

Повышение устойчивости ствола скважины буровым раствором при проходке несвязных горных пород Блинов П. А.¹, Двойников М. В.², Подоляк А. В.³, Арсланова Э. Р.⁴

¹Блинов Павел Александрович / Blinov Pavel Aleksandrovich - кандидат технических наук;

²Двойников Михаил Владимирович / Dvoynikov Mikhail Vladimirovich - доктор технических наук;

³Подоляк Алексей Витальевич / Podoliak Aleksei Vitalievich - кандидат технических наук;

⁴Арсланова Эльза Рустамовна / Arslanova Eliza Rustamovna – студент,
кафедра бурения скважин,

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация: при бурении скважин различного назначения традиционными способами в несвязных породах, представленных песками, валунно-галечными и моренными отложениями, происходит повышенная разработка, сужение и обрушение ствола скважины, что приводит к прихватам бурового инструмента, перебурке уже пройденных интервалов и требует установки дополнительных обсадных колонн, что, в свою очередь, ведет к удорожанию строительства скважины. Предложенные методики исследований позволят определить влияние буровых растворов на устойчивость стенок скважины, сложенных несвязными горными породами.

Ключевые слова: бурение, буровые растворы, несвязные горные породы, устойчивость ствола скважины.

При бурении скважин различного назначения традиционными способами в несвязных породах, представленных песками, валунно-галечными и моренными отложениями, происходит повышенная разработка, сужение и обрушение ствола скважины, что приводит к прихватам бурового инструмента, перебурке уже пройденных интервалов и требует установки дополнительных обсадных колонн, что, в свою очередь, ведет к удорожанию строительства скважины.

Эта проблема может быть решена путем создания технических средств и технологий бурения с одновременным креплением ствола скважины колонной обсадных труб (бурение обсадными трубами – БОТ), либо за счет разработки специальных составов буровых растворов, способных за счет своих свойств удерживать ствол скважины в устойчивом состоянии. Второе решение по экономическим и технологическим параметрам более выгодно и является неотъемлемой частью первого [1].

Для оптимального выбора рецептуры бурового раствора необходимо определить его свойства, оказывающие наибольшее влияние на устойчивость ствола скважины.

В лабораторных условиях определяют следующие свойства буровых растворов, такие как: плотность, вязкость, водоотдачу, статическое напряжение сдвига, стабильность, толщину глинистой корки, содержание твердой фазы и т. д., которые не дают информации о прочностных свойствах горных пород, с которыми будет взаимодействовать промывочная жидкость [2].

Для выявления свойств буровых растворов, оказывающих влияние на устойчивость стенок скважины, необходимо исследовать прочностные характеристики пород, обработанных буровым раствором. В связи с этим проведены исследования с помощью ряда методик для получения прочностных характеристик породы: напряжения сдвига и пластической прочности [3].

В качестве несвязной породы использовался среднезернистый песок 10 % влажности. Образцы породы смешивались с глинистым буровым раствором с содержанием бентонитового глинопорошка Черкасского карьера 5, 7, 10 и 15 %. В раствор вводились добавки кальцинированной соды в объеме 0,3 % от общей массы для снижения жесткости водопродной воды.

Для описания прочностных характеристик грунтов используется теория Мора-Кулона:

$$\tau_{\text{пр}} = c + \sigma_{\text{н}} \cdot \text{tg} \varphi, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{пр}}$ – предельное напряжение сдвига; c – удельное сцепление; $\sigma_{\text{н}}$ – нормальное к площадке скольжения напряжение; φ – угол внутреннего трения грунта [4].

Изменение предельного напряжения сдвига исследовалось на срезном приборе конструкции «Гидропроекта» по ГОСТ 12248-66. Определение угла внутреннего трения и сцепления породы производились при пяти удельных вертикальных уплотняющих нагрузках ($5,0 \cdot 10^4$; $1,0 \cdot 10^5$; $1,5 \cdot 10^5$; $2,0 \cdot 10^5$; $2,5 \cdot 10^5$ и $3,0 \cdot 10^5$ Н/м²).

