

ЕЩЕ РАЗ О КЛАССИФИКАЦИИ МЕТОДОВ, ПРОЦЕССОВ И СПОСОБОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Сулакшин С.С.

В статье предлагается схема систематизации известных методов и способов разрушения горных пород при бурении скважин и их классификация по сопоставимым признакам: механизму разрушения породы, используемой энергии и средств или способов ее реализации.

Вопросу разрушения горных пород (РГП) при бурении скважин в разное время уделялось большое внимание многими учеными (Л.А. Шрейнер, Р.М. Эйгелес, А.И. Спивак, М.Р. Мавлютов и др.). Занимался этой проблемой и автор данной статьи.

В первых работах автора было уделено определенное внимание систематизации, прежде всего способов РГП при бурении скважин, в результате чего было предложено ряд схем их классификации [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Однако в работах некоторых исследователей время от времени появляются псевдоклассификации в этой области знаний, не имеющие ни классификационных признаков, ни надлежащей терминологии.

Так, например, в предложенной классификации Б.М. Ребрика и Л.И. Куника [2], несмотря на правильную постановку вопроса и подробные пояснения принципа составления классификаций, единого классификационного признака не оказалось, а названия некоторых способов бурения очень надуманны или совершенно неприемлемы: "ударно-ключевой способ", "вдавливаемый способ", "всасывающий" способ, "способ бурения всухую" и др.

Предложенная в последнее время классификация способов бурения в виде блок-схемы в учебнике четырех авторов [1] также не имеет ничего общего с классификацией, а представляет собой перечень многочисленных вариантов названий способов бурения, определяемых по многочисленным несопоставимым признакам. В этом перечне способов бурения не просматривается никакой системности. Созданное положение вынудило меня обратиться к этой проблеме еще раз.

Как известно, РГП может осуществляться с реализацией различных процессов: механических, физических, физико-химических и химических.

Процесс механического разрушения заключается в разделении некоторого объема твердого тела (породы) на элементы того или иного размера под действием силового поля при разрыве связей, характеризующих прочность твердого тела. Происходит такой процесс при создании концентрированных напряжений, превышающих сопротивление сил внутренних связей в некотором объеме породы.

Разрушающие напряжения могут формироваться при этом под действием внешних сил, прилагаемых к внедряемому в породу специальному инструменту (индентору), обладающему обычно большей прочностью, чем сама порода (рис. 1, а, б). Кроме того, процесс механического РГП может быть вызван иными средствами, например, с помощью высоконапорной струи жидкости (рис. 1, в), действием взрывной волны или воздействием ультразвуковых волн в определенном режиме.

