

УДК 622.014.3:351.823.2.003.1

UDC 622.014.3:351.823.2.003.1

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ГИПСОВОГО КАМНЯ И ИНЖЕНЕРНО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
БОГОМОЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF GYPSUM AND GEOTECHNICAL
CONDITIONS OF DEPOSIT
BOGOMOLOVSKOYE**

Алванян Антон Карпетович
к.г.-м.н.
*Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь, Россия*

Alvanjan Anton Karapetovich
Cand.Geol.-Min.Sci.
Perm state national research university. Perm, Russia

Ибламинов Рустем Гильбрахманович
д.г.-м.н., профессор

Iblaminov Rustem Gilbrakhmanovich
Dr.Sci.Geol.-Min., professor

Коноплев Александр Владимирович
к.т.н., доцент
*Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
Естественнонаучный институт, Пермь, Россия*

Konoplev Aleksandr Vladimirovich
Cand.Tech.Sci, associate professor
*Perm state national research university,
Natural Science Institute, Perm, Russia*

В статье дана оценка инженерно-геологических условий Богомоловского месторождения гипса, Пермский край. Показано, что основное влияние на условия разработки месторождения окажет поверхностный и подземный карст

The article presents the evaluation of geotechnical conditions of gypsum Bogomolovskoye deposit, the Perm Region. It is shown, that the main influence on the conditions of the development of the field will have surface and underground karst

Ключевые слова: МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, КАРСТ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Keywords: GYPSUM DEPOSITS, GEOTECHNICAL CONDITIONS, KARST, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

Сульфатные гипсоангидритовые отложения, формирующиеся в испарительных (эвапоритовых) бассейнах, ввиду весьма специфических условий и повышенной растворимости довольно редко обнажаются на земной поверхности и так же нечасто встречаются. Однако в Пермском крае эти породы, слагающие толщи пермского возраста, развиты весьма широко, что позволяет не только их изучать, но и использовать в промышленности [4].

Гипс и ангидрит представляют ту особую часть полезных ископаемых, которые характеризуют Пермский край. На территории края известно большое количество месторождений и проявлений гипса, которые приурочены к отложениям кунгурского яруса нижней Перми (рис. 1).

