

Кайлакаев Расим Камильевич, магистрант
Северо-Кавказский федеральный университет

Аль Кубхи Абдульмалек Али, магистрант
Северо-Кавказский федеральный университет

Кашапова Ирина Владимировна, зав. лабораторией
Северо-Кавказский федеральный университет

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСПЕШНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКИХ СКВАЖИН

Аннотация. В статье рассмотрены геологические факторы, влияющие на успешность строительства глубоких скважин. Приводятся особенности технологии строительства глубоких скважин и факторы, влияющие на успешность проводимых операций. Анализируются геологические факторы, которые влияют на возникновение аварий при строительстве глубоких скважин путем возникновения осложнений – нарушений нормального процесса бурения, обусловленных изменением состояния ствола скважины из-за особенностей горных пород. Обосновано, что успешность строительства глубоких скважин зависит от сочетания геологических факторов, которые включают свойства горных пород, гидрогеологические условия и геомеханические процессы.

Ключевые слова: Геологические факторы, строительство скважин, бурение, осложнения, авария.

Строительство глубоких скважин для добычи углеводородов (УВ) необходимо для поиска и разведки новых месторождений, а также для изучения глубинных углеводородных ресурсов. Под глубокой и сверхглубокой скважиной понимают скважину, глубина которой значительно превышает промышленно освоенную глубину бурения. Строительство глубоких скважин продиктовано некоторыми причинами (табл. 1).

Таблица 1

Некоторые особенности технологии строительства глубоких скважин

Задачи	Причины
Выработка эксплуатируемых месторождений УВ	Большая часть месторождений уже значительно выработана, поэтому необходимы поиски новых УВ ресурсов, в том числе на больших глубинах
Перспективы поисков сверхглубоких залежей углеводородов	Открыты залежи на глубинах, превышающих 8 км. Сверхглубокие залежи – перспективные объекты для наращивания ресурсной базы УВ сырья в промышленно развитых районах
Изучение глубинных исследований недр	Глубокое и сверхглубокое бурение позволяет повысить достоверность интерпретации геолого-геофизических данных, а также изучать фундаментальные проблемы эволюции земной коры и происходящих в ней геологических процессов
Освоение УВ потенциала континентального шельфа арктических морей и северных территорий	Изучение нефтегазоносности больших глубин – одно из перспективных направлений, позволяющее прирастить значительные ресурсы УВ без существенных капиталовложений в инфраструктуру



Строительство глубоких скважин имеет особенности, связанные с сложными горно-геологическими условиями. Некоторые факторы, которые влияют на процесс: рост давлений и температур; неоднородность массива горных пород, слагающих ствол скважины; нестационарные процессы гидромеханического и физико-химического взаимодействия горных пород приствольной зоны и технологических жидкостей; действующие в скважине давления, отличающиеся своей природой и характером проявления.

Эти особенности требуют учёта при разработке технологий бурения, выборе оборудования и предотвращении осложнений (табл. 2).

Таблица 2

Факторы влияющие на успешности бурения глубоких скважин

Факторы	Особенности
Выбор способа бурения	Учитывают геолого-технические условия, глубину, профиль и конструкцию скважины. При бурении вертикальных интервалов целесообразнее применять роторный способ, при наклонных – только забойными двигателями (турбинными, винтовыми, электрическими).
Крепление ствола	Используют обсадные трубы, а затрубное пространство цементируют. Ряд обсадных труб, соединённых последовательно между собой, составляет обсадную колонну.
Использование технологий с наклонно-направленным и горизонтальным окончанием ствола	Применяют винтовые забойные двигатели, обеспечивающие высокий крутящий момент при относительно низкой частоте вращения долота
Учёт условий многолетнемёрзлых пород	Во время бурения в толще многолетнемёрзлых пород возможно их растепление, что приводит к нежелательным осложнениям. Технология строительства в зонах распространения многолетнемёрзлых пород определяется мерзлотными и климатическими условиями данной территории

Успешность строительства глубоких скважин зависит от сочетания геологических факторов, которые включают свойства горных пород, гидрогеологические условия и геомеханические процессы. Эти факторы определяют выбор методов бурения и требуют учёта при планировании работ. Можно выделить следующие факторы:

1. Свойства горных пород, влияющие на успешность строительства скважин: механические свойства (скальные породы, связные породы); устойчивость пород; влажность пород (на свойства пород влияют условия их залегания, степень неоднородности и анизотропия механических свойств на контакте между слоями толщи пород).