Зависимость удельного сцепления (c) и угла внутреннего трения грунта (φ) от состава бурового раствора представлена в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследований образцов несвязных пород, обработанных буровым раствором, на срезном приборе

Состав раствора, %			Параметры		
Глина	ОТП	Na ₂ CO ₃	c, kPa	φ, °	tgφ
0	0	0,03	2	33	0,65
5	0	0,03	2	36	0,73
7	0	0,03	2	37	0,75
10	0	0,03	3	38	0,78
15	0	0,03	3	39	0,81
0	2	0,03	3	38	0,78
5	2	0,03	5	44	0,96
7	2	0,03	5	46	1,04
10	2	0,03	6	47	1,07
15	2	0,03	6	48	1,11

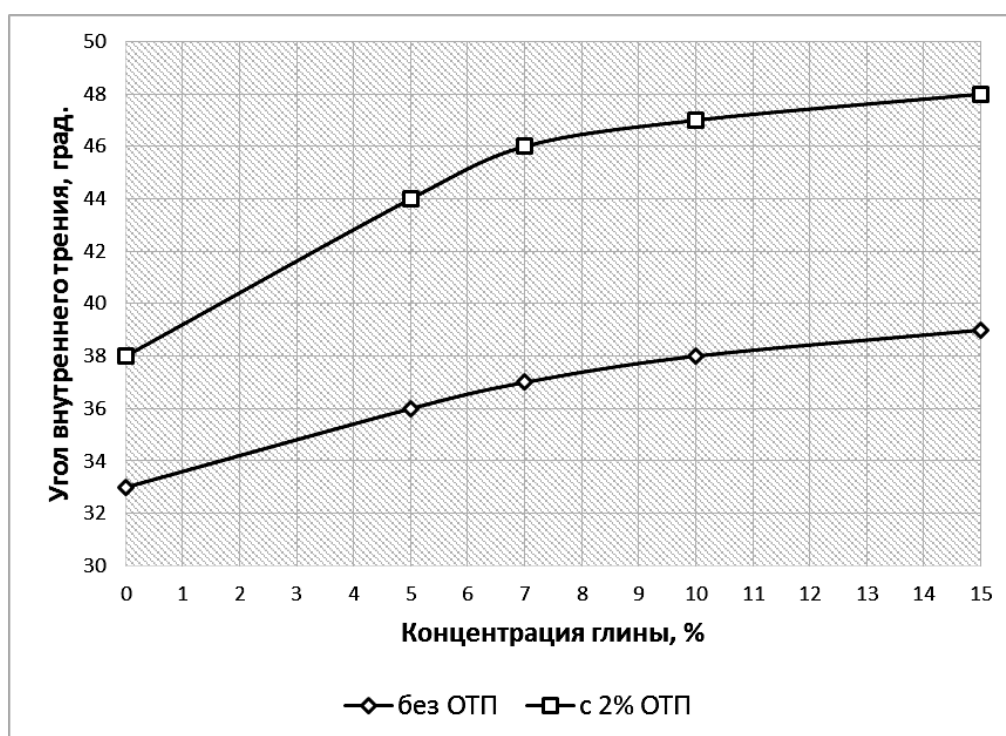


Рис. 1. Влияние содержания глины в буровом растворе на угол внутреннего трения горной породы

Исследования выявили, что повышение напряжения сдвига образцов породы, при обработке их глинистым буровым раствором, связано, в основном, с повышением угла внутреннего трения. Величина сцепления при этом слабо выражена. С увеличением содержания глины в растворе угол внутреннего трения образцов возрастает. Наибольшая интенсивность роста наблюдается при содержании глины до 10 %. При этом угол внутреннего трения возрастает с 33 до 38°, а с добавкой 2 % ОТП - до 48° (рис. 1).

Пластическая прочность горной породы определялась по методу Ребиндера-Винарского [5]. Методика основана на том, что пределу пластичности соответствуют вполне определенные величины предельной прочности пород, выявляемые методом пенетрации. При этом для оценки результатов пенетрационных испытаний применяется величина пластической прочности P_m (условное предельное сопротивление сдвигу), Па:

$$P_m = K_\alpha \cdot \frac{G}{h^2}, \quad (2)$$

где K_α - коэффициент, зависящий от угла наконечника; G - вес погружаемой системы, Н; h - глубина погружения наконечника, м.