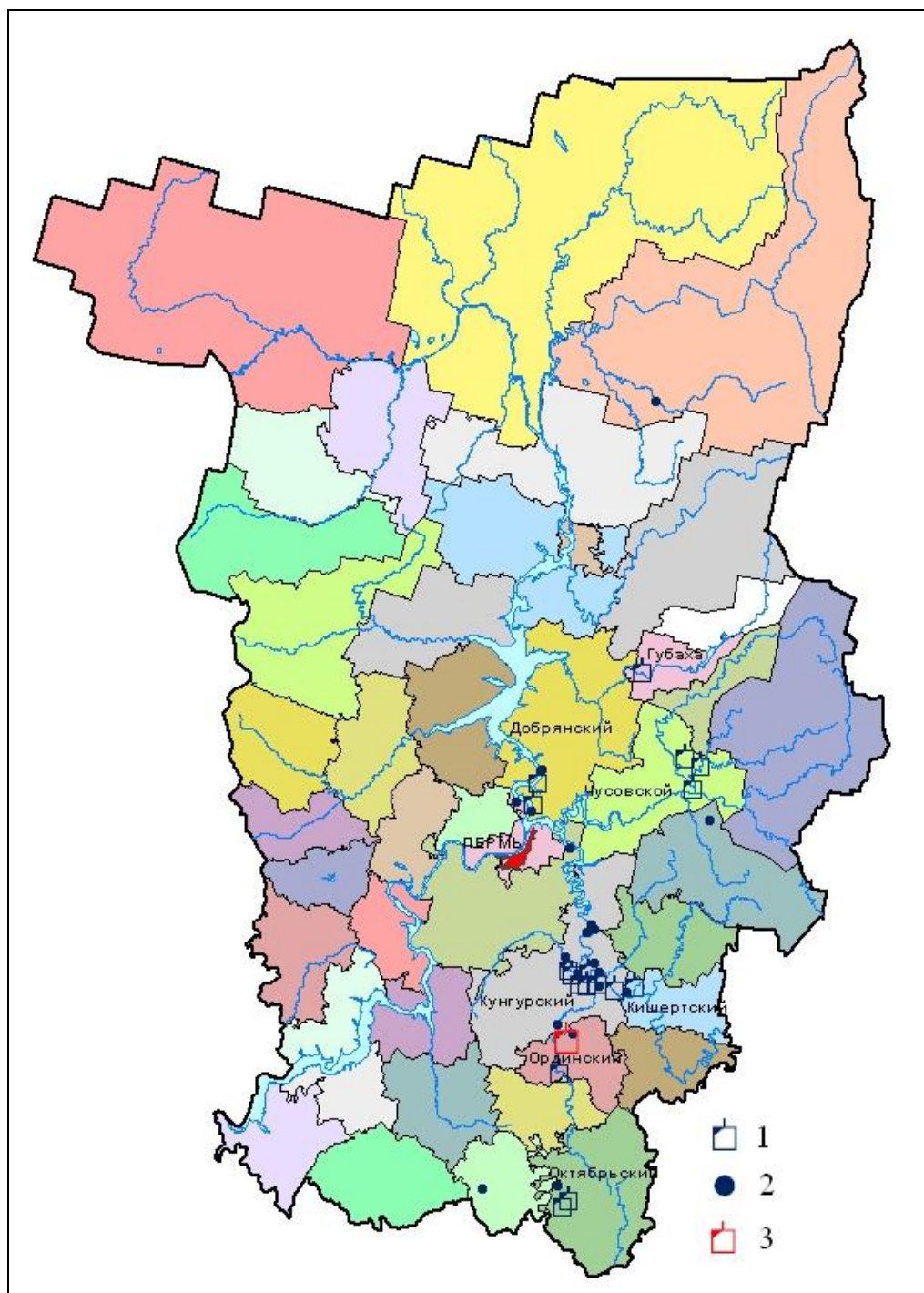


Рисунок 1 – Месторождения и проявления гипса на территории Пермского края: 1 – месторождения; 2 – проявления; 3 – Богомоловское месторождение

Гипс и ангидрит используются в производстве портландцемента, гипсовых вяжущих (строительный, формовочный и высокопрочный гипс), в медицинских целях, в изготовлении лепных и поделочных изделий, облицовочной плитки. Государственным балансом учитываются девять

месторождений гипса и ангидрита: Ергачинское, Дейковское, Шубинское, Чумкаское, Соколино-Саркаевское, Селищенское, Егоршины Ямы, Одиновское, Полазненское. Среди них самые крупные Соколино-Саркаевское, Чумкаское. В 2008 году экспертной комиссией по запасам Министерства природных ресурсов Пермского края утверждены запасы строительного гипса месторождения Богомолковский Лог (Юго-западный и Восточный участки) в количестве 30,9 млн.т, разведанные за счет собственных средств ООО «УралРесурс».

Месторождение гипса Богомолковское (Богомолковский Лог) расположено в 2,5 км севернее с. Красый Ясыл. С целью определения качественного состава, физико-механических свойств гипсового камня и оптимизации потерь при разработке месторождения проведены полевые, лабораторные и камеральные работы, которые позволили всесторонне оценить его инженерно-геологические условия.

Инженерно-геологические условия во многом определяют технологию разработки месторождений твердых полезных ископаемых. При этом глубина залегания продуктивной толщи, состав и физико-механические свойства слагающих продуктивную толщу и перекрывающих (вскрышных) горных пород являются наиболее важными геологическими признаками, определяющими параметры разработки месторождений.

