

Код МРНТИ 52.13.21

\*С.Е. Сүйінтаева<sup>1</sup>, О.А. Әбіл<sup>1,2</sup>, К.Т. Атагелдиев<sup>1</sup>, Д.Р. Махмудов<sup>3</sup><sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),<sup>2</sup>ТОО «Mining Research Group» (г. Караганда, Казахстан),<sup>3</sup>Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан)

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ИСКРИВЛЕНИЯ ВЕЕРНЫХ СКВАЖИН НА РУДНИКЕ ВОСХОД

**Аннотация.** При бурении взрывных скважин существует высокая вероятность их отклонения от проектного направления. Такие отклонения оказывают отрицательное влияние на результаты буровзрывных работ, вызывая увеличение кусковатости, потери руды и снижение эффективности дробления. Основными причинами являются геологические условия, технические особенности оборудования и технологические ошибки. В данном исследовании проведен комплексный анализ отклонений скважин при веерном бурении на основе геолого-маркшейдерской документации, технических характеристик буровой установки Sandvik DL430-7C и данных о фактической кривизне. По результатам замеров предложены рациональные параметры бурения, позволяющие минимизировать отклонения и повысить эффективность буровзрывных работ.

**Ключевые слова:** буровзрывные работы, скважинная отбойка, веерные скважины, искривление скважин, отклонения скважин, инклинометрия, параметры бурения скважин.

### Восход кенішіндегі тарамды ұңғымалардың ауытқу себептерін зерттеу

**Аңдатпа.** Жарылыс ұңғымаларын бұрғылау кезінде олардың жобалық бағыттан ауытқу ықтималдығы жоғары. Мұндай ауытқулар бұрғы-жарылыс жұмыстарының нәтижесіне кері әсер етіп, кесектіліктің артуына, кеннің жоғалымына және жалпы тиімділіктің төмендеуіне әкеледі. Негізгі себептерге геологиялық жағдайлар, жабдықтың техникалық ерекшеліктері мен технологиялық қателіктер жатады. Бұл зерттеуде тарамды бұрғылау кезінде ұңғымалардың ауытқу себептері геологиялық-маркшейдерлік құжаттама, Sandvik DL430-7C бұрғылау қондырғысының техникалық сипаттамалары және нақты ауытқу деректері негізінде кешенді түрде талданды. Өлшеу нәтижелері бойынша ұсынылған ұтымды параметрлер ауытқуларды азайтып, бұрғы-жарылыс жұмыстарының тиімділігін арттырады.

**Түйінді сөздер:** бұрғы-жарылыс жұмыстары, ұңғымалық уату, тарамды ұңғымалар, ұңғымалардың қисаюы, ұңғымалардың ауытқуы, инклинометрия, ұңғымаларды бұрғылау параметрлері.

### Research into the causes of borehole curvature at Voskhod mine

**Abstract.** During the drilling of blast boreholes, there is a high probability of deviation from the designed trajectory. Such deviations negatively affect the results of blasting operations, causing increased rock fragmentation irregularity, ore losses, and reduced overall efficiency. The main causes include geological conditions, technical features of the drilling equipment, and technological errors. In this study, a comprehensive analysis of borehole deviation during fan drilling was carried out using geological and mine surveying documentation, the technical specifications of the Sandvik DL430-7C drill rig, and actual borehole curvature data. Based on the measurements, rational drilling parameters are proposed to minimize deviations and improve blasting efficiency.

**Key words:** drilling and blasting operations, borehole blasting, fan boreholes, borehole curvature, borehole deviation, borehole surveying, borehole drilling parameters.

### Введение

Изучение искривления веерных скважин выполнялось на месторождении Восход, расположенного в районе города Хромтау Актюбинской области.

Хромитоносные массивы месторождения представлены комплексом пород, обычных для геосинклинальных областей – дунитами и перидотитами [1–3].

Искривленными являются скважины, которые изменяют в процессе бурения свое текущее направление относительно заданного при заложении. При этом изменение только зенитных углов в процессе бурения скважины вызывает ее зенитное искривление, оно происходит только в одной – вертикальной плоскости и через ось такой скважины можно провести только одну апсидальную плоскость. Изменения только азимутальных углов вызывает азимутальное искривление скважин [4].

Практически при искривлении скважин происходит совместное изменение зенитных и азимутальных углов, что вызывает пространственное или общее искривление скважин. Все скважины, пробуренные по плоскостной или пространственной криволинейной оси, являются искривленными. Таким образом, под искривлением следует понимать изменение положения оси или траектории скважины в пространстве к ее начальному положению, заданному при заложении скважин на дневной поверхности, в то время как расхождение между действительным положением скважины и ее проектной прямолинейной или криволинейной осью в любой данной точке ствола следует называть отклонением скважины от ее проектной трассы [5].

