

УДК 622.244.44.063.2

## О механизме упрочнения слабосвязных горных пород фильтратом бурового раствора

Блинов П. А.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) им. Г. В. Плеханова, Санкт-Петербург, Россия*

Поступила в редакцию 01.03.11, принята к печати 18.03.11

### **Аннотация**

При бурении геологоразведочных скважин традиционными способами в слабосвязных и несвязных породах, представленных песками, валунно-галечными и моренными отложениями происходит сужение и обрушение ствола скважины, что приводит к прихватам бурового инструмента, перебурке уже пройденных интервалов и обуславливает усложнение конструкций скважин. В настоящее время эта проблема решается путем разработки специальных составов промывочной жидкости, способных за счет своих крепящих свойств удерживать ствол скважины в устойчивом состоянии. Упрочнение слабосвязных горных пород в процессе бурения представляет собой сложный физико-химический процесс взаимодействия разобщенных твердых частиц.

Ключевые слова: упрочнение, песок, ствол скважины.

Результаты бурения геологоразведочных скважин и, как следствие, динамика прироста запасов полезных ископаемых, во многом зависят от эффективности проходки бурением интервалов скважин, представленных толщей слабосвязных и несвязных горных пород.

При бурении геологоразведочных скважин традиционными способами в слабосвязных и несвязных породах, представленных песками, валунно-галечными и моренными отложениями происходит сужение и обрушение ствола скважины, что приводит к прихватам бурового инструмента, перебурке уже пройденных интервалов и обуславливает усложнение конструкций скважин, увеличение металлоемкости за счет постановки дополнительных обсадных колонн и удорожание процесса бурения.

В настоящее время эта проблема решается либо путем создания технических средств и технологий бурения с одновременным креплением ствола скважины колонной обсадных труб, либо за счет разработки специальных составов промывочной жидкости, способной за счет своих крепящих свойств удерживать ствол скважины в устойчивом состоянии. Применение специальных составов промывочных жидкостей является неотъемлемой частью первого способа и по экономическим и технологическим параметрам более выгодно.

Упрочнение слабосвязных горных пород в процессе бурения представляет собой сложный физико-химический процесс взаимодействия разобщенных твердых частиц. Возникновение новообразований происходит за счет непосредственных контактов частиц между собой или через прослойки воды и адгезивов при прокачивании последних в системе скважина – массив горных пород. Механизм структурообразования, во многом, зависит от условий контактирования твердых частиц, покрытых клеевой пленкой, в период проходки пород бурением.

Процесс структурообразования в этом случае следует рассматривать как склеивание адгезивами разобщенных твердых материалов. Система горная порода – промывочная жидкость является дисперсной системой, где дисперсионная среда – промывочная жидкость, обогащенная адгезивом, а дисперсная фаза – зерна (частицы) горной породы. Для нее характерны специфические процессы взаимного расположения и взаимосвязи отдельных элементов, которые могут быть объяснены с позиций явлений адгезии, аутогезии и когезии. Образование структуры в такой дисперсной системе происходит в виде следующих стадий: проникновение адгезива в составе промывочной жидкости в толщу горных пород; их адсорбирование на поверхности

твердых частиц с перекрытием свободного порового пространства и созданием связей в системе субстрат – адгезив; набор пластической прочности клеевой прослойки и, соответственно, системы горная порода – промывочная жидкость (субстрат – адгезив). Каждому этапу структурообразования присущи свои специфические особенности и характерные требования.

Рассмотрим процесс структурообразований на примере ОТП (омыленного талового пека). Общая картина механизма структурообразования в толще слабосвязных горных пород следующая. Процессы адгезионного взаимодействия твердых частиц с адгезивом (ОТП) приводят к интенсивному их прилипанию (табл. 1). В результате в адгезиве (ОТП) происходят значительные структурно-химические изменения. В клеевой пленке появляются два слоя: адсорбционный, вязкость, плотность и прочность которого убывают по мере удаления от твердой поверхности, и объемный, который по своим свойствам не отличается от исходного адгезива. Дальнейшие процессы структурообразования обусловлены аутогезией. Для нее характерно - прилипание контактирующих пленок связующего. В поровое пространство в процессе бурения проникают все новые и новые порции промывочной жидкости, содержащей ОТП, что приводит к постепенному наращиванию толщины клеевых пленок на частицах горных пород. За счет этого на поверхности частиц наблюдается процесс возникновения коалесценции пленок адгезива (ОТП).

