Этап 1. Вычисление отметок кровли гипса по данным определения содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в шламе буровзрывных скважин

Условно примем, что в чистом гипсе (содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ более 90%) процент разубоживающих пород равен 0,

а в самих разубоживающих породах — 100%. Обозначим среднее арифметическое содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в чистом гипсе α_r , а в разубоживающей породе — α_p . По результатам опробования гипса и разубоживающих пород из взорванной массы имеем следующие значения α_r и α_p : $\alpha_r = 93,74\%$, $\alpha_p = 41,20\%$. Сведем все исходные данные в таблицу (табл. 1).

По данным табл. 1 в программе MS Excel создается график зависимости содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ от процента разубоживающих пород (вид диаграммы: точечная с прямыми отрезками), на который добавляется линия тренда с уравнением (рис. 1).

Выведенная на рис. 1 формула зависимости содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ от процента разубоживающих пород должна быть преобразована в следующий вид:

$$x_i = \frac{93,74 - \alpha_i}{0,5254}, \quad (1),$$

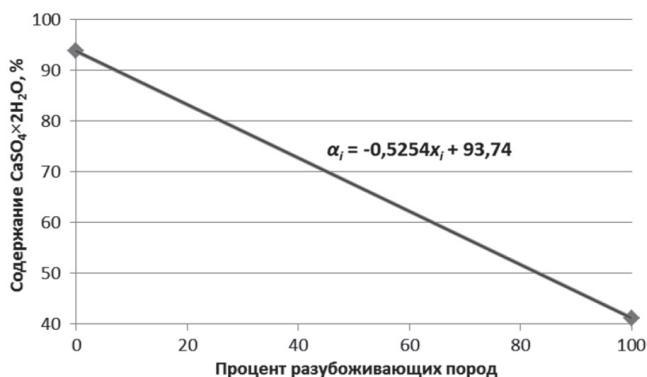


Рис. 1. График зависимости содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ от процента разубоживающих пород с выводом уравнения зависимости

Fig. 1. Graph of dependence between a $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ content and percent of diligent rocks with equation this dependency

Таблица 2

Вычисление высотных отметок кровли гипса в буровзрывных скважинах
Calculation of gypsum roof elevations in blast holes

№ скважины	H_{iy} , м	h_i , м	α_i , %	x_i , %	M_{ip} , м	H_{ir} , м
1	163,0	13,0	83,96	18,6	2,4	160,6
2	163,1	13,1	85,54	15,6	2,0	161,1
3	163,3	13,3	85,34	16,0	2,1	161,2
4	163,6	13,6	53,04	77,5	10,5	153,1
...
21	163,6	13,6	75,36	35,0	4,8	158,8
22	164,4	14,4	91,13	0,0	0,0	164,4
23	164,8	14,8	89,84	7,4	1,1	163,7
24	164,4	14,4	85,97	14,8	2,1	162,3
...
44	162,9	12,9	7,02	100,0	12,9	150,0
45	163,3	13,3	13,09	100,0	13,3	150,0
46	163,7	13,7	19,02	100,0	13,7	150,0
47	163,9	13,9	28,62	100,0	13,9	150,0

где x_i — процент разубоживающих пород в пробах бурового шлама; α_i — содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в пробах бурового шлама.

По формуле (1) вычисляется процент разубоживающих пород в каждой буровзрывной скважине (x_i), для подстановки в качестве α_i используются данные лабораторных испытаний шлама на содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$. При указанном условии (в чистом гипсе (содержание $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ более 90%) процент разубоживающих пород равен 0, а в самих разубоживающих породах — 100%) принимается для скважин, в которых $\alpha_i \geq 90\%$, x_i равно 0%; для скважин, где $\alpha_i \leq 41,20\%$ (табл. 1), x_i равно 100%.

Далее высчитывается мощность разубоживающих пород (M_{ip}) в буровзрывных скважинах по формуле:

$$M_{ip} = \frac{h_i \cdot x_i}{100} \quad (2),$$

где h_i — глубина скважины.

На заключительном этапе расчета путем вычитания из значения абсолют-

ной отметки устья скважины (H_{iy}) значения мощности разубоживающих пород (M_{ip}) получим искомые значения абсолютных отметок кровли гипса (H_{ir}) в каждой скважине:

$$H_{ir} = H_{iy} - M_{ip} \quad (3).$$

Результаты

Пример вычисления высотных отметок кровли гипса представлен в табл. 2.

