

Тектонические процессы и устойчивость стенок скважины при бурении

Паршукова Л.А., Дерябин А.В., Нагорный И.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
parshukoval@tyuiu.ru

Аннотация

Проблемы предупреждения и ликвидации осложнений и аварий при бурении и креплении скважин, связанные с устойчивостью стенок скважин, до сих пор являются весьма актуальными, несмотря на постоянное усовершенствование техник и технологий строительства скважин, направленных на сокращение временных и материальных затрат, обусловленных сложностью геолого-технических условий проводки скважин.

Материалы и методы

Материалы: фактические данные бурения наклонно направленной с горизонтальным окончанием эксплуатационной скважины на С***ном месторождении.

Методы: теоретическое изучение и анализ влияния тектонических деформаций на устойчивость ствола скважины при бурении, промышленные данные наличия тектонического нарушения (разлома),

вызвавшего прихват бурильной колонны и последующее осыпание горных пород.

Ключевые слова

бурение скважин, тектонические деформации, устойчивость ствола скважины

Для цитирования

Паршукова Л.А., Дерябин А.В., Нагорный И.А. Тектонические процессы и устойчивость стенок скважины при бурении // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 2. С. 33–37. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-2-33-37

Поступила в редакцию: 03.02.2023

DRILLING

UDC 622.248.5 | Original Paper

Tectonic processes and stability of borehole walls during drilling

Parshukova L.A., Deryabin A.V., Nagorny I.A.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
parshukoval@tyuiu.ru

Abstract

The problems of preventing and eliminating complications and accidents during drilling and fixing wells related to the stability of the walls of wells are still very relevant. Despite the constant improvement of well construction techniques and technologies aimed at reducing time and material costs due to the complexity of geological and technical conditions of well wiring.

Materials and methods

Materials: actual data of drilling of an obliquely directional with a horizontal end of an operational well at a С*** field.

Methods: theoretical study and analysis of the influence of tectonic deformations on the stability of the borehole during drilling, field data

on the presence of a tectonic disturbance (fault) that caused the seizure of the drill string and subsequent rock shedding.

Keywords

well drilling, tectonic deformations, borehole stability

For citation

Parshukova L.A., Deryabin A.V., Nagorny I.A. Tectonic processes and stability of borehole walls during drilling. Exposition Oil Gas, 2023, issue 2, P. 33–37. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-2-33-37

Received: 03.02.2023

Введение

Актуальность работы обусловлена значительной ролью современной динамики тектонических движений и инициированных ими изменений в земной коре, влияющих на устойчивость стенок скважины при бурении.

Устойчивость стенок скважин определяется начальным напряженным состоянием среды горных пород (до бурения скважины) и формированием нового напряженного состояния на стенках скважины, находящейся под давлением бурового раствора. Разница между начальным и новым напряженными

состояниями может привести к развитию систем хрупких макротрещин в горной породе вблизи скважины [1].

Развитие дефектов структуры в горных породах связано также и с тектоническими явлениями земной коры. Для нее характерны периодические перестройки в разные периоды ее развития. Всей толще коры присущее блоковое строение. Колебания отдельных блоков происходят с различной интенсивностью и приводят к формированию разломов. На основе космических исследований земной коры подтверждена закономерность расположения разломов. Дешифровка

космических снимков позволяет прогнозировать: фильтрационную неоднородность коллекторов, зоны осложнений проводки скважин в виде поглощений, осыпей, обвалов, осложняющих бурение скважин [2].

В последние годы метод гидравлического разрыва пласта (ГРП) с целью увеличения продуктивности скважин осуществляется практически повсеместно, что безусловно сказывается на изменении геодинамической обстановки на месторождении. Возникают новые напряженные состояния в массиве горных пород: сколовые трещины, разрывы в виде горизонтальных напряжений (сбросы),

горизонтальных сдвигов (сдвиги), горизонтальных сжатий (взбросы). Все эти тектонические деформации могут влиять на устойчивость стенок скважины при бурении.

В данной статье представлены промышленные данные бурения наклонно направленной скважины с горизонтальным окончанием.