2. Гидрогеологические факторы, влияющие на успешность строительства скважин: местоположение водоносных горизонтов; качество и объём воды; глубина статического и динамического уровней воды.

3. Геомеханические факторы, влияющие на успешность строительства скважин: напряжения в окрестности скважины; развитие систем хрупких макротрещин; деформационные процессы.

Для преодоления геологических факторов при строительстве глубоких скважин применяют: буровые установки с усиленными компонентами; специализированные буровые растворы; высокотехнологичные системы (мониторинг и управление процессом бурения) для предотвращения аварий и оптимизации углубления скважин; высокопрочные обсадные трубы; бурение с применением ударно-импульсных технологий; прогнозирование возможных осложнений при бурении (геофизические исследования и предварительный анализ геологической обстановки).



Геологические факторы влияют на возникновение аварий при строительстве глубоких скважин путем возникновения осложнений – нарушений нормального процесса бурения, обусловленных изменением состояния ствола из-за особенностей горных пород. Эти факторы могут быть предпосылкой возникновения некоторых видов аварий, но не определяют их неизбежность (табл. 3).

Таблица 3

Некоторые геологические факторы, влияющие на аварии:

Факторы	Особенности
Разнообразие вертикального и латерального распространения пород, их мощностей и физико-химических свойств	Частое чередование в разрезе пород, различающихся по физическим свойствам, может привести к осложнениям
Неоднородность механических свойств горных пород (различная твёрдость, анизотропия)	Чем чаще встречается неоднородность пород, тем выше вероятность возникновения аварий
Обвалы и осыпи стенок скважины, возникающие при прохождении уплотнённых глин, аргиллитов или глинистых сланцев	Увлажнение глин буровым раствором или его фильтратом, набухание горных пород, выпучивание и последующее осыпание
Поглощения бурового раствора из-за типа поглощающего пласта, его мощности и глубины залегания	Недостаточность сопротивления пород гидравлическому разрыву, пластового давления и характеристики пластовой жидкости
Искривление ствола скважины, обусловленное геологическими условиями	Неоднородностью свойств пород в разных направлениях нагрузки

Некоторые процессы, которые могут быть вызваны геологическими факторами:

- нарушение целостности стенок скважины из-за достижения породами предельного напряжённого состояния в пристволенной зоне скважины – при внезапной потере промывочной жидкости уменьшается гидростатическое давление на стенки скважины, в результате чего последние обрушаются;
- набухание пород в стенках скважины, например, при прохождении монтмориллонитовых глин и аргиллитов – за счёт этого ствол скважины сужается, что приводит к затяжкам и прихватам бурильного инструмента;
- ползучесть пород в случае прохождения высокопластичных пород и при недостаточном противодействии на эти пласты – породы ползут, заполняя ствол скважины;
- гидравлический разрыв пласта из-за высокого давления в скважине, который возможен при спуске бурильной или обсадной колонны, вызове циркуляции, креплении обсадных колонн.