Этап 2. Построение гипсометрического плана кровли гипса в границах взрывного блока

После вычисления высотных отметок кровли гипса в буровзрывных скважинах в границах взрывного блока строится гипсометрический план кровли гипсовой толщи. Построить его можно одним из классических методов, однако на современном этапе развития технологического прогресса «ручные» методы применяются крайне редко. В настоящее время геологи используют мощ-

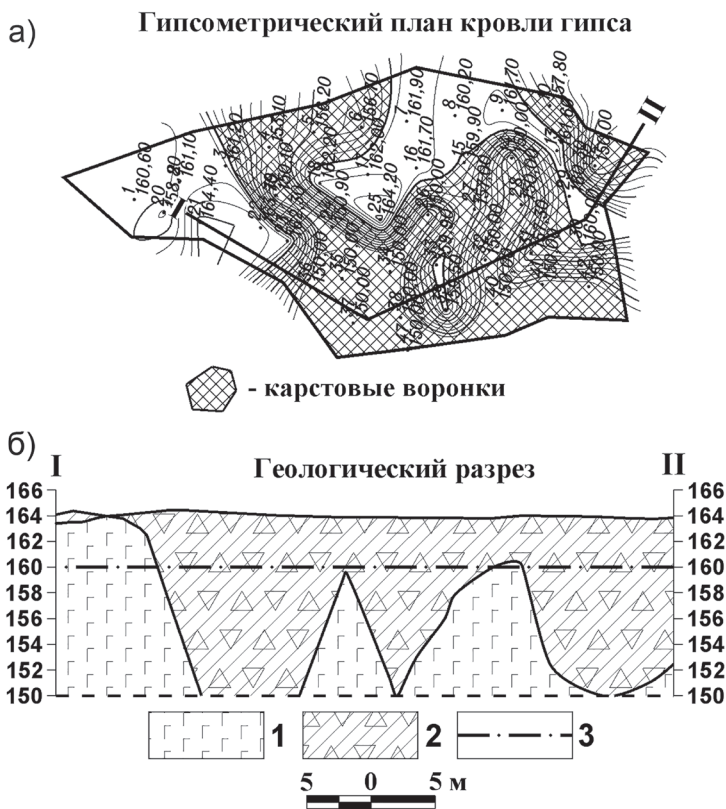


Рис. 2. Гипсометрический план кровли гипса в границах взрывного блока с оконтуренными погребенными карстовыми воронками (а); геологический разрез (б): 1 — гипс; 2 — обвално-карстовый материал; 3 — верхняя граница карстовых воронок

Fig. 2. Hypsometric plan of gypsum roof in borders of blast block and contoured cellar karst craters (a); geological cut (b): 1 — gypsum; 2 — fall-karst material; 3 — upper border of karst craters

ные ГИС-пакеты программ как зарубежного (ArcGIS, MapInfo), так и отечественного выпуска (Панорама). Для составления графической документации автор использует лицензионный программный комплекс CREDO III, разработанный в Белоруссии. В частности, для построения гипсометрических планов используется программа CREDO Топоплан, для вычисления объемов гипса — CREDO Объемы, для построения геологических разрезов — CREDO Геология.

Во всех, как отечественных, так и зарубежных ГИС-пакетах используется система слоев. В слой, содержащий вы-

сотные отметки кровли гипса, заносятся данные в пределах нового взрывного блока. Программа строит гипсометрический план кровли гипса, которая графически отображена изогипсами (рис. 2, а).

На следующей стадии второго этапа необходимо на построенном гипсометрическом плане кровли гипса оконтурить погребенные карстовые воронки. Это можно сделать двумя способами. При первом строится геологический разрез, пересекающий основные понижения гипсометрического плана (наименьшие отметки). На построенном разрезе верхняя граница воронок проводится по

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа**Results of comparative analysis**

Квартал/год	Количество гипса, посчитанное по составленным гипсометрическим планам, т	Количество гипса по оперативному учету, т	Разница («+» — добыли больше, чем посчитано, «-» — добыли меньше), т	Разница в абсолютных значениях, т
I / 2013	37 799	48 508	10 709	10 709
II / 2013	51 149	63 465	12 316	12 316
III / 2013	62 552	59 205	-3347	3347
IV / 2013	166 617	169 328	2711	2711
I / 2014	31 456	36 501	5045	5045
II / 2014	46 614	57 999	11 385	11 385
III / 2014	86 913	83 296	-3617	3617
IV / 2014	53 840	55 124	1284	1284
I / 2015	38 068	48 044	9976	9976
II / 2015	91 589	112 524	20 935	20 935
III / 2015	93 016	86 251	-6765	6765
IV / 2015	76 558	44 277	-32 281	32 281
I / 2016	58 984	42 062	-16 922	16 922
II / 2016	59 390	75 396	16 006	16 006
III / 2016	52 856	56 399	3543	3543
IV / 2016	52 562	43 537	-9025	9025
I / 2017	53 558	43 024	-10 534	10 534
II / 2017	105 710	98 640	-7070	7070
III / 2017	92 736	92 876	140	140
IV / 2017	35 708	35 329	-379	379
I / 2018	43 925	57 021	13 096	13 096
II / 2018	75 902	80 952	5050	5050
III / 2018	90 154	100 318	10 164	10 164
IV / 2018	47 268	61 036	13 768	13 768
I / 2019	30 802	35 785	4983	4983
II / 2019	75 847	77 166	1319	1319
III / 2019	92 608	86 197	-6411	6411
Всего	1 804 181	1 850 260	46 079	46 079