Месторождение представлено двумя литологическими разновидностями сульфатных пород: гипсами и ангидритами (полезное ископаемое – гипс) залегающими на глубинах от 0,2 до 45,0 м. Гипс, слагающий полезную толщу, имеет окраску от белого до серого и темно-серого. Гипс разносетчатый: крупносетчатый гипс имеет более светлую окраску, чем мельче сетка, тем гуще окраска. Преобладающий тон гипса светло-серый. Гипс разнокристаллический, от скрыто- до крупнокристаллического, иногда с сахаровидным изломом.

В толще гипса встречаются некондиционные прослои, внутренний карст. Подстилаются гипсы ангидритами голубовато-серыми, сетчатыми, иногда с прожилками доломита по трещинам. Переход гипсовой толщи в ангидритовую то резкий, то постепенный. В последнем случае переходная зона представлена гипсо-ангидритами.

В геологическом строении района принимают участие отложения пермской и четвертичной систем. Характеристика геологического строения приведена по [3]. На земную поверхность повсеместно выходят отложения кунгурского и уфимского ярусов верхнего отдела пермской системы. Отложения кунгурского и уфимского ярусов сверху перекрыты осадками четвертичной системы.

Кунгурский ярус представлен иренской свитой. В разрезе чередуются пачки ангидритов и доломитов с подчиненным значением других пород. Выделяется семь пачек.

Ледянопещерская пачка (P_{1lp}) сложена темно-серыми и голубовато-серыми с прослоями доломитов мощностью до 1,5 м. Мощность пачки 16 м.

Неволинская пачка (P_{1nv}) сложена доломитами серыми, коричневатато-серыми, часто глинистыми, участками оолитовыми. Среди доломитов наблюдаются один, редко больше прослоев голубовато-серого ангидрита. Мощность пачки 9 - 11 м.

Шалашнинская пачка (P_{1sl}) сложена ангидритами голубовато-серыми, пятнистыми, с включениями глинистого и доломитового материала. Порода включает 2 - 3 прослоя доломитов мощностью 0,4-1,1 м. Мощность пачки 15 - 35 м.

Елкинская пачка (P_{1el}) сложена доломитами, редко доломитизированными известняками. Доломиты слабо загипсованные, включают прослои голубовато-серых ангидритов и черных мергелей мощностью 1,0 - 1,1 м. Мощность пачки 4 м.

Демидковская пачка (P_{1dm}) сложена ангидритами светло-серыми, голубовато-серыми, пятнистыми и мелкосетчатыми. Ангидриты включают прослои серого доломита мощностью 0,4-1,2 м. Мощность пачки 15 - 30 м.

Тюйская пачка (P_{1ts}) сложена доломитами, мергелями, ангидритами, глинами и магнезитами. Преобладают доломиты и мергели (75 %). Доломиты серые брекчиевидные, кавернозные, с включениями гипса, целестина, пирита и палыгорскита. Мощность пачки 6-22 м.

Лунежская пачка (P_{1ln}) сложена светло-серыми, участками голубовато-серыми, синевато-серыми, серыми ангидритами. Ангидриты включают маломощные прерывистые прослои доломитов и песчаников. Лунежская пачка знаменует главную фазу галогенеза на Восточно-Европейской платформе и является весьма перспективной на выявление месторождений поделочного гипса. С лунежской пачкой связаны месторождения поделочного гипса Егоршины Ямы, Буровое, Геологическое, Одиновское и другие. Мощность пачки составляет 50-75 м, в том числе ее гипсовой части 2-45 м.

На ряде гипсоносных площадей нижние пять пачек объединяются в нижнеиренскую подсвиту, а верхние две пачки в верхнеиренскую подсвиту.

Уфимский ярус в районе месторождения представлен соликамским горизонтом состоящим из двух пачек.

Нижнесоликамская пачка (P_{2s1_1}) сложена песчаниками, включающими прослои известковых доломитов, глинистых мергелей и гипсов. Степень выветрелости песчаников возрастает в восточном направлении. Среди песчаников наблюдаются прослои коричневого гипса и розового селенита. Мощность нижней пачки от 9 до 45 м.