Табл. 1. Определение коэффициента липкости

Состав бурового раствора	Коэффициент липкости, $K_L$		
	1 мин	10 мин	30 мин
10 % глины	0,38	0,47	0,71
10 % глины, 2 % ОТП	0,54	0,78	0,94

Промывочная жидкость, адсорбирующая на поверхность порового пространства ОТП, продвигается вглубь толщи пород, удаляясь от приствольной зоны скважины (рис. 1, табл. 2). Несмотря на непрерывное наращивание адсорбционных слоев ОТП на поверхности порового пространства, обеспечить равномерное покрытие клеевой пленкой каждое твердое зерно невозможно. Поэтому, в период взаимодействия субстрата (зерен породы) и адгезива (ОТП), происходит определенная коалесценция твердых зерен вокруг тонкодисперсных частиц ОТП. Образуются малопрочные субстрат-связующие комплексы (ССК) (рис. 2).

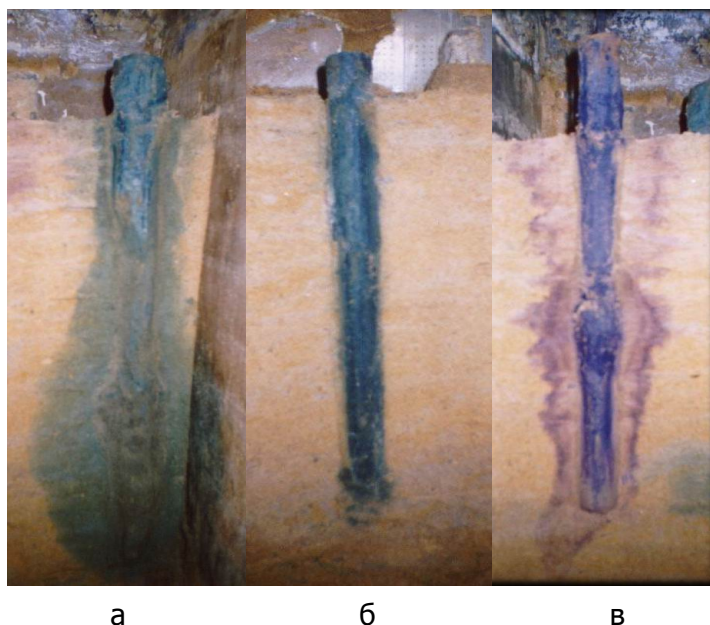


Рис.1. Проникновение окрашенных растворов: а – вода; б – глинистый раствор; в – глинистый раствор с добавкой ОТП

С повышением вязкости дисперсной системы субстрат-связующие комплексы и отдельные зерна, покрытые ОТП, контактируют между собой, в результате образуются более крупные

объединения - вторичные ассоциаты (рис. 3). Взаимодействие внутри ассоциатов происходит за счет аутогезионных связей. В начальный момент контакты идут по объемным слоям. В дальнейшем усиливаются диффузионные процессы. На прочность аутогезии влияют связи, возникшие за счет механического застревания молекул связующего, переходящих из одного слоя в другой. В зависимости от эффекта наполнения ССК и обволакивания отдельных зерен адгезивом внутри вторичных ассоциатов создается различная энергия аутогезии. Если преобладают ССК и крупные зерна с большим содержанием объемного слоя адгезива то образуются очень большие ассоциаты или их целый массив (рис. 2). Поверхность их покрывается пленкой высоковязкого и липкого клея. Вновь образованные структуры (массивы) низкопрочны и легко слипаются. При повышении вязкости аутогезионная связь между сильно структурированными оболочками ССК может вообще не возникнуть. В этом случае агрегированию будут подвергнуты лишь первичные образования. Для их уплотнения потребуются дополнительные большие усилия, которые сложно создать в скважинных условиях. Возникнут чрезмерно высокие упругие деформации, которые ослабят структурный каркас новообразований. Максимальная аутогезия достигается, когда во вторичных ассоциатах преобладают ССК третьего типа. Для этих ассоциатов характерно образование прочно упакованных структур с минимальным упругим последствием.

