

## ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.635.1

### Корреляция параметров и показателей гипсовой залежи Кругловского месторождения (Пермский край)

Н.А. Даровских <sup>а</sup>, А.С. Сунцев <sup>б</sup>

<sup>а</sup>Управление по недропользованию по Пермскому краю, 614016, Пермь, ул. Камчатовская, 5. E-mail: perm@rosnedra.com

<sup>б</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Пермь, ул.Букирева,15. E-mail: poisk@psu.ru

(Статья поступила в редакцию 20 марта 2014 г.)

Кругловское месторождение характеризуется довольно простым геологическим строением, небольшой мощностью полезной толщи, включает незначительное количество карстовых и некондиционных пород. Проанализированы пространственные соотношения следующих параметров и показателей залежи: мощностей гипсовой толщи, средних содержаний гипса по скважине, мощностей вскрыши, карстовых интервалов и некондиционных пород, отметок рельефа земной поверхности, кровли гипса и кровли ангидрита. Установлены тесные и весьма тесные корреляционные связи между парами показателей: 1) положительные – между отметками земного рельефа и отметками кровли гипса, отметками кровли гипса и отметками кровли ангидрита, отметками земного рельефа и отметками кровли ангидрита; 2) отрицательные – между мощностями вскрыши и отметками кровли гипса, мощностями вскрыши и отметками кровли ангидрита, между мощностями вскрыши и мощностями гипсовой толщи. Результаты корреляции свидетельствуют о следующем: гипсовая залежь в целом имеет пластообразную форму; зеркало подземных вод в процессе гидратации ангидрита изменялось согласно с земной поверхностью; большая мощность перекрывающих гипсовую толщу отложений явилась отрицательным фактором при формировании залежи: ее общая мощность оказалась сравнительно небольшой.

Ключевые слова: *гипсовая залежь, распределение параметров и показателей, критерии гипсоносности, Пермский край.*

Геометро-статистические исследования позволяют более надежно оценить влияние тех или иных природных факторов на формирование залежей полезных ископаемых. Теоретические основы и практические приемы таких исследований были

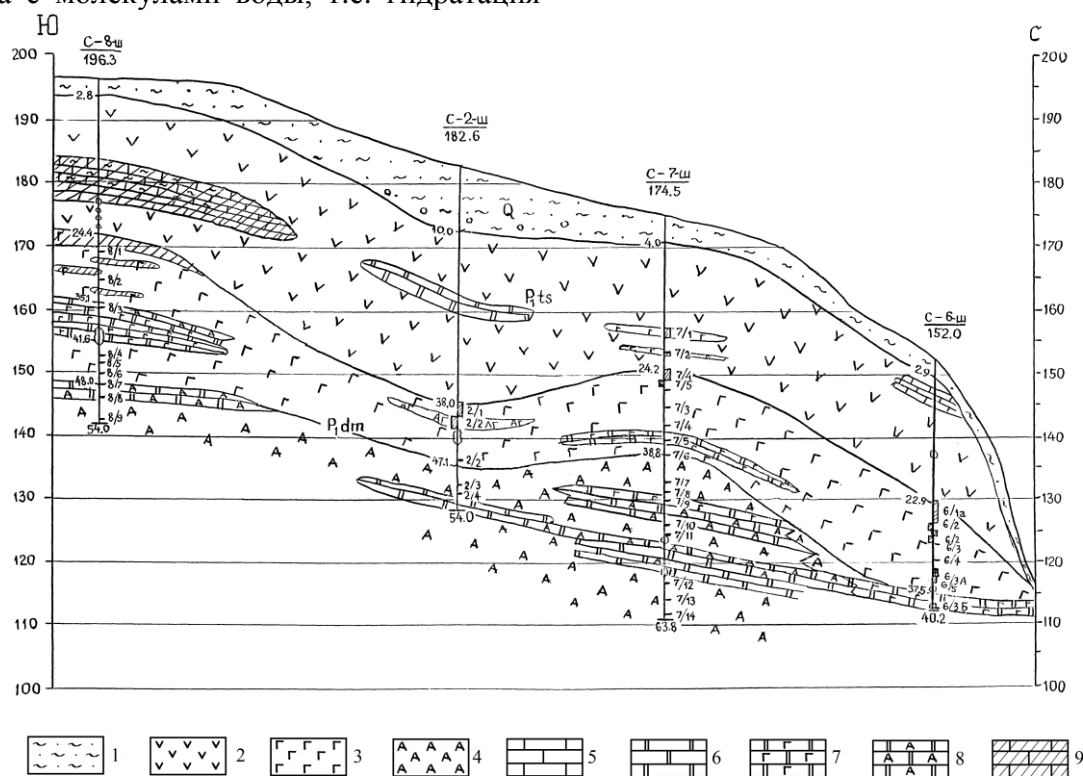
разработаны В.Ф.Мягковым, они отражены в его многочисленных статьях и монографии «Геохимический метод парагенетического анализа руд» [5]. Некоторые аспекты геометро-статистических обобщений геологической информации рас-