Верхнесоликамская пачка (P_{2s1_2}) сложена чередованием бурых

глинистых песчаников, песчаных глин, алевролитов, известняков и крайне редко - гипсов. Мощность пачки 16 - 80 м.

Четвертичная система (Q) представлена элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями. Мощность отложений 8-10 м.

Согласно схеме гидрогеологического районирования Л.А.Шимановского [5] участок недр входит в гидрогеологическую область карстовых вод Уфимского плато. В районе месторождения распространены подземные воды в отложениях четвертичной системы, шешминского горизонта, соликамской и иренской свит, кунгурского и артинского ярусов. По отношению к месторождению значение имеет только иренский водоносный комплекс, в составе которого выделяется лунежский водоносный горизонт.

Карстовые воды лунежского горизонта имеют единое зеркало и представляет собой зону сплошного насыщения трещин и пустот водой. Водоупором карстовых вод являются карбонатные отложения туйской пачки иренской свиты. Глубина залегания вод в лунежской сульфатной толще от 5 до 55м. Подземные воды характеризуются неравномерными фильтрационными свойствами, что обусловлено разной степенью трещиноватости и закарстованности. Водообильность горизонта весьма неравномерна. Дебиты изменяются от 0,1 до 200 л/сек, наиболее характерны 0,1-3,0 л/сек. Химический состав вод является сульфатно-кальциевым с высокой минерализацией (2,5-3,0 г/л). Воды жесткие (до 30 мг-экв.).

На месторождении проявился подземный и поверхностный открытый карст. С карстовыми процессами связаны вопросы сохранности гипсовой толщи. Наибольшее влияние на сохранность гипсовой толщи оказывает поверхностный закрытый карст - карстовые воронки, сверху перекрытые четвертичными и нижнепермскими отложениями различной мощности. Заполнителем карстовых форм является глинистый песок, глина, дресва и щебень песчаников, гипса в количестве 20-30 %.

Внутренний карст на месторождении развит слабо. Участки с относительно высокой мощностью подземного карста располагаются в центральной части месторождения. Закарстованность составляет 25%. Высокая закарстованность связана преимущественно с развитием поверхностного закрытого карста под соликамскими отложениями.

Поверхностный открытый карст развит на всей площади месторождения. Однако небольшое количество воронок, наблюдаемое на восточной части площади, обусловлено не природными факторами, а техногенным воздействием. Поверхностный карст проявляется открытыми воронками с плотностью 550 штук на 1 км² (рис. 2). Диаметр воронок - от 5 до 30 м, в среднем 16 м. Глубина воронок изменяется от 1,3 до 10,8 м, в среднем 3,3 м. Воронки по форме преимущественно чаше- и блюдцеобразной формы, покрыты почвенно-растительным слоем, проросли деревьями [2].



Рисунок 2 – Поле карстовых воронок на территории месторождения

Для изучения физико-механических свойств пород на Богомоловском месторождении были отобраны пробы из скважин.

Результаты средних значений по основным физико-механическим показателям пород месторождения приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства пород месторождения

Название породы	Объемная масса, г/см ³			Удельный вес, г/см ³ среднее	Пористость объемная, % среднее	Пористость истинная, % среднее	Предел прочности		
	Мин.	Макс.	Среднее				в сухом состоянии		
							в водонасыщенном состоянии МПа		
Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	
Доломит (вскрыша)	2,46	2,48	2,47	2,59	3,95	4,63	$\frac{-}{44,5}$	$\frac{-}{47,6}$	$\frac{-}{46,4}$
песчаник (вскрыша)	2,26	2,41	2,33	2,37	0,79	1,69	$\frac{29,8}{17,0}$	$\frac{43,7}{43,7}$	$\frac{36,3}{30,8}$
гипс	2,27	2,30	2,28	2,31	0,48	1,30	$\frac{14,4}{13,9}$	$\frac{21,6}{19,5}$	$\frac{18,5}{17,1}$
гипсо-ангидрит	2,89	2,91	2,90	2,91	0,14	0,34	$\frac{-}{55,7}$	$\frac{-}{73,3}$	$\frac{-}{65,8}$
ангидрит	2,87	2,90	2,89	2,90	0,17	0,35	$\frac{-}{55,7}$	$\frac{-}{106,4}$	$\frac{-}{71,0}$

