

# ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.635.1

## Метод построения гипсометрических планов кровли гипса в пределах взрывных блоков

К.О. Худеньких

ООО «Ергач»

617437, Пермский край, Кунгурский район, п. Ергач, ул. Заводская, 10

E-mail: ms002@ergach0.ru

(Статья поступила в редакцию 30 декабря 2019 г.)

Месторождения строительного гипса, разрабатываемые открытым способом, отличаются рядом особенностей геологического строения, основной из них является крайне высокая закарстованность.

В статье предложен метод построения гипсометрических планов кровли гипсовой толщи, основанный на определении содержания  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  в шламе буровзрывных скважин. Построенный по этому методу гипсометрический план в полной мере характеризует особенности геологического строения взрывного блока (в кровле гипса отчетливо выделяются заполненные карстовые воронки), а также позволяет более точно определить объемы гипса в пределах взрывных блоков. Сравнительный анализ подсчета объемов гипса методом разрезов показал удовлетворительные результаты использования предложенного метода, поэтому он может быть применен на всех месторождениях строительного гипса, разрабатываемых открытым способом.

Ключевые слова: *месторождение строительного гипса, эксплуатационная разведка, закарстованность, взрывной блок, содержание гипса, гипсометрический план, сравнительный анализ.*

DOI: 10.17072/psu.geol.19.1.73

В соответствии с требованиями горного законодательства при освоении месторождения недропользователь обязан вести эксплуатационную разведку, целью которой является своевременное получение достоверной информации, необходимой для оперативного планирования, безопасного и эффективного ведения горных работ (Панфилов, Рогова, Шаклеин, 2016)

По мнению автора, эксплуатационная разведка – это комплекс геологоразведочных работ, направленных на уточнение контуров тел полезных ископаемых, их условий залегания, строения, количества и качества в пределах выемочных единиц, подготавливаемых к отработке, для обеспечения минерально-сырьевой базы достоверными запасами и повышения экономической эффективности горнодобывающего предприятия.

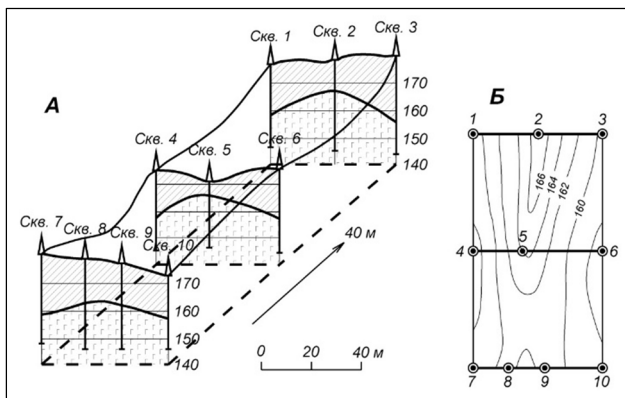
Методика и объемы эксплуатационной разведки для месторождений строительного гипса, обрабатываемых открытым способом,

определяются в зависимости от сложности их внутреннего строения. По данным, полученным в ходе эксплуатационной разведки, в первую очередь строят геологические разрезы, характеризующие морфологию и условия залегания толщи полезного ископаемого, ее мощность и сортность, положение водоносных горизонтов, наличие карстовых форм.

В дальнейшем при помощи геологических разрезов отстраивают гипсометрические планы разведанного участка – чертежи, на которых в проекции на горизонтальную плоскость в определенном масштабе изображена в изогипсах поверхность кровли залежи (рис. 1).

Существует более 20 методов подсчета объема полезного ископаемого, описание которых приводится во многих литературных источниках, но наиболее распространенными являются четыре: среднего арифметического, изолиний и объемной палетки, разрезов, многоугольников (Букринский, 2002; Ермолов, 2005; Трофимов, 1970).

Приведенные методы расчета объема полезного ископаемого могут быть использованы при наличии достаточного количества геологической информации, полученного в ходе бурения скважин на различных стадиях разведочных работ. При эксплуатационной разведке на гипсовых месторождениях, как правило, используется сетка бурения скважин  $25 \times 25$  м. Как показывает практика эксплуатации Соколино-Саркаевского месторождения гипса и ангидрита, такой интервал между скважинами недостаточен для понимания геологического строения гипсовой толщи, ее закарстованности, наличия в ней линз некондиционных пород (в т.ч. линз ангидрита (Худеньких, Безматерных, 2018)), оценки качества гипса. С применением всех указанных выше методов расчета объема полезного ископаемого при сетке бурения разведочных скважин  $25 \times 25$  м расчет носит приблизительный характер, результат в большинстве случаев отличается от данных, полученных в ходе оперативного учета.