Краткие сведения о методах изучения тектонической трещиноватости горных пород

Линеаментный анализ — изучение сети линеаментов, дешифрируемых на материалах дистанционных съемок (МДС) из космоса, и линеаментной трещиноватости [3].

Линеамент — это прямолинейный элемент (или прямолинейно организованные элементы) ландшафта поверхности Земли, отражающий линейные структуры земной коры; совокупность линеаментов характеризуется разноранговостью, транзитностью, организованностью в системе.

Разноранговость — существование линеаментов разного масштаба.

Транзитность — прослеживание отдельных протяженных линеаментов и зон линеаментов без изменения ориентировки через разные генетические и возрастные категории рельефа, разные литофациальные и стратиграфические интервалы пород через различные структурно-тектонические элементы — от локальных складок до геотектонических областей.

Организованность — образование линеаментами закономерных систем, ориентированных по сторонам света, равноудаленность линеаментов одного ранга друг от друга, образование закономерностей решетки линеаментов.

Перечисленные свойства убедительно доказывают неслучайную тектонически обусловленную природу линеаментов.

Задачи линеаментного анализа:

1. Прогнозирование дизъюнктивных структур:
 - разного ранга — трансрегионального, регионального, районного, локального;
 - разного характера — глубинных разломов, высоко- и малоамплитудных разломов, практически безамплитудных зон трещиноватости;
 - на разных глубинно-стратиграфических уровнях — поверхности фундамента, нефтегазоносных (или перспективных) комплексов, продуктивных горизонтов, покрышек;
 - имеющих различное нефтегазогеологическое значение — нефтегазоконтролирующее, экранирующее, флюидопроводящее — латеральное и вертикальное.
2. Оценка новейшей тектонической активности линейных структур и разделяемых ими блоков.
3. Прогнозирование зон и участков разуплотнения как зон повышенной флюидопроводимости, миграции углеводородов и улучшенных коллекторских свойств.
4. Прогнозирование пликативных структур, в том числе структур второго порядка типа валов и локальных антиклинальных структур — ловушек углеводородов.

Линеаментные структуры характеризуются современной тектонической активностью и представляют собой наложенные новообразованные или древние унаследованные активизированные дизъюнктивы.

Линеаментным анализом на этапе региональных исследований нефтегазоносных территорий изучают общие структурно-тектонические закономерности их строения:

- уточнение границ нефтегазоносных бассейнов, предварительное тектоническое и нефтегазогеологическое районирование;
- выявление региональных разрывных нарушений и оценка их проявления на разных глубинах;
- неотектоническое районирование нефтегазоносных бассейнов, выявление неотектонических блоков и их активности, установление новейшего структурного плана территории и его сравнение с древними структурными планами.

Фактические данные по строительству наклонно направленных скважин с горизонтальным окончанием на С***ном месторождении

Рассматривались скважины согласно «Индивидуальному геологическому проекту на строительство наклонно-направленных с горизонтальным окончанием скважин на С***ном месторождении» [4]. Это предопределяет литологостратиграфическую одинаковость разбуриваемых горных пород, однотипность конструкций скважин и применяемых техник и технологий строительства скважин.

С целью определения влияния тектонических деформаций на возникновение осложнений при бурении на 7 скважинах С***ного месторождения проанализированы наличие тектонических нарушений в зоне бурения скважин, потеря устойчивости стенок скважины, количество дополнительно проведенных СПО, превышение нормативного времени строительства скважин (табл. 1).

По результатам данных таблицы 1 заключаем:

- осложнения в процессе бурения или их отсутствие можно объяснить наличием или отсутствием тектонических деформаций в зоне строительства скважин;
- отсутствие тектонических нарушений не вызывает потерю устойчивости стенок скважины, нет дополнительных СПО, а значит и нет превышения нормативного времени строительства скважин;
- наличие тектонических нарушений в зоне бурения рассматриваемых скважин приводит к потере устойчивости ствола скважин, увеличению количества дополнительно проведенных СПО, превышению нормативного времени строительства скважины;

Табл. 1. Осложнения при бурении скважины, обусловленные тектоническими деформациями