Оценка качества гипса выполнена в соответствии с ГОСТ 4013-82 «Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов». Технические условия. Гипсовый камень по содержанию гипса и гипсоангидритовый камень по суммарному содержанию гипса и ангидрита в пересчете на гипс подразделяются на сорта, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Сортность гипсового камня

Сорт	Содержание в гипсовом камне, %, не менее		Содержание в гипсоангидритовом камне, %, не менее	
	Гипса CaSO ₄ x 2H ₂ O	Кристаллизационной воды	Гипса и ангидрита в пересчете на CaSO ₄ x 2H ₂ O	Серного ангидрита SO ₃
1	95	19,88	95	44,18
2	90	18,83	90	41,85
3	80	16,74	80	37,20
4	70	14,64	-	-

В таблице 3 приводится качественный состав проб, отобранных из полезного слоя, в соответствии с требованиями ГОСТ 4013-82 по сортам.

Таблица 3 – Качественный состав проб полезного слоя

	Количество проанализированных проб и п.м.								Некондиционные прослой менее 1,0 м	
	Всего		В том числе по сортам							
			II		III		IV			
	Кол-во проб	П.м.	Кол-во проб	П.м.	Кол-во проб	П.м.	Кол-во проб	П.м.	Кол-во проб	П.м.
По категории С ₁										
в том числе в %	71	119,4	17	25,1	41	76,35	10	16,9	3	1,05
		100		21,0		63,9		14,2		0,9
По категории С ₂										
в том числе в %	80	109,8	29	34,1	38	57,4	10	16,8	3	1,5
		100		31,0		52,3		15,3		1,4
Всего по месторождению,										
в том числе в %	12	185,3	35	45,1	67	115,85	15	22,5	5	1,85
	2	100		24,3		62,5		12,2		1,0

Результаты исследований состава и физико-механических свойств горных пород показали, что на месторождении присутствует гипс II, III, IV сортов, но преобладает гипс III сорта как в контуре подсчета запасов категории C_1 , также и в категории C_2 [1].

На основании анализа инженерно-геологических условий месторождения можно сделать следующие выводы:

1. Месторождение характеризуется Благоприятными горно-геологическими и горнотехническими условиями эксплуатации: сравнительно неглубокое залегание, большая мощность и высокая устойчивость пород полезного слоя определяют открытый способ разработки;

2. Отработка вскрышных пород и полезного слоя возможна горизонтальными уступами сверху вниз и исходя из физико-механических свойств горных пород со следующими параметрами системы отработки: средняя высота уступа 10 м; углы откосов уступов по вскрыше и по полезной толще 45° .

3. Вскрыша на месторождении представлена выветрелыми породами, которые могут разрабатываться без применения буровзрывных работ, а продуктивная толща с применением буровзрывных работ.

Список литературы

1. Алванян А. К. Рабочий проект разработки и рекультивации Богомоловского месторождения строительного гипса. Том 1. ООО «УралГеоПроект». Пермь, 2009. 90 с.

2. Отчет о поисках и оценке месторождения строительного гипса на юго-западном участке Богомоловского лога в Ординском районе Пермского края. ООО «Каммир». Пермь, 2008. 150 с.

3. Умрихина В.В., Пушкин С.А. Отчет о поисках и оценке месторождения строительного гипса на Юго-западном участке Богомоловского лога в Ординском районе Пермского края ООО «Каммир», Пермь, 2008. 240 с.

4. Чайковский И.И., Даровских Н.А. Ординская группа месторождений. В кн.: Геологические памятники Пермского края. Энциклопедия. Горный институт УрО РАН. Пермь, 2009. С. 302-308.

5. Шимановский Л. А., Шимановская И. А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермское книжное издательство. Пермь, 1973. 273 с.