**Рис. 1.** Построение гипсометрического плана по разрезам: а – пример разрезов; б – построенный по разрезам план в изогипсах кровли залежи гипса (по Букринскому (2002), с дополнениями автора)

Взрывной блок – околтуренный участок уступа, в пределах которого необходимо раздробить монолитную породу посредством взрыва для последующей экскавации. Взрывные блоки на месторождениях строительного гипса, разрабатываемых открытым способом, как правило, имеют небольшие размеры в плане (в среднем  $60 \times 40$  м), а по мощности ограничиваются высотой уступа. При таких малых размерах в пределах взрывного блока могут располагаться мак-

симум 4 скважины эксплуатационной разведки, но на практике в границы блока попадают только одна или две. При таком количестве разведочных выработок полноценно охарактеризовать геологическое строение толщи гипса в пределах взрывного блока не представляется возможным.

Перед производством взрывных работ проводится бурение взрывных скважин по сетке, рассчитанной исходя из необходимых размеров кусков породы, которые будут составлять развал после взрыва. На Соколино-Саркаевском месторождении гипса и ангидрита при взрывании гипса используется сетка бурения взрывных скважин  $3,5 \times 3,5$  м. После бурения у устья скважины остается шлам, представляющий собой дресву горной породы, разрушенной при бурении.

После окончания бурения взрывного блока перед геологом стоит основная задача – вычислить, сколько в блоке гипса, и определить его качество. Помимо этой задачи геолог должен оконтурить закарстованные участки, представленные погребенными воронками. Все поставленные задачи решаются просто при условии, если геолог присутствует при бурении и ведет полевой дневник, в котором делает подробное геологическое описание каждой буровзрывной скважины. Однако этот метод используется далеко не на всех предприятиях, ведение полевого дневника бурения поручают оператору буровой установки или полевой дневник не ведется вообще. Единственный фактический материал, который остается после бурения взрывных скважин, – буровой шлам, подлежащий обязательному опробованию, и контрольные промеры глубин буровзрывных скважин.

Пробы бурового шлама отбираются в процессе бурения или по его окончании (в зависимости от величины взрывного блока) с каждой скважины. Отобранные 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  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  в буровом шламе производится согласно ГОСТ 4013-82 «Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов».

Помимо проб шлама после взрыва из взорванной массы отбираются пробы гипса и разубоживающих пород для проведения анализа на содержание  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  (не менее пяти). После того, как все подготовительные полевые и лабораторные работы проведены, наступает этап камеральной обработки данных, который и можно рассматривать как метод составления 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 выстраивается гипсометрический план кровли гипсовой толщи в пределах взрывного блока, являющийся основой для определения объема гипса.

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**

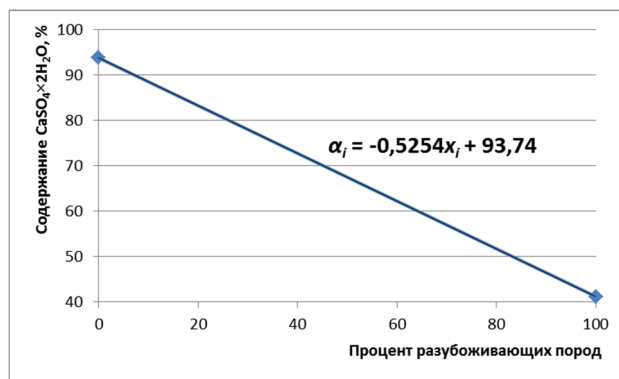
Условно примем, что в чистом гипсе (содержание  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  более 90%) процент разубоживающих пород равен 0, а в самих разубоживающих породах – 100%.

Обозначим среднее арифметическое содержание  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  в чистом гипсе  $\alpha_z$ , а в разубоживающей породе –  $\alpha_p$ . По результатам опробования гипса и разубоживающих пород из взорванной массы имеем следующие значения  $\alpha_z$  и  $\alpha_p$ :  $\alpha_z = 93,74\%$ ,  $\alpha_p = 41,20\%$ . Сведём эти исходные данные в табл. 1.