смотрены и нами в недавних публикациях [6, 7]. В данной статье приводятся результаты анализа соотношений параметров и качественных показателей минерального скопления на примере гипсовой залежи Кругловского месторождения.

Гипсовые толщи в Предуралье образовались на площади развития сульфатных отложений вдоль долин рек и оврагов, зон умеренной трещиноватости и разрывных нарушений, литологических контактов [1–3]. Эти геоморфологические и структурно-тектонические элементы способствовали проникновению поверхностных вод в ангидритовую толщу. Здесь они соединялись с подземными минерализованными водами, уменьшая их концентрацию. Происходило совместное интенсивное растворение ангидритов, а затем и связывание частиц растворенного в воде вещества с молекулами воды, т.е. гидратация

[8–12]. На участках, приуроченных к долинам крупных рек (например, к долине Камы), и там, где ангидриты наиболее трещиноватые, процесс гидратации проходил глубже. Мощность гипсовой толщи в таких местах может достигать более 20 м.

Кругловское месторождение гипса расположено в 13,5 км юго-юго-западнее г. Кунгура. Продуктивная гипсовая залежь слагает верхнюю часть демидковской пачки. Залегание пачки горизонтальное или близкое к горизонтальному. Толща гипсов и ангидритов включает прослой доломитов, переходные между ними разновидности, карстовые породы, а также редкие прослой мергелей и песчаников (рис.1). Месторождение представляет собой пластообразную залежь гипса размером 800 x 710 м, мощностью от 3,0 до 15,2 м.



**Рис. 1.** Геолого-литологический разрез месторождения по линии 2 (горизонтальный масштаб 1:10 400): 1 – глина песчаная, 2 – брекчия карстовая, 3 – гипсы, 4 – ангидриты, 5 – известняки, 6 – доломиты, 7 – гипсодоломиты, 8 – ангидритодоломиты, 9 – известняки глинистые выветрелые

В тектоническом отношении объект расположен в пределах восточной части

Русской плиты, на восточном крыле Бымско-Кунгурской впадины. Основной водной дренажной для Кругловского месторождения

дения служит р. Ирень, расстояние от западной границы месторождения до ее долины составляет 1 км.

Продуктивная залежь сложена гипсами трёх основных разновидностей – белыми, светло-серыми и серыми. Светло-серые гипсы местами имеют слабый коричневатый оттенок, а белые – желтоватый. Белые разновидности гипсов на месторождении приурочены преимущественно к верхней части разреза гипсовой толщи.

Гипсы продуктивной залежи имеют структуру разномелкозернистую, преобладают мелко- и среднезернистые структуры с размером зёрен 0,1–1,0 мм. Визуально структура подобных гипсов на изломе сахаровидная.

Текстуры гипсов обусловлены наличием прожилков, характером слоистости и мощностью слоев. Прожилки представляют собой трещины, заполненные мергелем или доломитом. Иногда в трещинах наблюдаются волокнистый белый селенит и пластинчатый гипс, органический материал и гидроокислы железа.

На месторождении развиты в основном мелкосетчатые текстуры, реже наблюдаются пятнистые, сетчатые, пятнисто-мелкосетчатые и другие. На некоторых участках встречаются также кавернозные, брекчиевидные и пятнисто-слоистые текстуры.