Tab. 1. Complications during well drilling caused by tectonic deformations

№ п/п скважина	Наличие тектонических нарушений в зоне бурения	Потеря устойчивости стенок скважины	Количество дополнительно проведенных СПО	Превышение нормативного времени строительства скважины
1	+	+	3	+
2	+	+	2	+
3	+	+	1	+
4	+	+	1	+
5	-	-	0	-
6	-	-	0	-
7	-	-	0	-

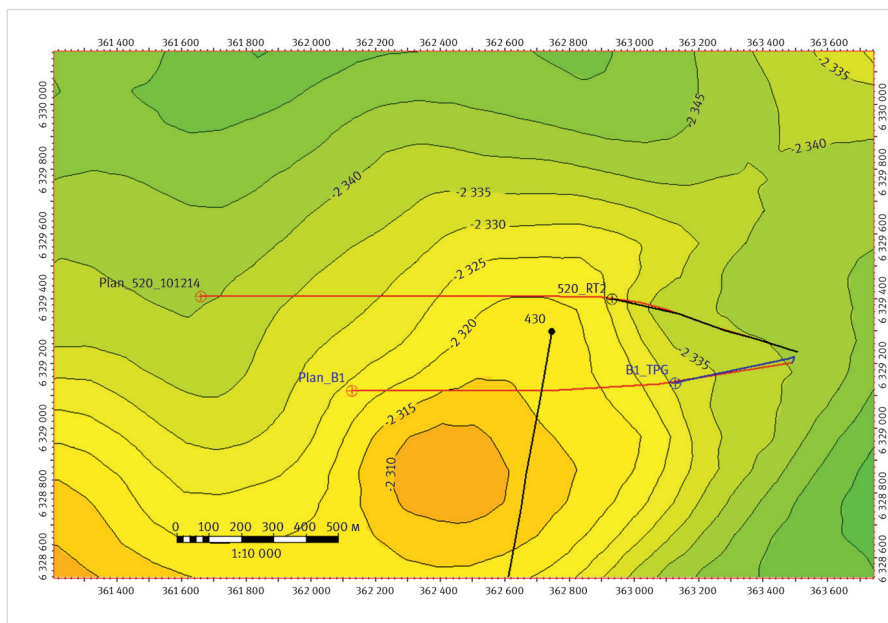


Рис. 1. Выкопировка из структурной карты С***ного месторождения
Fig. 1. A copy from the structural map of the C*** field

- увеличение сроков строительства скважины напрямую зависит от дополнительного числа СПО.

Ниже приводятся фактические промышленные данные по бурению скважины № 520 наклонно направленной с горизонтальным окончанием на С***ном месторождении.

На рисунке 1 представлена выкопировка из структурной карты С***ного месторождения.

В зоне бурения скважины № 520 четко прослеживается сгущение изогипс (-2 320, -2 325, -2 330, -2 335 м) в восточном направлении. Согласно [3] сближение линий изогипс является одним из признаков тектонодинамических деформаций, приводящих к разуплотнению горных пород и нарушению их сплошности. В результате снижается устойчивость стенок скважины при бурении горных пород, что вызывает их осыпание, обвалы или вязкопластические деформации, приводящие к затяжкам, посадкам, прихватам компоновки низа буровой колонны (КНБК).

На рисунке 2 представлена траектория бурения скважины № 520 с данными о последнем замере и плановой траектории.

Последний замер (глубина по стволу — 2 666 м, угол 90°, азимут 285,65, абсолютная вертикальная глубина — -2 344,6 м).

Плановая траектория (глубина по стволу — 2 690 м, угол 88°, азимут 288,04, абсолютная вертикальная глубина — -2 345,6 м).

Выход на угол 90° (план 88°) обусловлен некорректной работой системы управления КНБК РУС-Геопилот. Настроить корректную работу инженерам по телеметрии не удалось (полный подъем, смена телеметрии).

Шлам: 2 665–2 680 м 100 % алевролит, отдельные зерна кварца. 2 685–2 690 м 80 % алевролит, 20 % аргиллит. Принято решение — с глубины по стволу 2 690 м коридор

проводки ствола скважины № 520 должен быть: верхняя граница — а.о. 2 345,7 м, нижняя граница — а.о. 2 347,7 м. И на глубине 2 740 м по стволу выйти на плановую траекторию.