**Таблица 1.** Исходные данные по содержанию  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  и проценту разубоживающих пород

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

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. 2).



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

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

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

где  $x_i$  – процент разубоживающих пород в пробах бурового шлама;

$\alpha_i$  – содержание  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  в пробах бурового шлама.

По формуле (1) вычисляется процент разубоживающих пород (от глубины скважины) в каждой буровзрывной скважине ( $x_i$ ), используя для подстановки в качестве  $\alpha_i$  данные лабораторных испытаний шлама на содержание гипса. При этом вспомним условие (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%) и примем для скважин, в которых  $\alpha_i \geq 90\%$ ,  $x_i$  равный 0%; для скважин, где  $\alpha_i \leq 41,20\%$  (табл. 1),  $x_i$  равный 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 абсолютной отметки устья скважины ( $H_{iy}$ ) значения мощности разубоживающих пород ( $M_{ip}$ ) находятся искомые значения абсолютных отметок кровли гипса ( $H_{iz}$ ) в каждой скважине:

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

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

**Таблица 2.** Вычисление высотных отметок кровли гипса в буровзрывных скважинах

$H_i$ , м	$h_i$ , м	$\alpha_i$ , %	$x_i$ , %	$M_{ip}$ , м	$H_{iz}$ , м
163,0	13,0	83,96	18,6	2,4	160,6
163,1	13,1	85,54	15,6	2,0	161,1
163,3	13,3	85,34	16,0	2,1	161,2
163,6	13,6	53,04	77,5	10,5	153,1
...	...	...	...	...	...
163,6	13,6	75,36	35,0	4,8	158,8
164,4	14,4	91,13	0,0	0,0	164,4
164,8	14,8	89,84	7,4	1,1	163,7
164,4	14,4	85,97	14,8	2,1	162,3
...	...	...	...	...	...
162,9	12,9	7,02	100,0	12,9	150,0
163,3	13,3	13,09	100,0	13,3	150,0
163,7	13,7	19,02	100,0	13,7	150,0
163,9	13,9	28,62	100,0	13,9	150,0

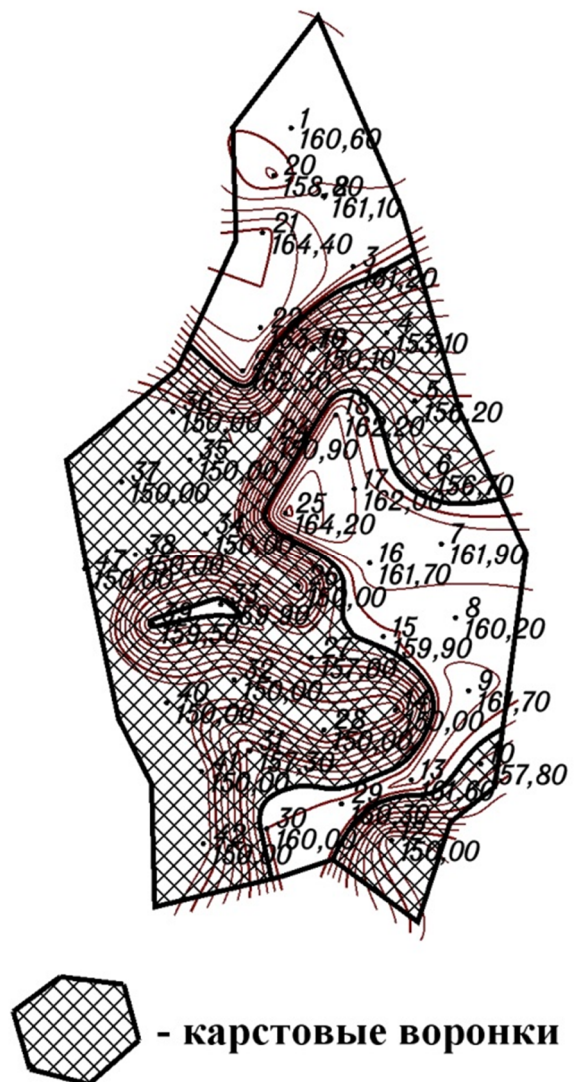
## Этап 2. Построение гипсометрического плана кровли гипса в границах взрывного блока

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 мощные ГИС-пакеты программ как зарубежного (ArcGIS, MapInfo), так и отечественного выпуска (Панорама). Для составления графической документации автор применил 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 отечественных и зарубежных ГИС-пакетах применяется система слоев. В слой, содержащий высотные отметки кровли гипса, заносятся данные в пределах нового взрывного блока. Программа строит гипсометрический план кровли гипса, которая графически отображена изогипсами (рис. 3).