Качество гипса Кругловского месторождения удовлетворяет требованиям ГОСТа 4013-82 «Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия». По содержанию гипса на месторождении выделяют 4 сорта гипсового камня: первый сорт – более 95%, второй – 90-95 %, третий – 80-90%, четвертый – 70-80 %. Средневзвешенные содержания сортов гипса в продуктивной залежи по 30 скважинам: второй сорт – 60,0 %, третий – 26,7 %, четвертый – 13,3 %. В соответствии с техническим заданием недропользователя при оконтуривании продуктивной залежи интервалы гипса четвертого сорта из подсчета запасов были исключены. Модель распределения содержаний гипса в залежи дана на рис. 2 [4].

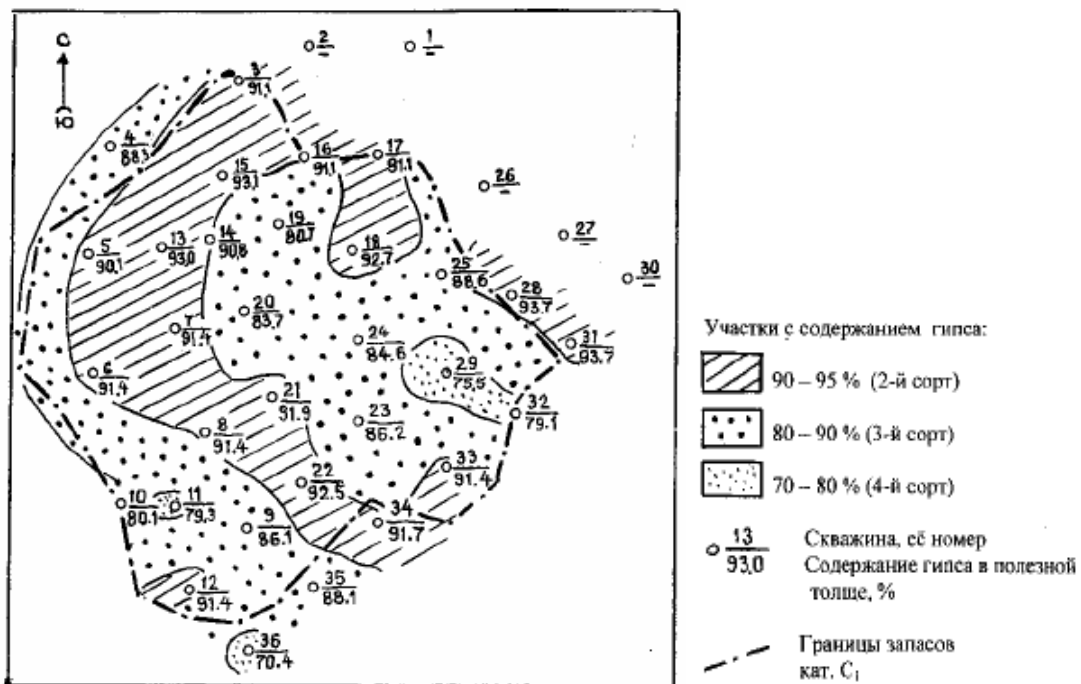


Рис. 2. Схема распределения участков по сортам гипса

Минеральный состав залежи (%): гипс – 87,88; ангидрит – 7,37; доломит – 3,82;

оксид железа + оксид алюминия + нерастворимый глинистый остаток – 1,22. Ми-

неральному составу продуктивной залежи с корректировкой на средневзвешенное содержание гипса (87,88 %) отвечает следующий химический состав (%): CaO – 32,84; MgO – 0,83; SO<sub>3</sub> – 45,20; п.п.п. – 18,39; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,25; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,17; нерастворимый остаток – 0,80.

Средняя мощность гипсовой залежи равна 8,15 м. Участки с высокой мощностью приурочены к центральной части месторождения, занимая 80 % площади залежи (рис.3). Подошва залежи неровная, наблюдается пологое погружение подошвы от центральной части в север-северо-западном и юг-юго-восточном направлениях. При наложении плана изомощности полезной толщи на план изогипс подошвы в центральной части месторождения в субширотном направлении отмечается почти полное совпадение участков развития максимальных мощностей толщи и

наиболее приподнятой части залежи. Следовательно, здесь находится утолщённый свод гипсовой залежи.