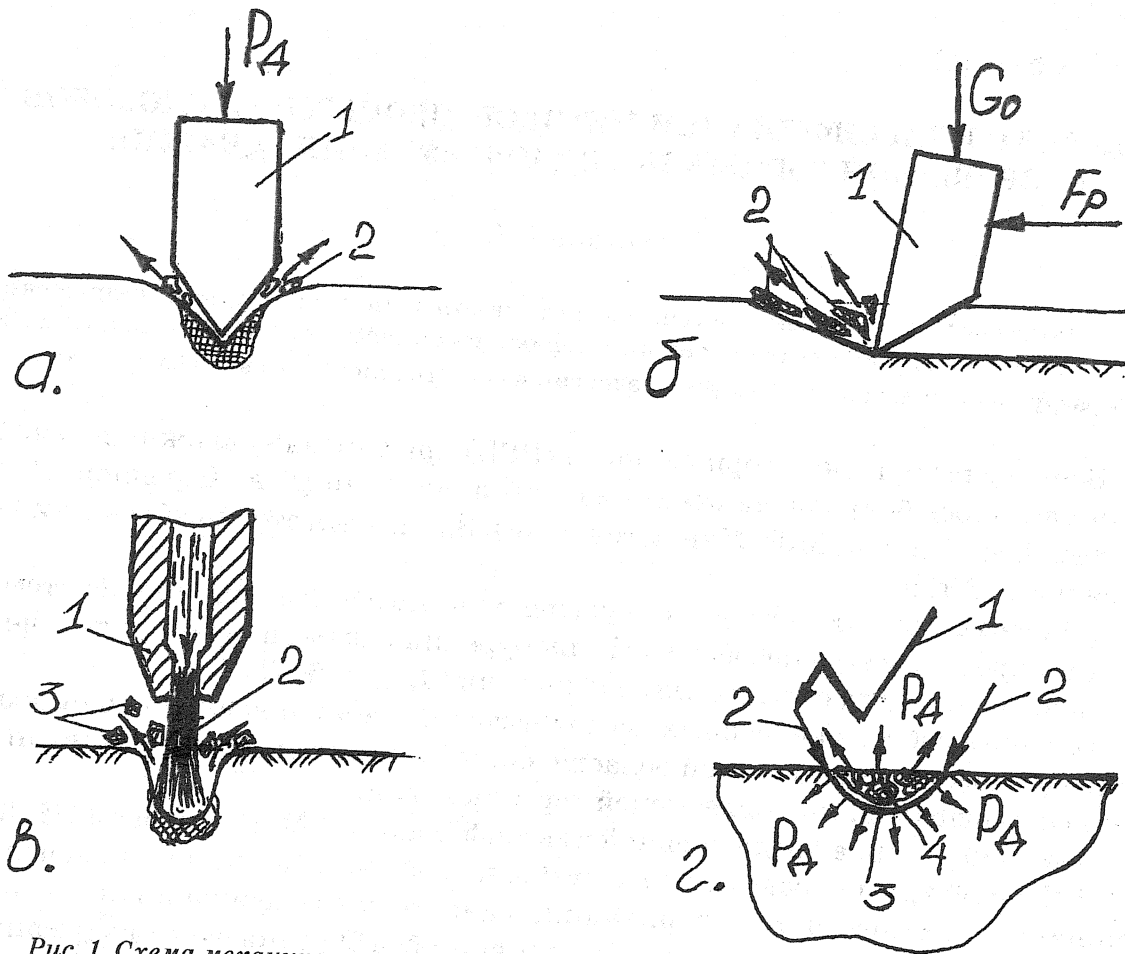


Рис. 1. Схема механического разрушения горных пород действием силового поля:
 а – ударной нагрузки P_d , передаваемой индентором породе: 1 – индентор клиновидной формы; 2 – продукты разрушения; б – осевой нагрузки G_o и силы резания F_p : 1 – резец (индентор); 2 – продукты разрушения; в – высоконапорной струи жидкости: 1 – гидромониторная насадка; 2 – струя жидкости; 3 – продукты разрушения; г – высоковольтным электрическим разрядом с формированием ударной нагрузки P_d в канале разряда: 1 – высоковольтный разряд; 2 – электроды; 3 – канал разряда; 4 – отделяемые элементы породы

Наряду с этим разрушающие напряжения могут создаваться и в результате действия механических сил, возникающих внутри образца породы. Например, при его нагревании или действии высоковольтного импульсного очень короткого разряда электрического тока большой мощности (рис. 1, г).

Следует подчеркнуть, что разрушение породы во всех перечисленных случаях представляет собой в конечном итоге процесс механического нарушения ее сплошности в том или ином объеме с отделением некоторых элементов – частиц или кусочков, без изменения состава и свойств самой породы (ее природы). Поэтому протекающие при таких способах воздействия на породу процессы разрушения, естественно, относятся к процессам физико-механического характера (табл.1).

Кроме того, разрушение породы может происходить и с коренным, глубоким изменением ее качества или состава и состояния, вследствие действия химических или физико-химических процессов, таких, как: плавление, горение или растворение самой породы – на уровне разрушения молекулярных связей. При этом определенный объем горной породы переходит в иное состояние – паро- или газообразное, другую модификацию с иными свойствами, в расплав или раствор и др.

Таблица 1

Схема классификации методов и процессов разрушения горных пород
(по С.С. Сулакшину)

Методы разрушения	Процессы разрушения	Механизм разрушения породы	Вид используемой энергии
I Физико-механический	Смятие Раздавливание Дробление Скалывание Отрыв Резание Истирание Шелушение Растрескивание Раскалывание	Механическое нарушение связей между элементами без изменения состава и свойств вещества, слагающего породу	Механическая Тепловая Электромагнитная Электрическая Гидродинамическая
II Физико-химический	Плавление Испарение Горение Растворение	Нарушение связей между элементами с изменением состава и свойств вещества, слагающего породу	Термическая Термоплазменная Термоядерная Электроннолучевая Химическая

Метод разрушения пород, при котором возникают такие процессы, может быть назван физико-химическим (табл.1).

Очевидно, отнесение к той или иной группе любого способа разрушения пород следует делать, руководствуясь процессом, который является главным, преобладающим в том или ином случае.