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 м<sup>3</sup> или 47% общего объема взрывного блока.



**Рис. 3.** Гипсометрический план кровли гипса в границах взрывного блока с оконтуренными погребенными карстовыми воронками

### Сравнительный анализ

Чтобы определить качественность предложенного метода, был проведен сравнительный анализ по подсчету объемов гипса на отработанном участке горизонта +150 м карьера «Саркаевский» Соколино-Саркаевского месторождения гипса и ангидрита, который был разделен на блоки, ограниченные опорными разрезами (рис. 4). Всего получилось 32 блока, для каждого из них были подсчитаны общий объем и объем гипса классическим методом разрезов.

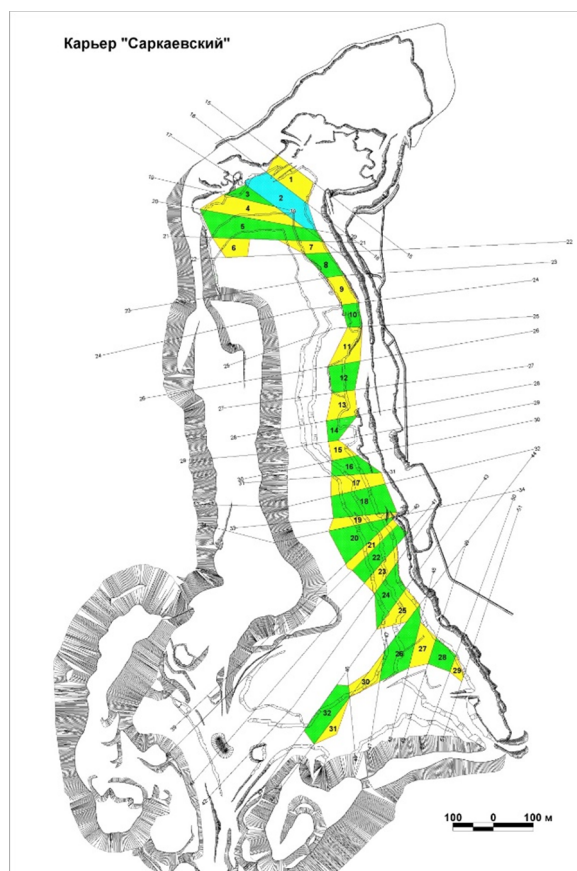


Рис. 4. Отработанный участок карьера «Саркаевский», разбитый на блоки, ограниченные линиями опорных геологических разрезов