Степень выветривания гипсов месторождения изменяется от слабо затронутых выветриванием до выветрелых и сильно выветрелых разностей. На месторождении преобладают гипсы, затронутые выветриванием, средней крепости и довольно крепкие. Отдельные интервалы керна представлены сильно выветрелыми породами, где керна в виде гипсовой муки, дресвы и щебня. Наличие небольших по мощности провалов бурового снаряда с перемычками гипса подтверждает общий вывод о средней крепости пород. Гипсы месторождения являются преимущественно среднетрещиноватыми породами, в меньшей степени – слаботрещиноватыми.

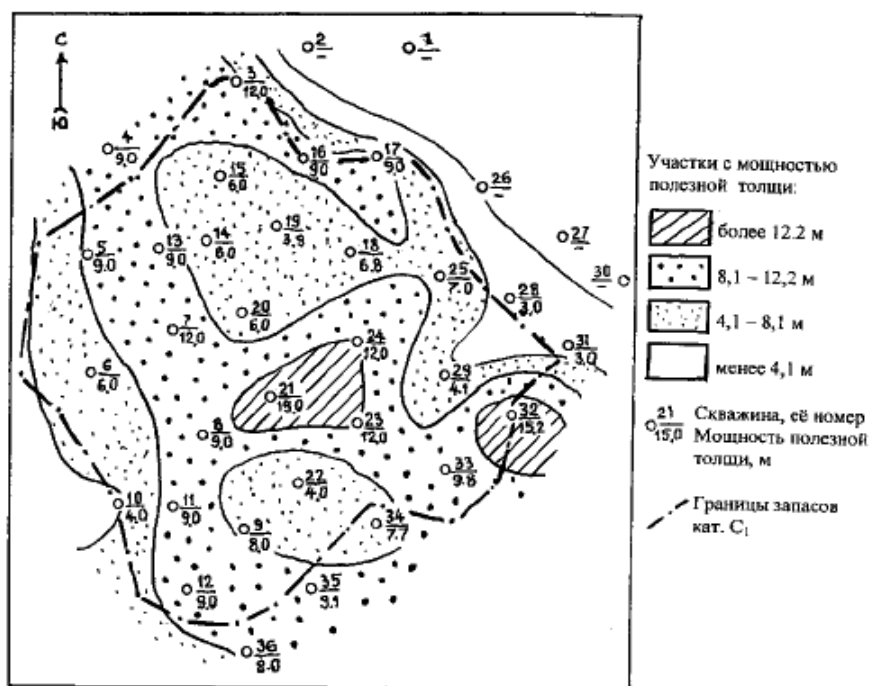


Рис. 3. Схема распределения участков с различной мощностью полезной толщи

Керн наблюдается в виде столбиков, плиток и щебня с дресвой.

Подземный карст фиксируется провалами бурового снаряда в пустотах, а также интервалами глин с дресвой и щебнем коренных карстующихся пород. При бурении на месторождении провалы наблюда-

лись по всем литологическим разностям пород. Мощность провалов по полезной толще изменялась от 0,2 до 1,8 м. Заполненные карстовые пустоты наблюдались чаще всего в подстилающих отложениях, в полезной толще они редки. При исключении из подсчета запасов карстовых ин-

тервалов мощностью менее 0,5 м закарстованность полезной толщи низкая и равна 2,8 %.

Гипсы перекрываются сульфатно-карбонатными отложениями туюйской пачки иренской свиты и песчано-глинистыми отложениями четвертичной системы. Основная часть отложений туюйской пачки преобразована в карстовую брекчию. Средняя мощность вскрышных отложений составляет 22,5 м, минимальная мощность вскрыши (до 4-5 м) наблюдается в западной части месторождения. Коэффициент вскрыши равен 1,4 м<sup>3</sup>/т или 3,1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Снизу продуктивная залежь подстилается ангидритами, некондиционными гипсами и доломитами демидковской же пачки.