Так как плановая и фактическая траектории бурения не совпадают, было принято следующее: на глубину 2 735 м снизили угол фактической траектории до 87°, углубление проводилось по 10 м с вымыванием забойной пачки шлама, снижение показаний ГК в интервале 2 680–2 710 м (отдельные зерна песчаника в шламе). В интервале 2 710–2 730 м рост показаний ГК (100 % алевролит по шламу). И на глубине 2 742 м плановая и фактическая траектории совпали. На глубине 2 695 м (по стволу) — выход из коридора бурения первоначальной плановой траектории (кривая 2 (рис. 2)).

На рисунке 3 представлен геодинамический тип горизонтального сжатия, который сопровождается образованием сколовых трещин и разрывов (А-А).

На рисунке 3 четко прослеживается тектоническое нарушение — разрыв (линия А-А), которое представлено режимом горизонтального сжатия, приведшее к взбросу и нарушению сплошности горных пород. И это, безусловно, сказывается на уменьшении механической прочности разбуриваемых горных пород в зоне разлома.

Анализируя рисунок 3, заключаем, что на глубине 2 754 м (по стволу) достигнута верхняя граница коридора а.о. — 2 345,7 м (вне коридора пробурено 59 м). Проводится дальнейшее бурение со снижением зенитного угла до 86,5° с контролем забойной пачки шлама.

В интервале 2 780–2 805 м (по стволу) на диаграмме ГК отмечается падение показаний (шлам представлен от 10 до 90 %

песчаником). В интервале 2 805–2 830 м решено набрать угол 90°. По факту на глубине 2 830 м — угол 89,7°. Продолжение бурения до 2 840 м с углом 89,7°. Исследования шлама показали: в интервале 2 805–2 810 м песчаник 60–90 %, с 2 810 до 2 830 м увеличивается доля алевритоглинистых пород.

На рисунке 4 представлены тектонические нарушения: разрыв А-А и резкое изменение угла залегания горных пород В-В.

При бурении на глубине 2 778,7 м получено осложнение: при отрыве от забоя на глубине 2 774 м получили скачок давления с $P_{раб} = 148$ атм до $P = 190$ атм и затяжку КНБК на 7 т от собственного веса (59 т).

При попытке вернуться на прежний забой на глубине 2 777,7 м произошел рост давления до $P = 180$ атм и посадка на 13 т. В течение последующих 5 минут давление увеличилось до 216 атм. Компоновка поднята на 25 м. При спуске на забой на глубине 2 770 м — рост давления до 180 атм.

На рисунке 4 видно еще одно тектоническое нарушение, связанное с изменением углов падения пород вблизи плоскости сбрасывателя В-В. Возможно также наличие синергетического усиления деформационных процессов в зоне В-В, под влиянием разрыва А-А. Наличие трещин и тектонических нарушений обуславливает дефекты структуры горных пород, оказывая существенное влияние на их устойчивость. Дефекты структуры являются плоскостями скольжения обломков и осколков пород в скважину. Это и привело к последующему осложнению при бурении в виде прихвата, так как разбуриваемые горные породы представлены аргиллитами и глинистоалевролитовыми породами, которые легко разрушаются и осыпаются.