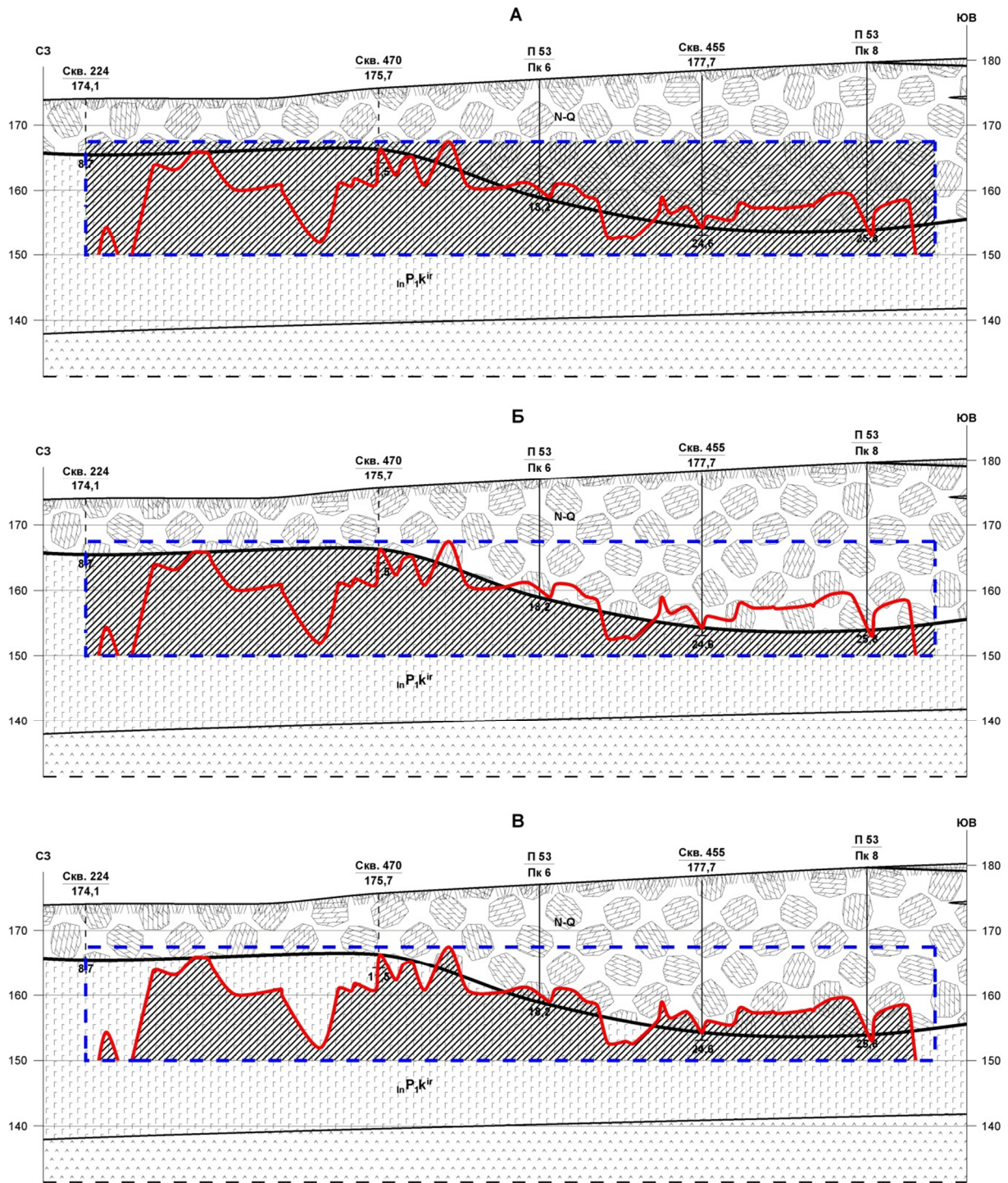
Чтобы определить объемы блока и гипса в его границах, на опорных разрезах были выделены следующие площади: общая площадь блока (рис. 5,а), площадь гипсовой толщи по кровле, отстроенной по разведочным скважинам и геофизическим профилям (рис. 5,б), и площадь гипсовой толщи по кровле, отстроенной по методу, основанному на определении  $CaSO_4 \times 2H_2O$  в шламе буровзрывных скважин (рис. 5,в).

Расчеты показали (табл. 3), что в 15 блоках из 32 наблюдается уменьшение объема гипса, в остальных 17 – увеличение.

Таблица 3. Результаты подсчета объемов гипса на отработанном участке карьера «Саркаевский» по кровлям гипса, отстроенным разными методами