большинству вершин гипсовых целиков (на представленном примере, рис. 2, б, это отметка +160 м, проведенная по двум вершинам гипсовых целиков).

Второй способ заключается в определении верхнего края воронок математическими методами. Вначале вычисляется разница между максимальной и минимальной отметками ($164 - 150 = 14$ м, рис. 2, а). Полученное значение делится пополам, и результат прибавляется к минимальной отметке ($14/2 + 150 = 157$ м). Минимальная отметка верхней границы воронок — 157 м, максимальная — 164 м. Для вычисления оптимальной отметки необходимо определить среднее значение всех отметок, попадающих в диапазон 157–164 м в границах взрывного блока. Для приведенного примера это значение 160,3 м или 160 м при округлении.

После определения отметки верхнего края погребенных воронок последние оконтуриваются на гипсометрическом плане кровли гипса по отметке +160 м в пределах взрывного блока (рис. 2, а).

Построенный гипсометрический план в полной мере характеризует особенности геологического строения взрывного блока: в кровле гипса отчетливо выделяются погребенные карстовые воронки, что позволяет запланировать добычные работы таким образом, чтобы максимально снизить потери и разубоживание.

Еще одним важным аспектом является то, что построенный гипсометрический план служит основой для определения объема гипса в границах взрывного блока. В представленном примере объем гипса составил 4062 м³ или 47% от общего объема взрывного блока.

Обсуждение результатов

Представленная схема сопровождающей эксплуатационной разведки ус-

пешно опробована и применяется на Соколино-Саркаевском месторождении гипса и ангидрита с 2013 г. по настоящее время.

Чтобы определить качество метода составления гипсометрических планов в границах взрывных блоков, был проведен сравнительный анализ по подсчету объемов гипса на отработанных участках горизонта +150 м карьера «Саркаевский» Соколино-Саркаевского месторождения гипса и ангидрита. Для сравнения взяты данные по подсчету объемов гипса предлагаемым методом и по оперативному учету, ведущемуся на Соколино-Саркаевском месторождении поквартально в период с 2013 г. по III квартал 2019 г. (табл. 3).

Повышенные значения разницы количества гипса, как положительные, так и отрицательные, можно объяснить следующим. Борты воронки, отстроженные компьютерной программой, в большинстве случаев не совпадают с реальными. В результате погребенные воронки, дешифрованные на гипсометрических планах, отличаются по размерам и объемам от вскрываемых в карьере при добыче. Также «за кадром» остаются участки, находящиеся между буровзрывными скважинами, на которых кровля гипса может залегать выше или ниже отрисованной компьютером. Все это в конечном итоге приводит к отрицательной или положительной разнице при оперативном учете.

Тем не менее, статистическая обработка полученных данных показала, что за пределы верхней границы доверительного интервала (13 099 т) попадают 5 значений из 27-ми или 18,5% (табл. 3, выделение цветом). Таким образом, можно сделать вывод, что результаты сравнительного анализа удовлетворительны, и представленный метод построения гипсометрических планов кровли гипса может применяться не

только на Соколино-Саркаевском месторождении, но на всех месторождениях строительного гипса со сходным геологическим строением и его особенностями, связанными с карстовыми явлениями и процессами.

Заключение

Представленная схема сопровождающей эксплуатационной разведки полностью оправдала свое внедрение в разработку Соколино-Саркаевского месторождения гипса и ангидрита. При использовании этой схемы выявление морфологических и морфометрических показателей заполненных карстовых форм значительно повысилось как в качественном, так и в количественном выражениях.

Данные, полученные при сопровождающей эксплуатационной разведке, основанной на определении содержания $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ в шламе буровзрывных скважин, позволяют разработать стратегию отработки участков взрывных блоков с выявленными заполненными карстовыми формами таким образом, что

это непременно приводит к максимальному снижению потерь и разубоживания гипса.