Во время попыток проработки интервала отбирался шлам (рис. 5), который

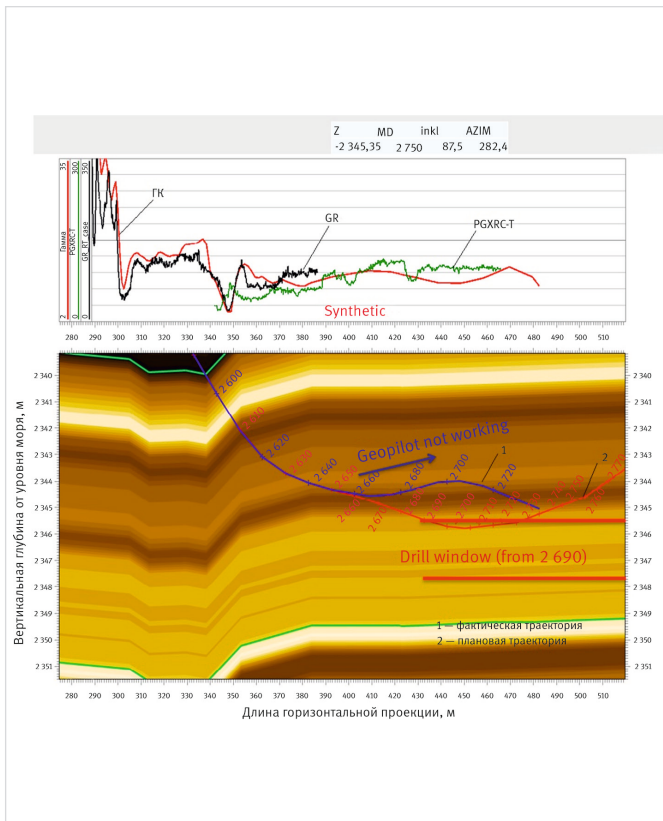


Рис. 2. Плановая и фактическая траектории бурения
Fig. 2. Planned and actual drilling trajectories

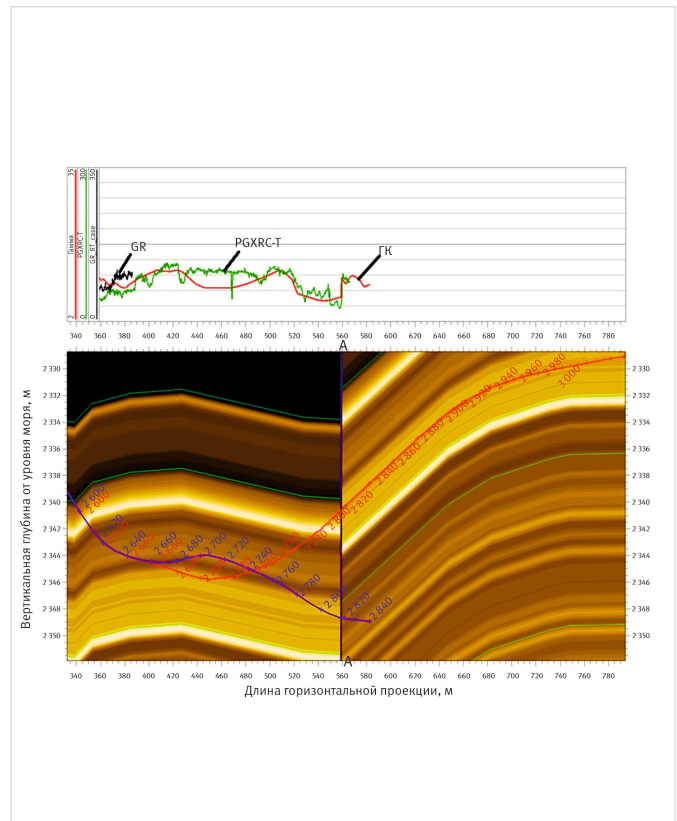


Рис. 3. Зона тектонического нарушения А-А
Fig. 3. Zone of tectonic disturbance A-A