Таким образом, в основу классификации методов и способов РГП могут быть положены 3 признака:

- характер процесса, протекающего при разрушении породы, т.е. сам механизм ее разрушения – физико-механический или физико-химический;
- средство воздействия на породу при ее разрушении: с помощью специального инструмента или без него;
- вид применяемой энергии (механическая, гидравлическая, тепловая, электрическая или химическая).

Используя первый признак, можно выделить два основных метода разрушения пород: физико-механический метод, заключающийся в механическом нарушении связей между частицами без изменения состава разрушаемого материала и физико-химический (или химический), когда нарушение связей происходит с изменением природы (состава) разрушаемого материала (табл.1).

Реализация физическо-механического метода РГП может осуществляться с использованием различных видов энергии и средств: механической (сило-вое поле), тепловой (температурное поле), электромагнитной, гидродинамической, электрической, энергии взрыва и др.

При этом реализация того или иного вида энергии может осуществляться с применением специальных породоразрушающих инструментов или без

них. В конечном счете, в этом случае порода разделяется на элементы под действием силового поля, т.е. чисто механически.

При использовании ПРИ процессами разрушения породы являются (табл.1): смятие породы, раздавливание, дробление, скалывание, сдвиг, отрыв элементов, резание, истирание (износ) и др.

При РГП без ПРИ реализуются такие процессы разрушения, как шелушение породы, растрескивание и раскалывание.

Физико-химический метод осуществляется без ПРИ с использованием энергии физического или химического характера: термическая (сверхвысокое температурное поле); термоплазменная; термоядерная; электронно-лучевая; химическая и др.

Разрушение горных пород при использовании таких видов энергии характеризуется и определенными процессами (табл. 1): плавление породы, горение, испарение, растворение.

Таблица 2

Схема классификации способов разрушения горных пород
(по С.С. Сулакшину)

Способы разрушения пород		Характер процесса разрушения пород
Класс	Группа	
1. Разрушение с помощью породоразрушающего инструмента	Механические способы разрушения	Механическое нарушение связей между элементами породы под действием силового (механического поля)
	Гидравлические Термические Взрывные Электрические	
2. Разрушение без породоразрушающих инструментов	Физико-химические	Разрушение породы под действием вещественного (растворение) или высокотемпературного поля (плавление)
	Гидромеханическое Термомеханическое Взрывомеханическое	Разрушение породы при одновременном действии силового, температурного и вещественного полей

Второй признак классификации - это средства реализации перечисленных методов РГП (табл. 2): специальные породоразрушающие инструменты, внедряемые в породу под действием некоторой силы (нагрузки) статического или динамического характера; различные физические поля, например - тепловое, вызывающее расширение твердого материала (минералов) с формированием силового поля, разрушающего связи между элементами, слагающими породу, или плавление, горение, испарение; движение высоконапорной струи раскаленных газов (воздуха); силовое поле взрывной волны; движение высоконапорной струи жидкости с большой скоростью; гидравлический удар; высоковольтный электрический разряд, вызывающий пробой диэлектрика и его

разрушение силовым полем; действие химически активной (агрессивной) среды, вызывающей растворение твердого тела, плавление или горение.

Используя рассмотренные признаки, можно классифицировать все известные способы РГП и возможные способы бурения скважин, объединив их в три основных класса (табл. 3):

Таблица 3

Классификации способов разрушения пород и бурения скважин
(по С.С. Сулакшину)

Класс	Группа	Наименование разновидностей способов разрушения пород или бурения
1	Разрушение пород с помощью породоразрушающих инструментов	1. Механические способы разрушения 1. Ударный 2. Вращательный 3. Ударновращательный 4. Вибрационный 5. Вибрационновращательный 6. Задавливанием бурового снаряда
	2	Разрушение пород без породоразрушающих инструментов
3. Термические способы разрушения *		1. Термодинамический 2. Термостатический 3. Термоэлектрический 4. Термоиндукционный 5. Термоэлектродуговой 6. Термоплазменный 7. Термогазолазерный 8. Термоэлектроннолучевой 9. Термоядерный 10. Огневой 11. Термоциклический
4. Взрывоударные способы		1. Взрывами твердых ВВ 2. Взрывами жидких ВВ
5. Электрические способы		1. Электроискровой или электроимпульсный
6. Способы разрушения растворением породы		1. Разрушение породы растворением водой 2. Разрушение породы химически-активными веществами
3		Комбинированные способы разрушения
	8. Термомеханические	1. Термовращательный 2. Вращательно-термоэлектродуговой 3. Термоэлектромагнитно-вращательный 4. Термомеханический
	9. Взрывомеханические	1. Взрывовращательный

I класс- Разрушение пород с помощью породоразрушающих инструментов.