В качестве наконечника использовался металлический конус с углом при вершине 45° ($K_\alpha=0,656$). Испытания проводились при нескольких значениях веса погружаемой системы (4, 6, 9, 11 и 14 Н). Результаты исследования пластической прочности представлены в таблице 2.

Таблица 2. Пластическая прочность образцов слабосвязных пород, обработанных буровым раствором

Состав раствора, %			Пластическая прочность P_m , кПа
Глина	ОТП	Na ₂ CO ₃	
0	0	0,03	62
5	0	0,03	81
7	0	0,03	89
10	0	0,03	94
15	0	0,03	95
0	0	0,03	62
0	1	0,03	81
0	2	0,03	95
0	3	0,03	98
0	4	0,03	101
10	0	0,03	94
10	1	0,03	109
10	2	0,03	116
10	3	0,03	118
10	4	0,03	120

Результаты обработки экспериментальных данных показывают, что с увеличением содержания глины в растворе до 10 % происходит интенсивный рост пластической прочности образцов (рис. 2). Пластическая прочность образцов при обработке 10 % глинистым раствором возрастает на 56 % по отношению к исходному образцу [6].

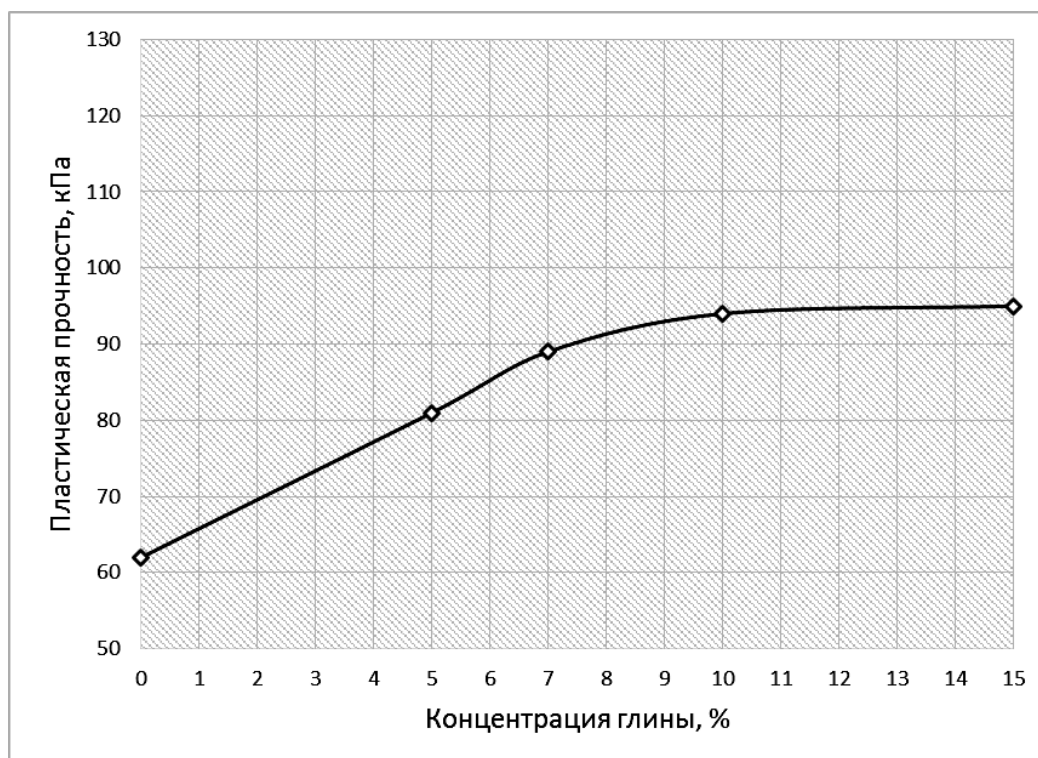


Рис. 2. Влияние концентрации глины в буровом растворе на пластическую прочность горной породы

Выявлено, что с увеличением содержания ОТП в буровом растворе увеличивается пластическая прочность испытуемого образца (рис. 3). Интенсивный рост наблюдается в интервале от 0 до 2 % содержания в растворе ОТП. Пластическая прочность образцов, обработанных глинистым раствором с добавкой ОТП, выше, чем безглинистых растворов ОТП. Тем не менее, увеличение прочности образцов происходит и при использовании безглинистого бурового раствора, но в существенно меньшей степени.