Проведенный сравнительный анализ результатов подсчета объемов гипса методом построения гипсометрических планов и по оперативному учету подтверждает работоспособность метода.

Таким образом, основным методом выявления пространственного положения различных типов карстовых форм и степени их влияния на качество гипсовой полезной толщи при освоении месторождений является сопровождающая эксплуатационная разведка, основанная на адаптированной к конкретным карстологическим условиям месторождения методике опробования шлама буровзрывных скважин.

Рассмотренная схема сопровождающей эксплуатационной разведки является универсальной, т.е. может быть применена ко всем месторождениям, разрабатываемым открытым способом, где ведется добыча одного полезного ископаемого, качество которого определяется одним-двумя параметрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худеньких К. О. Оценка качества гипса Соколино-Саркаевского месторождения и факторов, влияющих на его снижение / Материалы IX Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». — М.: Изд-во «Де Нова», 2018. — С. 218–225.
2. Семейкин А. О. Оценка качества гипсов и ангидритов участка Соколино-Саркаевского месторождения / Геология в развивающемся мире: сборник научных трудов. Т. 1. — Пермь, 2013. — С. 44–47.
3. Больц Е. В. Характеристика гипсового сырья Соколино-Саркаевского месторождения с применением метода синхронного термического (ДСК/ТГ) анализа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. — 2016. — № 16. — С. 42–45.
4. Филонюк В. А., Дубовская И. А. О некоторых причинах низкой эффективности геолого-методического обеспечения современных поисково-разведочных и эксплуатационных технологий в золотодобывающей отрасли // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН. — 2016. — № 3(56). — С. 29–43. DOI: 10.21285/0130-108X-2016-56-3-29-43.
5. Панфилов А. Л., Рогова Т. Б., Шаклеин С. В. Проектирование сети скважин эксплуатационной разведки вновь осваиваемых месторождений (на примере Новомосковского месторождения гипса) // Недропользование — XXI век. — 2016. — № 1(58). — С. 30–35.

6. Яницкий Е. Б., Дунаев В. А. Обоснование методики эксплуатационной разведки Ковдовского апатит-штаффелитового месторождения // Маркшейдерия и недропользование. — 2015. — № 3(77). — С. 51–55.

7. Пирожок П. И., Чадченко А. В., Орлов М. П., Моисеев И. Б., Кулбаков А. М. Доразведка и эксплуатационная разведка колчеданных месторождений: методика и результаты // Недропользование — XXI век. — 2009. — № 3. — С. 15–22.

8. Глушкова Т. А., Давыдов Ю. Б., Лефтон О. Л., Талалай А. Г. Ядерно-физическое опробование керна буровых скважин и шлама буровзрывных скважин в условиях открытого рудника // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2015. — № 3. — С. 156–163.

9. Kesler S. E., Simon A. C. Mineral resources, economics and the environment. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 434 p.

10. Haldar S. K. Mineral exploration: principles and applications. 2nd edition. Amsterdam: Elsevier Inc., 2018. 370 p.

11. Gandhi S. M., Sarkar B. C. Essentials of mineral exploration and evaluation. Amsterdam: Elsevier Inc., 2016. 406 p.

12. Roonwal G. S. Mineral exploration: practical application. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018. 301 p. DOI: 10.1007/978-981-10-5604-8.

13. Дунаев В. А., Яницкий Е. Б. Методика опробования шлама буровзрывных скважин при открытой разработке Ковдовского апатит-штаффелитового месторождения // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. — 2014. — № 1. — С. 30–35.

14. Лебедев Г. В. Методы определения параметров систем опробования // Вестник Пермского университета. Геология. — 2007. — № 4(9). — С. 76–90.

15. Яницкий Е. Б., Дунаев В. А. Обоснование рациональных параметров сети эксплуатационной разведки Ковдовского апатит-штаффелитового месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 10. — С. 118–131. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-118-131.

16. Худеньких К. О., Катаев В. Н. Карстовый морфогенез в приповерхностной зоне сульфатно-карбонатного массива Соколино-Саркаевского месторождения гипса и ангидрита // Вестник Пермского университета. Геология. — 2018. — № 2. — С. 171–176. DOI: 10.17072/psu.geol.17.2.171.