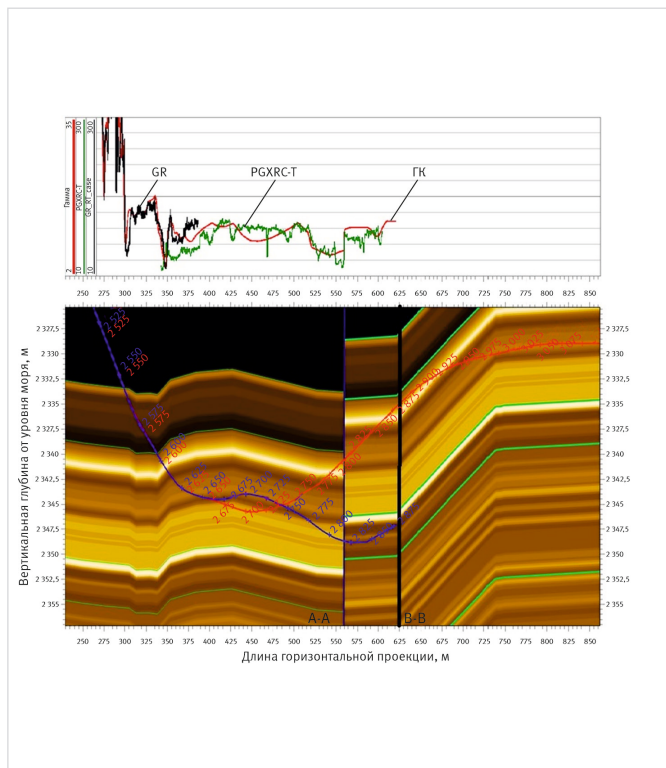


Рис. 4. Зоны тектонических деформаций А-А и В-В
Fig. 4. Zones of tectonic deformations A-A and B-B

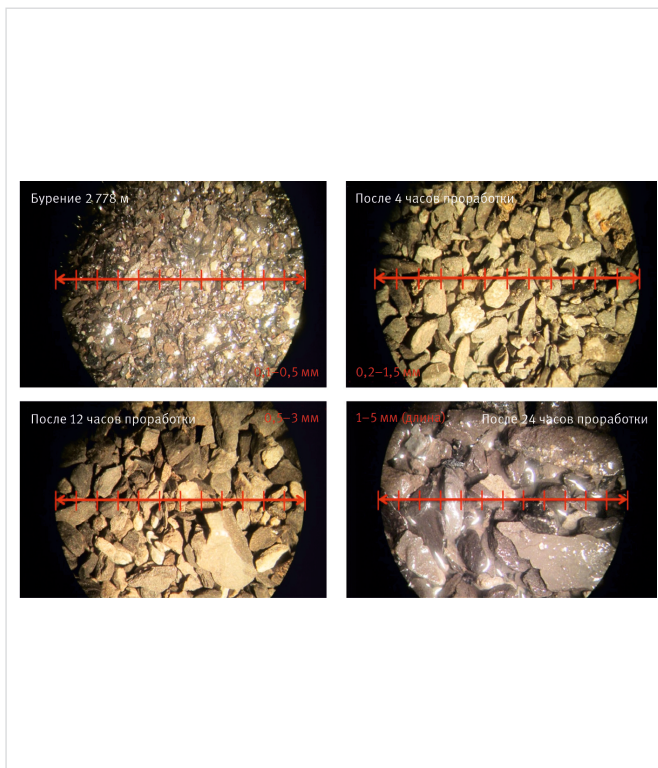


Рис. 5. Шлам при бурении и во время проработки (ширина поля зрения 12 мм)
Fig. 5. Sludge during drilling and during development (field of view width 12 mm)

представлен пластинчатым аргиллитом размером от 0,2 до 1,5 мм, глинистым алевролитом 0,5–3,0 мм 10 %, отдельными зернами угля и кварца от 1,0 до 5,0 мм.

Устранение прихвата:

- спуск роторной компоновки без системы управления, проработка данного интервала с увеличением плотности раствора до 1,12 г/см³;
- проработка до полного выноса шлама и свободного хождения бурильного инструмента без циркуляции. Во время проработки подобраны параметры бурового раствора, обеспечивающие устойчивость стенок скважины, в соответствии с программой промывки (до 1,2 г/см³ по согласованию с заказчиком);
- углубление на 20–30 м для прохождения опасной зоны и уточнения положения скважины № 520.

Итоги

По результатам детальных промысловых исследований бурения наклонно направленной с горизонтальным окончанием скважины № 520 на С***ном месторождении получены следующие результаты:

- доказана необходимость оценки новейшей тектонической активности линейных

структур разного характера — глубинных разломов, высоко- и малоамплитудных разломов, практически безамплитудных зон трещиноватости;

- установление зон и участков тектонических деформаций, приводящих к нарушению сплошности пород, их разрушению, снижению механической прочности, позволяет сократить непроизводительное время строительства скважин и материальные затраты на ликвидацию осложнений, связанных с осыпями, обвалами и поглощениями;
- необходимо комплексное изучение тектонодинамических процессов и традиционных геолого-геофизических методов.