Месторождение по сложности геологического строения отнесено к 1-й группе:

оно характеризуется довольно простым геологическим строением, небольшой мощностью полезной толщи, включает незначительное количество карстовых и некондиционных пород.

На рассматриваемом месторождении после геометризации основных показателей гипсовой залежи [4] была произведена их математическая корреляция. Проанализированы пространственные соотношения следующих показателей: мощностей гипсовой толщи, средних содержаний гипса по скважине, мощностей вскрыши, карстовых интервалов и некондиционных пород, отметок рельефа земной поверхности, кровли гипса и кровли ангидрита. Вычислены парные линейные коэффициенты корреляции (таблица).

*Корреляционная матрица показателей Кругловского месторождения*

Показатель	Мощность гипсовой толщи, м	Среднее содержание гипса, %	Мощность вскрыши, м	Мощность карстовых интервалов, м	Мощность некондиционных пород, м	Отметка земного рельефа, м	Отметка кровли гипса, м
Среднее содержание гипса, %	+0,02	1	–	–	–	–	–
Мощность вскрыши, м	- 0,30	- 0,09	1	–	–	–	–
Мощность карстовых интервалов, м	- 0,23	-0,04	+ 0,04	1	–	–	–
Мощность некондиционных пород, м	- 0,02	- 0,73	- 0,10	- 0,23	1	–	–
Отметка земного рельефа, м	-0, 16	- 0,16	+0,15	+0,34	+0,05	1	–
Отметка кровли гипса, м	+0,18	+0,01	-0,58	+0,13	+0,02	+0,65	1
Отметка кровли ангидрита, м	-0,08	-0,08	-0,46	+0,21	-0,04	+0,38	+0,65

Довольно тесные положительные корреляционные связи между парами показате-

телей (рис. 4,а) отметка земного рельефа – отметка кровли гипса ( $r = +0,65$ ), отметка

кровли гипса – отметка кровли ангидрита ( $r = +0,65$ ) и отметка земного рельефа – отметка кровли ангидрита ( $r = +0,38$ ) свидетельствуют о следующем: 1) на месторождении зеркало подземных вод в процессе гидратации ангидрита было субпараллельно земному рельефу; 2) обе поверхности гипсовой толщи, кровля и подошва (кровля ангидрита), залегают в основном конкордантно; 3) локальная несогласованность этих поверхностей обусловлена различной трещиноватостью перекрывающих пород и самой гипсовой толщи. Следовательно, несмотря на существенные колебания отметок кровли гипса и кровли ангидрита, гипсовая залежь в целом имеет пластообразную форму с небольшим, как отмечено выше, раздувом в центральной части. Контуры гипсовой толщи в разрезе грубопараллельны земной поверхности месторождения.

Слабые отрицательные связи между другими показателями – мощность вскрыши - отметка кровли гипса ( $r = -0,58$ ), мощность вскрыши - отметка кровли ангидрита ( $r = -0,46$ ) – служат подтверждением, высказанным выше суждениям. Очевидной является тесная отрицательная связь показателей среднее содержание гипса - мощность некондиционных пород в гипсовой толще.

Наличие отрицательных же связей между мощностью вскрыши и мощностью гипсовой толщи ( $r = -0,33$ ) позволяет предположить, что большая мощность перекрывающих гипсовую толщу пород тульской пачки и четвертичных отложений явилась отрицательным фактором при формировании залежи: ее общая мощность оказалась сравнительно небольшой. В таких условиях процессы гидратации в ангидритовом слое протекали, видимо, с меньшей интенсивностью.

