

# ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 552.53+622.23.02

DOI:10.7242/echo.2021.2.1

## О ВЛИЯНИИ ФОРМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЛИНИСТОГО МАТЕРИАЛА НА ПРОЧНОСТЬ КАМЕННОЙ СОЛИ

О.С. Каблинов, И.И. Чайковский  
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

**Аннотация:** Проведена типизация формы проявления глинистого материала в солях и показано ее влияние на прочность пород. Установлено, что повышенное содержание глинистого материала (выдержанные прослои и фрагментарные цепочки) существенно (до 24–34%) снижает прочность, в тех случаях, когда глинистое скопление локализовано в интервале 30–70% от высоты образца, то есть в прицентральной части. Другие формы обособления глинистого материала (дискретные и рассеянные) не оказывают какого-либо определенного влияния на прочность монолитов. Высказано предположение, что формирование начальных трещин, разрастание которых приводит к разрушению породы, начинается с фазовой границы (глина-соль) имеющей характер плоскости (а не точки). Выявленные зависимости позволяют объяснить наблюдаемый разброс в полученных значениях прочности солей.

**Ключевые слова:** Верхнекамское месторождение, физико-механические свойства солей, глинистый материал.

Многолетними работами установлено, что в процессе исследования прочности образцов соляных пород, подготовленных из одного монолита, отмечается существенный разброс значений [1, 2]. Среднее значение коэффициента вариации результатов конкретных испытаний достигает 30%.

Такой разброс значений объясняется многими причинами: влиянием размера, формы и соотношения сторон образцов, процентного содержания различных минералов, среднего размера зерен, угла наклона слоистости, увлажнение солей и др.

Начиная с работ В. Гимма [4], показавшего существенное влияние глинистых прослоев на устойчивость горных выработок немецкого цехштейна, снижение прочностных свойств отмечено на Старобинском и Верхнекамском месторождениях [1–3]. Н.М. Проскуряковым и др. [2] было показано, что глинистые прослои, расположенные в различных сечениях по высоте образца, выступали в роли места зарождения трещин, разрастание которых приводило к разрушению образца.

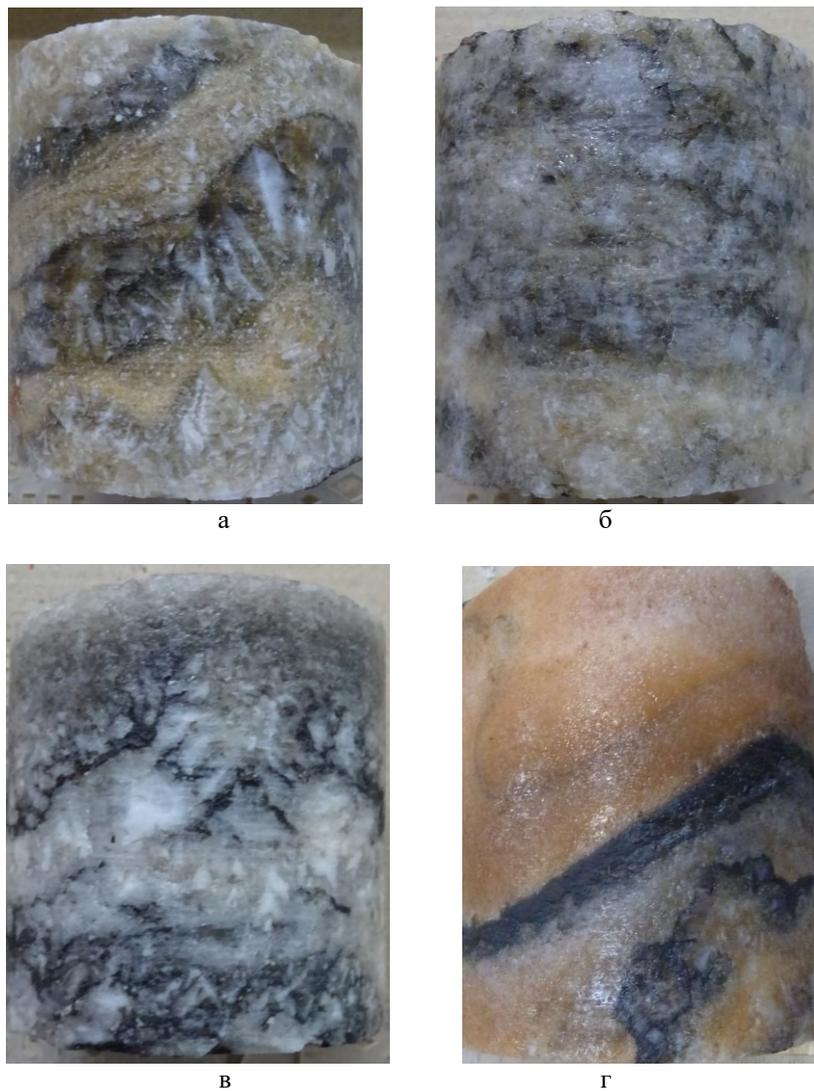
Для количественной оценки влияния глинистого материала на прочность каменной соли была выполнена типизация формы его проявления, измерение пространственного положения по высоте образца и сопоставление полученных данных с результатами физико-механических испытаний, полученными в лаборатории физических процессов освоения георесурсов ГИ УрО РАН.