Табл. 2. Сравнение глубин проникновения в породу воды, глины и ОТП

Раствор	Глубина проникновения, м·10 <sup>-3</sup>		
	Минимальная	Максимальная	Средняя
Вода	20	300	250
10 % глинистый раствор	0	20	10
10 % глинистый раствор с добавкой ОТП 2%	30	300	200

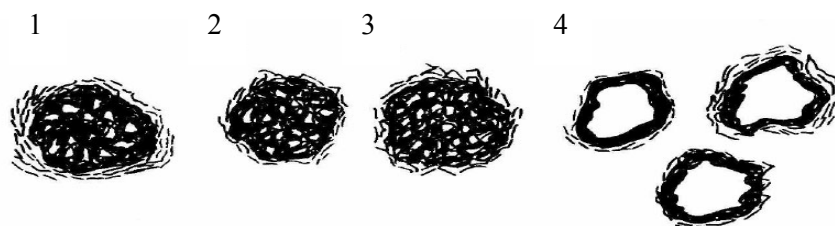


Рис. 2. Первичные структурные элементы системы субстрат – связующий комплекс различных видов: 1-3 – первый, второй, третий типы; 4 – отдельные зерна, покрытые адгезивом



Рис. 3. Вторичные ассоциаты

Массивы отвечают максимальным значениям прочности и сдвиговым деформациям. Образования таких массивов обусловлено наличием бокового давления, давлением потоков промывочной жидкости, расклинивающих усилий, адсорбирующихся на поверхности зерен породы адгезивов и давления вышележащих горных пород, которые создают плотную упаковку отдельных зерен, субстрат - связующих комплексов и вторичных ассоциатов. В элементарном объеме такого массива давление уплотнения вызывает контактирование по адсорбционным слоям клеевой пленки и высокое внутреннее трение всей системы. Отдельные стадии уплотнения системы показаны на рис. 4.

В момент соприкосновения разобщенных вторичных ассоциатов связь между ними осуществляется исключительно за счет аутогезионных контактов по объемному слою адгезива. Расстояние между вторичными ассоциатами превышает сумму толщины структурированных оболочек адгезива. Сила сцепления внутри такой рыхлой и вязкой системы мала (рис. 4а). Под действием сил гравитации и давления потоков промывочной жидкости начинается процесс аутогезионного упрочения системы. Адгезив начинает течь, и самодиффузия приобретает направленный характер. Уплотняющие усилия обеспечивают начало сближения твердых зерен и ССК до соприкосновения адсорбционных слоев адгезива (рис. 4б). Объемный слой адгезива под действием деформационных напряжений сравнительно легко начинает переходить в пустоты структурного каркаса. Это способствует дополнительному упрочению структуры. Дальнейшее нарастание давления приводит к сближению твердых зерен и ССК на расстояние, меньшее суммы толщин адсорбционных слоев (рис. 4в). В результате аутогезия образовавшейся новой структуры приближается к когезии адсорбционных структурированных оболочек. Равенство аутогезии и когезии достигается, когда клеевые прослойки близки к толщине одного граничного слоя. К этому времени происходит предельное заполнение пустот объемным адгезивом, играющим роль упругого демпфера.