II класс- Разрушение пород без породоразрушающих инструментов.

III класс- Комбинированные способы разрушения пород.

Используя первый признак, в каждом классе выделяются определенные группы способов разрушения (в данном случае 9 групп). Наконец, по этому же признаку можно выделить большое количество разновидностей способов бурения скважин.

К первому классу в принятой классификации относится группа способов, широко используемых в практике бурения разведочных скважин, именуемых обычно механическими способами. Сюда относятся такие способы, при которых процессы разрушения связаны исключительно с проявлениями механических свойств пород (прочность, твердость, хрупкость, пластичность, абразивность и др.).

При этом напряжения в породе, превышающие ее прочность, создаются механическими средствами: давлением, ударами, вибрацией или вращением инструмента относительно забоя. В результате силового воздействия в породе протекают физические процессы чисто механического разрушения твердого тела: смятие и раздавливание, дробление, скалывание, резание и др. Практически эти процессы реализуются при использовании специальных породоразрушающих инструментов (ПРИ): режущего, режуще-скалывающего, режуще-раздавливающего, режуще-истирающего, раздавливающего, дробяще-скалывающего действия и др.

Во второй класс попадает несколько групп, способов, при реализации которых разрушение пород происходит как под действием силового поля, создаваемого без использования специальных породоразрушающих инструментов, так и под действием непосредственно физического или вещественного поля. В последнем случае разрушение происходит за счет физико-химических процессов, протекающих под действием, например, сверхвысокой температуры или при растворении вещества, образующего породу.

Наконец, к третьему классу относятся способы комбинированного воздействия на породу, осуществляемые при реализации одновременно тех или иных способов первого и второго классов.

Каждая из приведенных групп способов РГП включает большое количество разновидностей, характеризующихся определенными признаками.

Положив в основу наименования способов бурения скважин, рассмотренные признаки, их легко классифицировать. При этом любой новый способ бурения попадает в определенную группу предлагаемой классификации.

В заключение следует сказать, что в принятых и широко применяемых названиях способов бурения закладываются признаки, характеризующие не сам способ бурения (разрушения породы), а условия его реализации или цель бурения. Например, разведочное бурение, нефтяное бурение, морское бурение, твердосплавное, алмазное, шарошечное бурение, шпindelное, роторное, перфораторное, высокооборотное, медленновращательное, глубокое, колонковое, бескерновое, эксплуатационное бурение и т.д. и т.п.

Нетрудно понять, что по всем этим признакам невозможно создать единую классификацию способов бурения.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский, Н.В. Соловьев. Разведочное бурение: Учебник для вузов. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000.- 748 с.

2. Б.М. Ребрик, Л.И. Куник. Эффективность и качество бурения инженерно-геологических скважин. М.: Недра, 1978.- 128 с.

3. С.С. Сулакшин. Основы теории разрушения горных пород и удаления продуктов разрушения при бурении скважин. Учебное пособие. Изд-во ТГУ, Томск, 1964.- 246 с.

4. С.С. Сулакшин. Современные способы разрушения горных пород при бурении скважин. Недра, М.: 1964.- 105 с.

5. С.С. Сулакшин. О классификации способов разрушения горных пород, применяемых при бурении скважин. Изв. вузов. Геология и разведка.- №2. М.: МГРИ, 1964. с. 118-126.

6. С.С. Сулакшин. О классификации способов бурения скважин. Изв. вузов. Геология и разведка. №1. М: МГРИ, 1967. с. 123-130.

7. С.С. Сулакшин. К вопросу о классификации способов разрушения горных пород и бурения скважин (Тезисы доклада). Межвуз. сб. научн. трудов. № 10. М.: МГРИ, 1987. с. 5-19.

8. С.С. Сулакшин. К вопросу о классификации способов разрушения пород при бурении скважин (Тезисы доклада). Сб. матер. научной конференции, посвященной 100 - летию со дня рождения Ф.А. Шамшева. С.-Петербург, 1993. с. 1-2.

УДК 622.02

ONCE AGAIN ABOUT THE CLASSIFICATION OF METHODS, PROCESSES AND WAYS OF ROCK DESTRUCTION AND WELL DRILLING

S.S. Sulakshin

The article provides the classification of known methods and ways of rock destruction during the process of drilling.

Furthermore, the classification of these methods on the comparable basis, such as rock destruction mechanism, kind of rock destruction tool and varieties of energy, is also described in the paper.