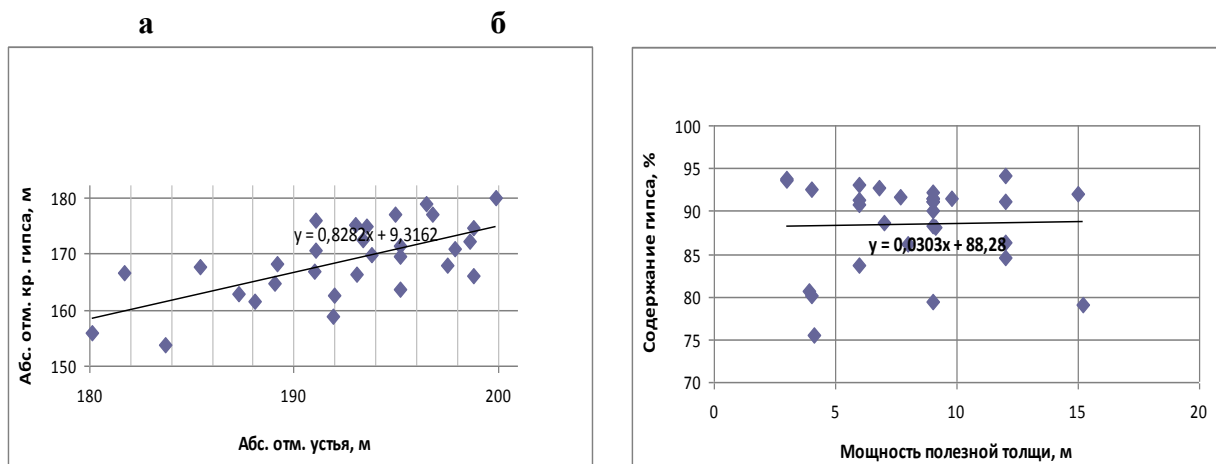


Рис.4. Графики корреляции показателей гипсовой толщи месторождения

Остальные показатели залежи не имеют корреляционных связей, в частности не фиксируется связь между средними содержаниями гипса по скважинам и мощностью гипсовой толщи (рис. 4б). Действительно, сопоставляя планы в изолиниях этих показателей, можно видеть пространственное несовпадение выделенных участков по качеству гипсов и мощности. Так, участки развития гипсов второго и третьего сортов приурочены к частям залежи как с повышенной мощностью, так и с пониженной.

#### Библиографический список

1. Даровских Н.А. Геология и прогнозирование месторождений поделочного гипса на примере Пермской области: автореф. дис. ... канд. наук. Пермь, ПГУ, 1999. 19 с.
2. Даровских Н.А., Кудряшов А.И. Геология и поиски месторождений поделочного гипса/ГИ УрО РАН. Пермь, 2001. 161 с.
3. Даровских Н.А., Сунцев А.С. Особенности строения гипсовой залежи южного участка Ергачинского месторождения // Вестник

- Пермского университета. Геология. 2013. Вып.1 (18). С. 66-71.
4. Даровских Н.А., Сунцев А.С. Факторы гипсоносности на Кругловском месторождении в Пермском крае // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
  5. Мягков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра, 1984. 126 с.
  6. Сунцев А.С. О генетической интерпретации структур корреляционных полей компонентов // Вестник Пермского университета. Геология. 2009. Вып.10 (36). С. 46-53.
  7. Сунцев А.С. Генетический аспект исследований структур корреляционных полей компонентов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
  8. Azam S. Study on the geological and engineering aspects of anhydrite/gypsum transition in the Arabian Gulf coastal deposits// Bull. Eng. Geol. Env. 2007. № 66. P. 177–185.
  9. Conley R.F. & Bundy W.M. Mechanism of gypsification// Geochim. Cosmochim. Acta. 1958. Vol. 15. P. 57-72.
  10. Hardie L.A.. The Gypsum–anhydrite equilibrium at one atmosphere pressure// Am. Mineral. 1967. Vol. 52. P. 171–199.
  11. MacDonald, G.J.F. Anhydrite–gypsum equilibrium relations// Am. J. Sci. 1953. Vol. 251, № 12. P. 884–898.
  12. Sievert T., Wolter A. & Singh N.B. Hydration of anhydrite of gypsum (CaSO<sub>4</sub>.II) in ball mill// Cement and Concrete Research. 2005. Vol. 35. P. 623-630.