По характеру выделения (распределения) глинистого материала все каменные соли Верхнекамского месторождения могут быть разделены на четыре группы (рис. 1): а) рассеянный в пределах слоя (обычно в перистой соли); б) дискретные (гнездовые) сгустки; в) цепочечные выделения (фрагментарные цепочки вдоль слоистости); г) выдержанные прослои.

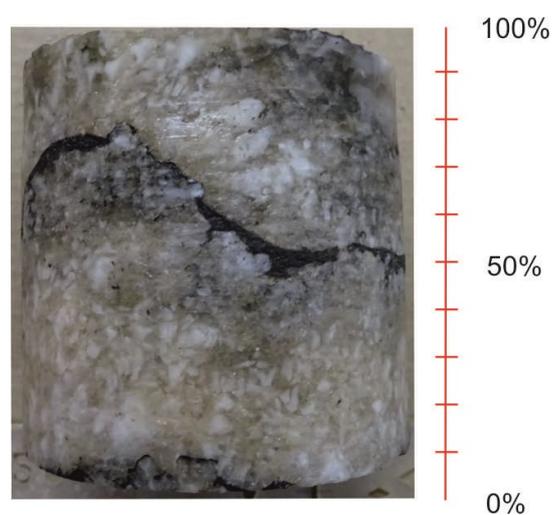
Для измерений использовались только образцы с горизонтальным и пологим углом падения. В последнем случае вычислялось среднее значение в % (рис. 2). Образец ориентировался согласно напластованию.

Из выборки также исключались образцы с техногенными трещинами расслоения и образцы без видимых включений глины.

В качестве основы для построения графиков использованы результаты 319 испытаний, из которых рассеянные составляют 41, дискретные – 13, цепочечные – 34 и выдержанные прослои – 12%.



**Рис. 1.** Форма выделения (распределения) глинистого материала в каменной соли Верхнекамского месторождения  
а) рассеянный в пределах слоя (обычно в перистой соли); б) дискретные (гнездовые) сгустки;  
в) цепочечные (фрагментарные) выделения вдоль слоистости; г) выдержанные прослой