№ блока	блочка	Объем, м <sup>3</sup>				Разность объемов	
		по разведочным скважинам и геофизическим профилям		по содержанию гипса в шламе буровзрывных скважин			
		м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%
1	115477	68825	59,6	56825	49,2	-12001	-10,4
2	163580	69928	42,7	64203	39,2	-5725	-3,5
3	37588	10962	29,2	22065	58,7	11102	29,5
4	108860	17375	16,0	54475	50,0	37099	34,1
5	136993	23466	17,1	38555	28,1	15088	11,0
6	36241	6770	18,7	11645	32,1	4875	13,5
7	23598	6476	27,4	12405	52,6	5928	25,1
8	29049	16691	57,5	11734	40,4	-4957	-17,1
9	33496	21405	63,9	15222	45,4	-6183	-18,5
10	30780	15109	49,1	14233	46,2	-876	-2,8
11	77795	24577	31,6	36103	46,4	11525	14,8
12	78357	41780	53,3	54769	69,9	12988	16,6
13	70089	19158	27,3	44739	63,8	25580	36,5
14	37916	11014	29,0	15687	41,4	4672	12,3
15	32115	16568	51,6	14533	45,3	-2036	-6,3
16	64885	29210	45,0	33212	51,2	4001	6,2
17	91874	31482	34,3	69615	75,8	38133	41,5
18	192598	124002	64,4	144466	75,0	20463	10,6
19	63323	44442	70,2	27931	44,1	-16512	-26,1
20	132986	98262	73,9	76431	57,5	-21831	-16,4
21	56852	38181	67,2	35304	62,1	-2877	-5,1
22	103581	63734	61,5	62088	59,9	-1647	-1,6
23	56989	28819	50,6	28195	49,5	-625	-1,1
24	104894	67778	64,6	50770	48,4	-17008	-16,2
25	85088	27191	32,0	39367	46,3	12176	14,3
26	131202	48620	37,1	73551	56,1	24930	19,0
27	73324	25931	35,4	54034	73,7	28103	38,3
28	60164	34139	56,7	30279	50,3	-3861	-6,4
29	17840	9778	54,8	7543	42,3	-2235	-12,5
30	47664	24100	50,6	30243	63,5	6144	12,9
31	26759	17537	65,5	13715	51,3	-3822	-14,3
32	97990	24294	24,8	38611	39,4	14317	14,6
Сумма	2419947	1107604	45,8	1282547	53,0	174929	7,2

В целом по всем блокам объем гипса увеличился с 45,8 до 53,0%. В блоках, где объем гипса уменьшился, максимальное снижение составило 26,1%, минимальное – 1,1% при среднем 10,6%. В блоках, где наблюдается рост объема гипса, максимальное увеличение равно 41,5%, минимальное – 6,2%, среднее – 20,6%. По всем блокам объем гипса увеличился на 7,2%.



**Рис. 5.** Площади, выделенные на опорных геологических разрезах: а – общая площадь блока; б – площадь гипсовой толици по кровле гипса, отстроенной по разведочным скважинам и геофизическим профилям; в – площадь гипсовой толици по кровле гипса, отстроенной по методу построения гипсометрических планов, основанному на определении содержания  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  в шламе буровзрывных скважин

Главной причиной уменьшения / увеличения объемов гипса в блоках является карст. На уменьшение объемов карстовые процессы оказывают влияние следующим образом. При геологоразведочных работах разведочные скважины не вскрыли никаких карсто-

вых форм, поэтому на опорном геологическом разрезе они также отсутствуют, кровля гипса отстроена по классической схеме. При бурении под взрыв выяснилось, что в шламе некоторых скважин отсутствует гипс, что говорит о наличии погребенной карстовой

воронки. При нанесении кровли гипсовой толщи, построенной по данным опробования шлама, на разрез выясняется, что на некоторых участках блока гипс полностью отсутствует, что и обуславливает уменьшение его объема.

Увеличение объемов гипса в блоках происходит вследствие неподтвердившихся размеров погребенных карстовых воронок в кровле гипса, выявленных при геологоразведочных работах. Как правило, на опорных разрезах, построенных по данным бурения разведочных скважин, погребенные воронки в кровле гипса имеют весьма значительные размеры в поперечнике. Однако по факту это совсем не так. Зачастую погребенные воронки, вскрытые разведочными скважинами, являются вертикальными карстовыми каналами, имеющими весьма небольшие размеры в диаметре. Поэтому при наложении кровли гипса, построенной по данным опробования шлама буровзрывных скважин, на воронку размер поперечника последней значительно уменьшается, что в свою очередь приводит к увеличению объемов гипса (рис. 5).

Результаты изменения объемов гипса в блоках (табл. 3) были подвергнуты статистической обработке, при которой была определена верхняя граница доверительного интервала, составившая 22,3%. За пределами этой границы оказались 7 значений из 32 (22%). Таким образом, можно сделать вывод, что результаты сравнительного анализа удовлетворительны, и метод построения гипсометрических планов кровли гипса по данным опробования шлама буровзрывных скважин 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.

## Выводы

Данных опережающей эксплуатационной разведки недостаточно, чтобы оценить геологическое строение толщи полезного ископаемого в пределах взрывных блоков, ограниченных малыми площадями.