17. ГОСТ 4013-82. Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия. — М.: Госстрой СССР, 1982. **ГЛАВ**

REFERENCES

1. Khudenkikh K. O. Valuation of gypsum quality of Sokolino-Sarkaevsk field and factors exert influence on its reduction. *Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Povyshenie effektivnosti proizvodstva i primeneniya gipsovykh materialov i izdeliy»* [Materials of the IX International scientific and practical conference «Improving the efficiency of production and use of gypsum materials and products»], Moscow, Izd-vo «De Nova», 2018, pp. 218–225.

2. Semeykin A. O. Quality assessment gypsum and anhydrite Sokolino-Sarkaevsky's field section. *Geologiya v razvivayushchemsya mire: sbornik nauchnykh trudov* [Geology in the developing world: a collection of scientific papers]. Vol. 1. Perm, 2013, pp. 44–47.

3. Bol'ts E. V. Characteristics of raw gypsum Sokolino-Sarkaevskoe deposit using the method of simultaneous thermal (DSC/TG) analysis. *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. 2016, no 16, pp. 42–45.

4. Filonyuk V. A., Dubovskaya I. A. On some reasons of low efficiency of geological and methodological support of modern prospecting, exploration and operation technologies in gold industry. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektii nauk o Zemle RAEN*. 2016, no 3(56), pp. 29–43. DOI: 10.21285/0130-108X-2016-56-3-29-43. [In Russ].

5. Panfilov A. L., Rogova T. B., Shaklein S. V. Designing a network of wells operational exploration newly developed fields (for example, the Novomoskovsk deposit of gypsum). *Nedropol'zovanie – XXI vek*. 2016, no 1(58), pp. 30 – 35. [In Russ].
6. Yanitsky E. B., Dunaev V. A. Substantiation of Kovdor apatite-staffelite field operational exploration. *Marksheyderiya i nedropol'zovanie*. 2015, no 3(77), pp. 51 – 55. [In Russ].
7. Pirozhok P. I., Chadchenko A. V., Orlov M. P., Moiseev I. B., Kulbakov A. M. Additional and operational exploration of pirite deposits: methods, procedures and results. *Nedropol'zovanie – XXI vek*. 2009, no 3, pp. 15 – 22. [In Russ].
8. Glushkova T. A., Davydov Yu. B., Lefton O. L., Talalai A. G. Nuclear-physical testing of the core of boreholes and sludge of drilling and blasting wells in conditions of an open pit mine. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2015, no 3, pp. 156 – 163. [In Russ].
9. Kesler S. E., Simon A. C. *Mineral resources, economics and the environment*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 434 p.
10. Haldar S. K. *Mineral exploration: principles and applications*. 2nd edition. Amsterdam: Elsevier Inc., 2018. 370 p.
11. Gandhi S. M., Sarkar B. C. *Essentials of mineral exploration and evaluation*. Amsterdam: Elsevier Inc., 2016. 406 p.
12. Roonwal G. S. *Mineral exploration: practical application*. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018. 301 p. DOI: 10.1007/978-981-10-5604-8.
13. Dunaev V. A., Yanitsky E. B. Method of drilling and blasting wells testing at open development of Kovdovsk apatite-staffelite deposit. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka*. 2014, no 1, pp. 30 – 35. [In Russ].
14. Lebedev G. V. Methods of determine of parameters of systems take samples. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 2007, no 4(9), pp. 76 – 90. [In Russ].
15. Yanitsky E. B., Dunaev V. A. Evaluation of rational operational exploration net parameters for the Kovdor apatite-shtaffelite deposit. *MIB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no 10, pp. 118 – 131. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-10-0-118-131.
16. Khudenkikh K. O., Kataev V. N. Karst morphogenesis in the near-surface zone of the sulphate-carbonate massif of the Sokolino-Sarkaevskoe field of gypsum and anhydrite. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*. 2018, no 2, pp. 171 – 176. [In Russ]. DOI: 10.17072/psu.geol.17.2.171.
17. *Kamen' gipsovyy i gipsoangidritovyy dlya proizvodstva vyazhushchikh materialov. Tekhnicheskie usloviya. GOST 4013-82* [Gypsum/anhydrite stone for binding material production. Specifications. State Standart 4013-82], Moscow, Gosstroy SSSR, 1982.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Худеньких Константин Олегович – геолог, ООО «Ергач»,
e-mail: ms002@ergach0.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

K. O. Khudenkikh, Geologist, «Ergach» Ltd.,
617437, Ergach, Perm region, Russia, e-mail: ms002@ergach0.ru.

Получена редакцией 13.02.2020; получена после рецензии 23.03.2020; принята к печати 10.12.2020.
Received by the editors 13.02.2020; received after the review 23.03.2020; accepted for printing 10.12.2020.