## Correlation of Parameters and Indicators of Gypsum Deposits of the Kruglovskiy Field (Perm Kray)

N.A. Darovskih <sup>a</sup>, A.S. Suntsev <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Agency of Natural Resources of Perm Kray, 614016, Perm, Kamchatovskaya Str., 5. E-mail: perm@rosnedra.com

<sup>b</sup>Perm State National Research University, 614990, Perm, Bukirev Str.,15  
E-mail: poisk@psu.ru

Kruglovskiy field is a quite simple geological structure of small thickness of productive layers, and includes a small amount of karstic and off-grade rocks. We analyzed the spatial distribution of the following parameters and indicators of deposit: thickness of gypsum strata, the average content of gypsum in the well, thickness of overburden, the thickness of karst intervals, thickness of the substandard grade rock, elevation of surface relief, and elevation of the top of gypsum and the top of anhydrite layers. There was observed close and very close correlation between the pairs of indicators. Positive correlation was established between the elevations of relief and top of gypsum layer, elevation of the top of gypsum and the top of anhydrite, and elevation of relief and the top of anhydrite layer. Negative correlation was revealed between overburden thickness and elevation of the top of gypsum layer, overburden thickness and elevation of the top of anhydrite layer, and between overburden thickness and thickness of gypsum stratum. The correlation results indicated that gypsum deposit has, in general, sheet-like shape, a groundwater table elevation changed in the process of hydration of anhydrite relative to the earth's surface, the big thickness of overburden brought a negative effect on the formation of deposit, and its total thickness of gypsum strata was relatively small.

Key words: *gypsum deposit, distribution of parameters and indicators, criteria of gypsum deposits, the Perm Kray.*

**References**

1. *Darovskikh N.A.* 1999. Geologiya i prognozirovaniye mestorozhdeniy podlochnogo gipsa na primere Permskoy oblasti [Geology and prediction of ornamental gypsum deposits on example of Perm region]. Authoref. Dissert. na sosiskanie uchenoy stepeni kand. Geol. – Min. Nauk. Perm, PGU, p. 19.
2. *Darovskikh N.A., Kudryashov A.I.* 2001. Geologiya i poiski mestorozhdeniy podlochnogo gipsa [Geology and exploration of ornamental gypsum deposits]. Perm, MI UB RAS, p. 161.
3. *Darovskikh N.A., Suntsev A.S.* 2013. Oso-bennosti stroeniya gipsovoy zalezhi yuzhnogo uchastka Yergachinskogo mestorozhdeniya [Particularities of structure of gypsum formation of southern part of the Yergach deposit]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 1(18):66–71.
4. *Darovskikh N.A., Suntsev A.S.* 2013. Faktory gipsonosnosti na Kuglovskom mestorozhdenii v Permskom krae [Factors of gypsum content at the Kuglovskiy deposit in Perm Kray]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 5.
5. *Myagkov V.F.* 1984. Geokhimicheskiy metod parageneticheskogo analiza rud [Geochemical method of paragenetic analysis of ores]. M., Nedra, p. 126.
6. *Suntsev A.S.* 2009. O geneticheskoy interpretatsii struktur korrelyatsionnykh poley komponentov [About interpretation of structure of components correlation fields]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 10(36):46–53.
7. *Suntsev A.S.* 2012. Geneticheskiy aspekt issledovaniya struktur korrelyatsionnykh poley komponentov [Genetic aspect of studying the structure of correlation fields of components]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 6.
8. *Azam S.* 2007. Study on the geological and engineering aspects of anhydrite/gypsum transition in the Arabian Gulf coastal deposits. Bull. Eng. Geol. Env., 66:177–185.
9. *Conley R.F. & Bundy W.M.* 1958. Mechanism of gypsification. Geochim. Cosmochim. Acta. 15:57–72.
10. *Hardie L.A.* 1967. The Gypsum–anhydrite equilibrium at one atmosphere pressure. Am. Mineral., 52:171–199.
11. *MacDonald G.J.F.* 1953. Anhydrite–gypsum equilibrium relations. Am. J. Sci., 251(12):884–898.
12. *Sievert T., Wolter A. & Singh N.B.* 2005. Hydratation of anhydrite of gypsum (CaSO<sub>4</sub>.II) in ball mill. Cement and Concrete Research. 35:623–630.