Выводы

Необходимо постоянное обновление сведений о тектонодинамических процессах, так как они меняются циклично, с периодичностью 11 лет, совпадающей с циклом солнечной активности. В связи с постоянным ростом внедрения методов по увеличению продуктивности скважин (особенно ГРП) и динамической объема бурящихся скважин необходимо учитывать влияние этих процессов на тектонические возмущения.

Тектонические деформации влияют не только

на устойчивость массива горных пород, но и на физико-химические процессы в системе «скважина — горная порода».

Учет конкретной актуальной геологической ситуации, связанной с тектонодинамической обстановкой, дает наибольшие положительные результаты в комплексе с материалами современных геолого-геофизических методов.

Литература

1. Новиков В.С. Устойчивость глинистых пород при бурении скважин. М.: Недра, 2000. 270 с.
2. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Академкнига, 2007. 406 с.
3. Амурский Г.И., Абраменок Г.А., Бондарева М.С., Соловьев Н.Н. Дистанционные методы изучения тектонической трещиноватости пород нефтегазоносных территорий. М.: Недра, 1988. 164 с.
4. Индивидуальный геологический проект на строительство наклонно-направленных с горизонтальным окончанием скважин на С***ном месторождении. Томск: АО «Томскнефть ВНК», 2021. 27 с.

ENGLISH

Results

The following results were obtained based on the results of detailed field studies of drilling of obliquely directional with horizontal termination of well № 520 at the С***noye field:

- the necessity of assessing the latest tectonic activity of linear structures of various types – deep faults, high- and low-amplitude faults, almost amplitude-free fracture zones is proved;

- the establishment of zones and sites of tectonic deformations that lead to a violation of the continuity of rocks, their destruction, and a decrease in mechanical strength reduces the unproductive time of well construction and material costs for the elimination of complications associated with scree, collapses and absorption;
- it is necessary to combine the study of tectonodynamic processes and traditional geological and geophysical methods.

Conclusions

It is necessary to constantly update information about tectonodynamic processes, as they change cyclically, with a periodicity of 11 years, coinciding with the cycle of solar activity. Due to the constant increase in the introduction of methods to increase the productivity of wells (especially hydraulic fracturing) and the dynamics of the volume of wells being drilled, it is necessary to take into account the influence of these

processes on tectonic disturbances.

Tectonic deformations affect not only the stability of the rock mass, but also the physico-chemical processes in the well-rock system. Taking into account the specific actual geological situation associated with the tectonodynamic situation gives the greatest positive results in combination with the materials of modern geological and geophysical methods.

References

1. Novikov V.S. Stability of clay rocks when drilling wells. Moscow: Nedra, 2000, 270 p. (In Russ).
2. Rebetsky Yu.L. Tectonic stresses and strength of mountain massifs. Moscow:

Akademkniga, 2007, 406 p. (In Russ).

3. Amursky G.I., Abramcnok G.A., Bondareva M.S., Soloviev N.N. Remote methods for studying tectonic fracturing of rocks of oil and gas-bearing territories. Moscow: Nedra, 1988, 164 p. (In Russ).

4. Individual geological project for the construction of directional wells with horizontal termination at the Snow field. Tomsk: "Tomskneft VNK" JSC, 2021, 27 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Паршукова Людмила Александровна, к.т.н., доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Для контактов: parshukovala@tyuiu.ru

Дерябин Андрей Владимирович, аспирант кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Нагорный Иван Александрович, студент 3 курса специалитета кафедры «Геология месторождений нефти и газа», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Parshukova Lyudmila Aleksandrovna, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Drilling of oil and gas wells", Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Corresponding author: parshukovala@tyuiu.ru

Deryabin Andrey Vladimirovich, postgraduate student of the department "Drilling of oil and gas wells", Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Nagorny Ivan Aleksandrovich, 3rd year student of the specialty of the department "Geology of oil and gas fields", Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia



ПОСТАВКА И ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ЗАВОДА НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РИСКОВ "D-RBI"

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ



Тел.: +7(495) 789-4549
Факс: +7(495) 789-4536
sale@diapac.ru
www.diapac.ru