Анализ строительства глубоких скважин, возможные аварии и осложнения, которые возникают в процессе бурения показывают, что авария – это отклонение от нормального ведения работ, которое приводит к раннему выходу из строя части или всего оборудования, а осложнение – это нарушение нормального состояния скважины, сопровождающееся затруднением или полной остановкой бурения. Нарушение технологического процесса строительства скважины, требующее для его ликвидации проведения специальных работ, не предусмотренных проектом, квалифицируется как авария, которые имеет следующие виды: с элементами бурильной колонны (оставление в скважине колонны бурильных труб или элементов компоновки низа); недостаточного его закрепления, слом долота в результате перегрузки); с бурильными трубами и замками (слом трубы по телу, срыв резьбы труб, замков и переводников); с забойными двигателями (отвинчивание, слом вала или корпуса); с обсадными колоннами (их смятие, разрушение резьбовых соединений, падение отдельных секций труб в скважину); связанные с попаданием в скважину посторонних предметов.



А также, причины аварий могут быть ошибки в проектировании и эксплуатации, человеческий фактор, технические неисправности. Например, при бурении гидравлическими забойными двигателями наибольшее число аварий связано с разъемом резьбы промывочной жидкостью.

Осложнение – это нарушение состояния скважины, при котором дальнейшая проходка становится либо невозможной, либо продолжение бурения возможно, но сильно снижается его производительность. Некоторые виды осложнений: набухание пород в стенках скважины, приводящее к сужению ствола и образованию осыпей и обвалов; посадки и затяжки бурильной и обсадной колонн; прихваты бурильной колонны (непредвиденная потеря подвижности колонны из-за прилипания под действием перепада давления, заклинивания в желобах в местах сужений или инородными предметами); поглощения бурового раствора; газонефтеводопроявления; растепление многолетнемерзлых пород; самопроизвольное искривление ствола скважины.

А также, причинами осложнений могут быть отсутствие информации об условиях бурения и недостаточный учёт на стадии проектирования геологического строения района работ; несоблюдение проекта на бурение, нарушение режимных параметров (из-за несогласованного изменения технологии бурения или вследствие отсутствия необходимого оборудования); частое чередование в разрезе горных пород, различающихся по физическим свойствам; недостаточная прочность и устойчивость горных пород.

Для предотвращения аварий, связанных с геологическими факторами, рекомендуется:

– изучать и прогнозировать природные аномалии на стадии проектирования бурения, что позволит своевременно корректировать технологию бурения;

– учитывать особенности геологического строения района работ при выборе технологии бурения, для предупреждения обвалов и осыпей в зоне возможных обвалов бурят с промывкой буровым раствором с минимальным показателем фильтрации и максимальной высокой плотностью;

– своевременно выявлять в разрезе зоны с развитием пластического течения пород и крепить их обсадными трубами, прочность которых должна обеспечивать устойчивость при воздействии на колонну полного горного давления;

– контролировать положение оси скважины в пространстве в процессе бурения, чтобы своевременно заметить начинающееся искривление.

Однако неблагоприятные горно-геологические условия могут быть только предпосылкой возникновения некоторых видов аварий, и на их неизбежность влияют и другие факторы, в том числе нарушения технологического ведения буровых работ

Список литературы:

1. Ремизов А.В., Прокопов А.Ю. Причины возникновения нештатных ситуаций при бурении вертикальных выработок и пути их предупреждения //Известия ТулГУ. -2024. -Вып. 4. -С.354-362.

2. Оксенойд Е.Я. Технология бурения сверхглубоких скважин. Проблемы и решения // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. -2001. -№ 11. -С. 8–9.

3. Предеин А.П. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие. – Пермь: ПНИПУ. -2014. -381 с.

4. Солиман М.А. Аварийные ситуации и осложнения в процессе бурения нефтегазовых скважин // Молодой ученый. -2025. -№ 3 (554). -С. 49-52.

5. Соболева Е.В. Ефимов А.А., Галкин С.В. Анализ геолого-геофизических характеристик терригенных коллекторов при прогнозе приемистости нагнетательных скважин месторождений Соликамской депрессии //Нефтяное хозяйство. -2014. -№ 6. -С. 20–22.

6. Творонович-Севрук Д.Л. Методика буровых работ: учебное пособие. – Минск: БГУ. -2022. – 107 с