Пластическая прочность образцов при обработке 10 % глинистым раствором возрастает на 56 % по отношению исходному образцу, а тем же раствором с добавкой ОТП 2 % на 93 %.

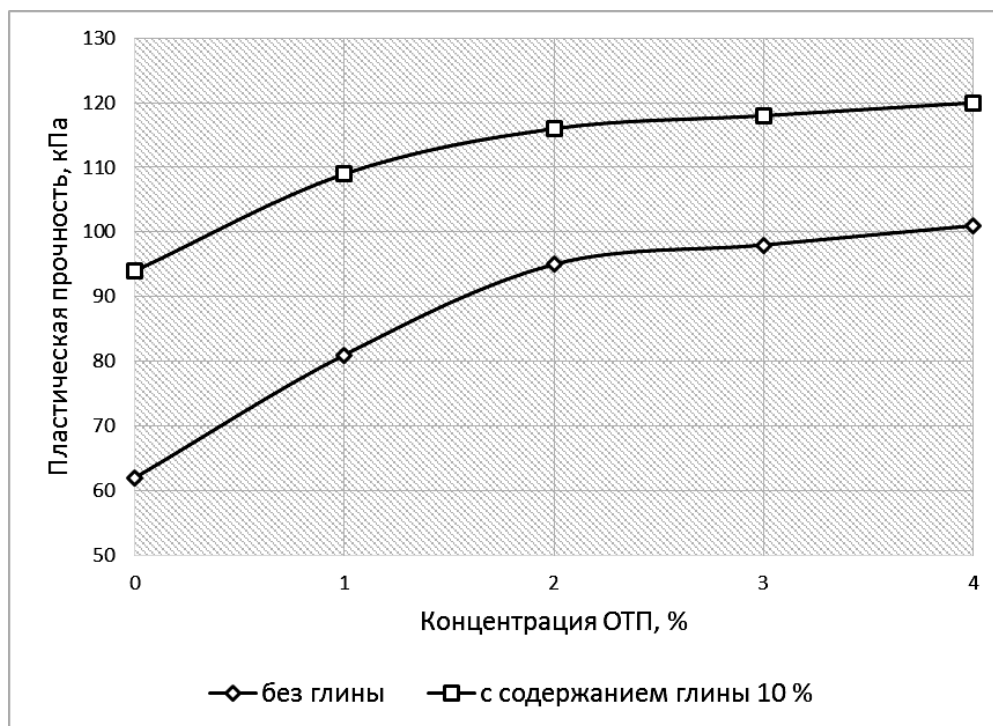


Рис. 3. Влияние концентрации ОТП в буровом растворе на пластическую прочность горной породы

Предложенные методики исследований позволят определить влияние буровых растворов на устойчивость стенок скважины, сложенных несвязными горными породами. При более детальном исследовании, необходимо создать методику, учитывающую фильтрацию бурового раствора в горные породы и изменение прочностных свойств в зависимости от удаленности от ствола скважины.

Литература

1. Аветисян Н. Г. Выбор типа бурового раствора для бурения в неустойчивых породах. Обзор. информ. Сер. Бурение. М.: ВНИИОЭНГ, 1983.
2. Бочко Э. А. Упрочнение неустойчивых горных пород при бурении скважин. М., Недра, 1979.
3. Гончарова Л. В. Основы искусственного улучшения грунтов. М., изд-во МГУ, 1973.
4. Магомедов М. З. Буровые растворы для бурения в неустойчивых горных породах. Обзор. информ. Сер. Бурение. М.: ВНИИЭНГ, 1981.
5. 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.
6. Блинов П. А. Укрепление слабосвязных пород фильтратом бурового раствора при строительстве скважин. Сборник публикаций научного журнала «Globus» по материалам VIII международной научно-практической конференции: «Достижения и проблемы современной науки» г. Санкт-Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – С-П.: Научный журнал «Globus», 2016. С. 17-21.