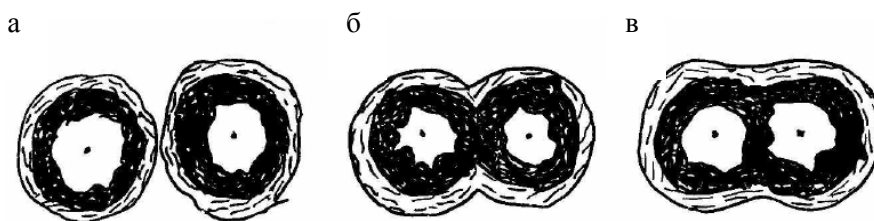


Рис. 4. Отдельные стадии уплотнения системы при структурообразовании: а – начальная стадия структурообразования; б – контактирование по адсорбционным слоям пленки адгезива; в – конечная фаза структурообразования

В процессе структурообразования важным фактором, повышающим общую прочность системы, является интенсивное внутреннее трение зерен горных пород. Усиление контактов за счет трения выступающих граней частиц служит источником дополнительной энергии повышения плотности упаковки зерен в системе. Максимальная прочность возникающих новообразований достигается при отсутствии динамических нагрузок на стенки скважины, то есть в период подготовки к креплению скважины, либо в период простоев. Когезия адгезивов в этот период приобретает максимальные значения.

### Библиографический список

1. Аветисян Н.Г. Выбор типа бурового раствора для бурения в неустойчивых породах. – Обзор. информ. Сер. Бурение. – М.: ВНИИОЭНГ, 1983.
2. Бочко Э.А., Никишин В.А., Упрочнение неустойчивых горных пород при бурении скважин. М., Недра, 1979, 168 с.
3. Гончарова Л.В. Основы искусственного улучшения грунтов. М., изд-во МГУ, 1973.
4. Магомедов М.З., Орлов А.В. Буровые растворы для бурения в неустойчивых горных породах. Обзор. информ. Сер. Бурение. – М.: ВНИИЭНГ, 1981.
5. Опыт применения специальных промывочных жидкостей при бурении скважин в осложненных условиях на Воркутском угольном месторождении / Народное хозяйство республики Коми, Город в Заполярье. Проблемы и решения, материалы конф. ВГИ СПГГИ (ТУ), Т. 12, номер 4, 2003 г., Воркута-Ухта-Сыктывкар, 6 с. (Нифонтов Ю.А., Герасименко Н.И., Блинов П.А.).

6. Ребиндер П.А. Физико-химические основы современных методов закрепления грунтов. – В кн.: Пленарные доклады и решения 6-го Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. М., 1970.

© Блинов П. А., 2011.

#### **Анотація**

При бурінні геологорозвідувальних свердловин традиційними способами в слабосвязних і незв'язних породах, представлених пісками, галечними для валуна і моренними відкладеннями відбувається звуження і обвалення ствола свердловини, що приводить до прихватів бурового інструменту, переборке вже пройдених інтервалів і обумовлює ускладнення конструкцій свердловин. В даний час ця проблема вирішується шляхом розробки спеціальних складів промивальної рідини, здатних за рахунок своїх властивостей утримувати ствол свердловини в стійкому стані, що кріплять. Зміцнення слабосвязних гірських порід в процесі буріння є складним фізико-хімічним процесом взаємодії роз'єднаних твердих часток..

Ключові слова: укріплення, пісок, ствол свердловини..

#### **Abstract**

The drilling of the prospecting holes by traditional ways in weakly fixed and unfixed rock submitted by sand, boulder, pebble and moraine deposits is a complex and labour-consuming process. Such sedimentary rock are inclined to sliding and flowing, therefore there is a narrowing and collapsing of a borehole, that results in necessity of redrilling them. In some cases there is a necessity of blocking of an interval deposition by several columns of casing. Such telescopic design of a hole does not allow to apply high frequencies of rotation in bedrock promoting increase of mechanical speed of drilling. All this demands additional expenditure of time and materials. Now this problem can be solved by developing special structures of drilling fluid capable due to its fastening properties to keep a tube of the hole in steady condition. For the definition of influence of the drilling fluid on stability of the tube of the hole it is necessary to investigate stability characteristics of rock processed by drilling fluid.

Keywords: fastening, sand, borehole walls.