**Рис. 2.** Определение пространственного положения глинистого скопления по высоте образца

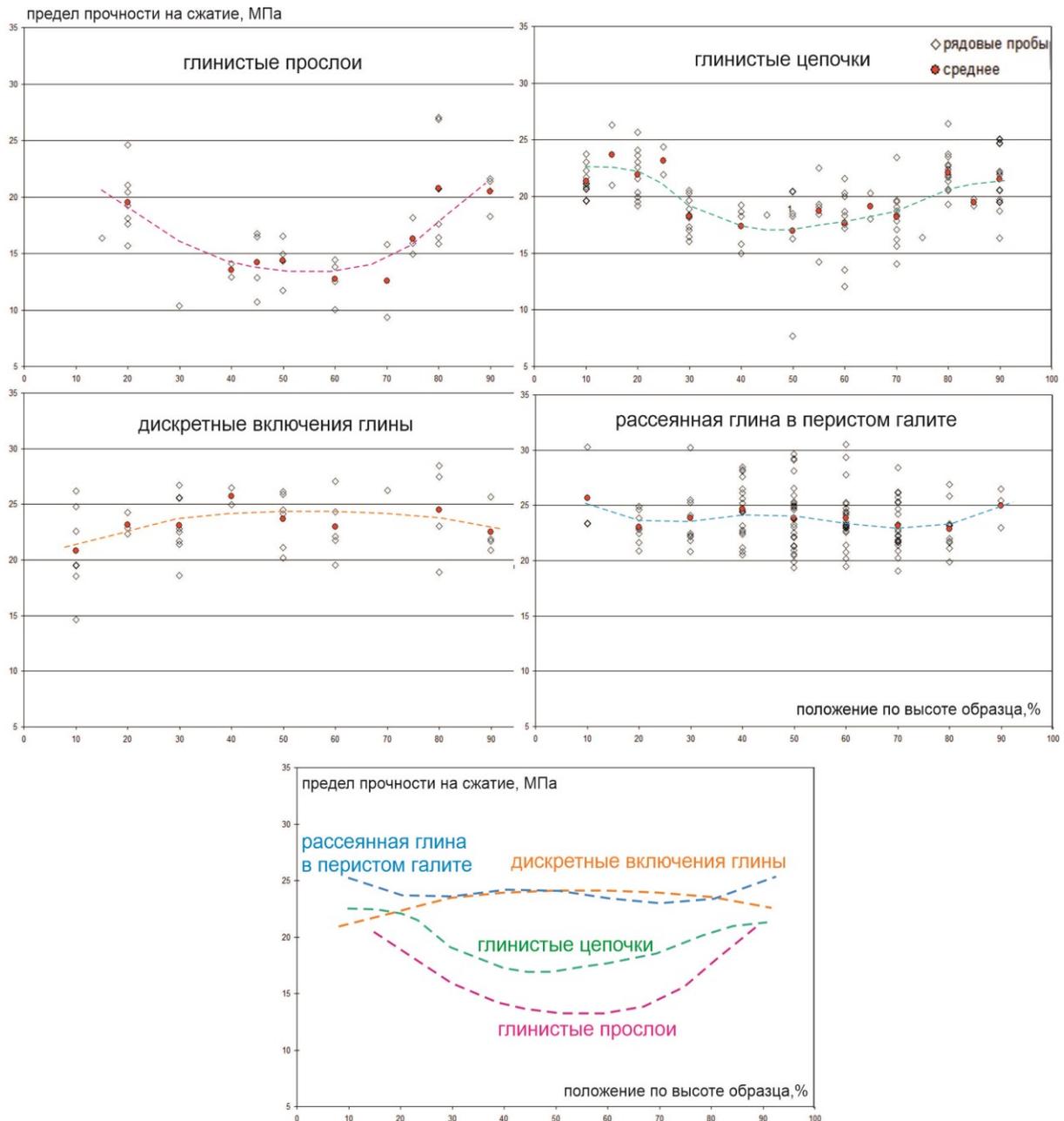
Построение графиков показало, что повышенное содержание глинистого материала (выдержанные прослои и фрагментарные цепочки) действительно оказывают существенное влияние на прочность, однако только в тех случаях, когда глинистое скопление локализовано в интервале 30–70% от высоты образца, то есть в прицентральной части. Другие формы обособления глинистого материала (дискретные и рассеянные) не оказывают какой-либо определенного влияния на прочность монолитов.

Таким образом, глинистый материал в подвергнутых испытанию монолитах действительно оказывает влияние на значение предела прочности на сжатие в тех случаях, когда его обособления относительно велики (прослои и фрагментарные цепочки) и занимают прицентральной часть. В других случаях глинистый материал не влияет на прочность пород. Следовательно, для формирования начальных трещин, разрастание которых приводит к разрушению породы, нужна фазовая граница (глина-соль) имеющая характер плоскости, которая реализуется в случае наличия прослоя или цепочечного выделения. Выявленные зависимости позволяют объяснить наблюдаемый разброс (до 24% для глинистых цепочек и 34% для выдержанных прослоев) в полученных значениях прочности солей.

Таблица

Средние значения предела прочности на сжатие ( $\sigma_{сж}$ ),  
МПа для различных типов обособлений глинистого материала

Положение глинистого материала по высоте образца, %	Типы глинистых обособлений			
	Выдержанные прослои	Фрагментарные цепочки	Дискретные сгустки	Рассеянные в пределах слоя
10	–	21,32	20,82	25,66
15	16,37	23,66	–	–
20	19,53	21,92	23,15	22,33
25	–	23,14	–	–
30	10,36	18,27	23,11	23,84
35	–	–	–	–
40	13,51	17,38	25,74	23,99
45	14,2	18,37	–	–
50	14,38	16,94	23,66	23,64
55	–	18,71	–	–
60	12,72	17,68	22,95	23,16
65	–	19,15	–	–
70	12,58	18,17	26,23	22,91
75	16,32	16,36	–	–
80	20,75	22,11	24,48	22,88
85	–	19,45	–	–
90	20,46	21,47	22,52	24,96



**Рис. 3.** Зависимость предела прочности на сжатие от распределения глинистого скопления по высоте образца

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 198 с.
2. Проскураков Н.М., Пермяков Р.С., Черников А.К. Физико-механические свойства соляных пород. – Л.: Недра, 1973. – 272 с.: ил.
3. Чайковский И.И., Каблинов О.С. О геологических причинах, влияющих на прочность образцов солей Верхнекамского месторождения // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. ГИ УрО РАН по результатам НИР в 2008 г. – Пермь, 2009. – С. 5–7.
4. Gimm W. Kali- und Steinsalz Berbau. Bd. 1. Aufschluss und Abbau von Steinsalzlagerstätten. – Leipzig, 1966.