Шлам буровзрывных скважин и промеры глубин скважин являются единственным фактическим материалом, имеющимся в распоряжении геолога после окончания бурения взрывных блоков.

Суть метода построения гипсометрических планов кровли гипса в границах взрывного блока заключается в опробовании шлама каждой буровзрывной скважины и определении в отобранных пробах содержания  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  с последующим вычислением отметок кровли гипса в каждой буровзрывной скважине.

Сравнительный анализ показал, что за пределами верхней границы доверительного интервала оказалось 22% определений объемов гипса методом разрезов, что говорит о целесообразности использования предложенного метода.

Сравнительный анализ показал, что основным фактором, оказывающим влияние на изменение объемов гипса, является карст, а именно изменение поперечных размеров погребенных карстовых воронок.

Метод построения гипсометрических планов кровли гипса по данным опробования шлама буровзрывных скважин 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.

## Библиографический список

Букринский В.А. Геометрия недр: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГГУ, 2002. 549 с.

Ермолов В.А. Геология: учебник для вузов: в 2 ч. Ч. II: Разведка и геолого-промышленная оценка месторождений полезных ископаемых. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 392 с.

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.

Трофимов А.А. Основы маркшейдерского дела и геометризации недр. М.: Изд-во «Недра», 1970. 364 с.

Худеньких К.О., Безматерных С.В. Локализация линз ангидрита в промышленной толще гипса Соколино-Саркаевского месторождения // Геология и полезные ископаемые Западного

Урала: сб. науч. ст. / под общ. ред. Р.Г. Ибламинова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. Вып. 1(38). С. 99–102.

## Method of Generation the Gypsum Top Hypsometric Map within Blasting Blocks

**К.О. Khudenkikh**

Yergach LLC

10 Zavodskaya Str., Yerach 617437, Perm krai, Russia.

E-mail: ms002@ergach0.ru

Deposits of gypsum developed in an open pit manner differ in a number of features of the geological structure, the main among which is their extremely high cavernous porosity. In the article, the method of generation the hypsometric maps of gypsum top based on determination of  $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  content in the blasting boreholes is offered. The hypsometric map constructed by this method entirely characterizes features of the geological structure of the blasting block. Filled with clay karst caverns in a roof of gypsum are distinctly allocated that allows reducing losses and impoverishment by proper planning of further extraction. Furthermore, the presented method allows more precisely determining the volume of gypsum and the impoverishing material within blasting blocks. Comparative analysis of currently used methods of calculation the quality gypsum volume shown that offered technique is capable to increase significantly the quality of the extracted gypsum and efficiency of its production. Key words: *deposit of gypsum plaster; mineral exploration; cavernous porosity; blasting block; hypsometric map; comparative analysis.*

### References

*Bukrinskiy V.A.* 2002. Geometriya neдр [Geometry of the interior of the Earth]. Moskva, MGGU. p. 549. (in Russian)

*Ermolov V.A.* 2005. Geologiya. Chast 2: Razvedka i geologo-promyshlennaya otsenka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh [Geology. Part 2: Exploration and geological-and-industrial estimation of mineral deposits]. Moskva, p. 392. (in Russian)

*Panfilov A.L., Rogova T.B., Shaklein S.V.* 2016. Proektirovanie seti skvazhin ekspluatatsionnoy razvedki vnov osvvaivamykh mestorozhdeniy (na primere Novomoskovskovo mestorozhdeniya gipsa)

[Designing a wells network for operational exploration of the newly developed fields (on example of the Novomoskovsk gypsum deposit)]. In: Nedropolzovanie – XXI vek. 1(58):30–35. (in Russian)

*Trofimov A.A.* 1970. Osnovy marksheyderskogo dela i geometrizationi neдр [Basics of mine surveying and geometrization of the interior of the Earth]. Moscow, Nedra, p. 364. (in Russian)

*Khudenkikh K.O., Bezmaternykh S.V.* 2018. Lokalizatsiya linz angidrita v promyshlennoy tolshche gipsa Sokolino-Sarkaevskogo mestorozhdeniya [Anhydrite lenses localization in the productive gypsum formation of the Sokolino-Sarkaevskoe field]. In: Geoloiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urала. 1(38):99–102. (in Russian)