В процессе бурения преобладающее большинство скважин искривляется. Искривления многих скважин имеют достаточно стабильный, постоянно повторяющийся с высокой степенью вероятности характер и интенсивность по всей скважине или по конкретной толще пород и могут считаться закономерными; другие имеют случайный, не постоянный характер, их повторяемость и величины интенсивностей недостаточно стабильны, т. е. устанавливаются на данном этапе исследования лишь невысокой степенью вероятности и поэтому должны считаться закономерными.

Характер и интенсивность искривления скважин зависит от причин геологического, технического и технологического характера, действующих в совокупности [6, 7].

Причины геологического характера связаны с неоднородностью среды, в которой бурят.

Пересечение буровым снарядом слоистых пород различной твердости сопровождается изменением зенитного угла скважины и ее азимутального направления. При переходе из мягких пород в более твердые скважина отклоняется в сторону твердого слоя, так как в месте перехода коронка интенсивнее разрушает ту часть забоя, которая находится в мягких породах. При обратном переходе (из твердых пород в мягкие) скважина искривляется также в сторону твердых пород, но в меньшей степени, так как в конечной стадии перехода контакта, породоразрушающий инструмент под воздействием осевой нагрузки скалывает часть твердой породы. В результате такой закономерности вертикальная или наклонная скважина, пересекая под острым углом слои пород, перемежающи-



**Рис. 1. Скважинный инклинометр АИ-30:**

1 – батарейный блок, 2 – блок датчиков, 3 – охранный кожух,  
4 – наконечник, 5 – защитный колпак, 6 – выключатель питания.

**Сурет 1. Ұңғымалық инклинометр АИ-30:**

1 – батарея, 2 – сенсор блогы, 3 – қорғаныш қаптамасы, 4 – ұшы,  
5 – қорғаныш қақпағы, 6 – қуат қосқышы.

**Figure 1. Borehole inclinometer AI-30:**

1 – battery unit, 2 – sensor module, 3 – protective housing, 4 – probe tip,  
5 – safety cap, 6 – power switch.

еся по твердости, стремится постепенно занять положение, перпендикулярное к их напластованию. Искривляются скважины тем интенсивнее, чем чаще перемежаются и чем больше отличаются по твердости, пересекаемые ими слои пород [8, 9].

Большое значение при переходе скважины из породы одной твердости в другую имеет угол ее встречи с пластом ( $\gamma$ ). Если буровой снаряд встречается с твердыми породами под углом меньше критического, величина которого для различных пород равняется 15–24°, скважина может пойти вдоль висячего бока твердой породы. Для предупреждения искривления по указанным причинам скважины следует бурить по возможности вкрест простирания и падения пород [10].

Для проведения замеров использовался инклинометр скважинный магнитометрический, многоточечный автономный, предназначенный для измерения азимута и зенитного угла скважины в автономном режиме с привязкой результатов к реальному времени. Измерения с помощью инклинометра проводятся в точечном режиме во время остановок, либо в непрерывном режиме со скоростью подъема не более 400 м/ч.

Рабочие условия применения автономного инклинометра: эксплуатационные и разведочные, необсаженные наклонные и горизонтальные скважины с температурой от минус 10 до 120 °С и гидростатическим давлением до 80 МПа, бурящиеся на нефть и газ, с диаметром 100–152 мм и глубиной до 5000 м.

Опытные работы проводились бурильной установкой типа Sandvik DL430-7C, рассчитанной на очистное бурение в подземных условиях. Этот универсальный электро-

гидравлический буровой станок рассчитан на большую вертикальную и горизонтальную рабочую зону.

Также, во время работы, тщательно проверялись заданные параметры бурения, которые, как выяснилось, соответствуют нормам, состояние и изношенность долота (рис. 2).

Для исключения вероятности искривления скважины во время бурения долото в среднем проходит около 600 метров, далее подлежит замене на новое. Как можно заметить, состояние долота на момент окончания эксплуатационного срока приемлемое. Значительные изменения заключаются в коррозии металла самой коронки из-за постоянного потока бурового раствора, проходящего сквозь инструмент.

### Исследования

За время работы было проведено 17 замеров, из которых часть замерялась в местах рудника, где геология, преимущественно, представлена горной породой или рудным телом, либо их переслаиванием. Замеры проводились путем опускания инклинометра в скважины. Запись проводилась от устья до забоя.

Было принято решение задать настройки инклинометру таким образом, чтобы запись контрольных точек осуществлялась каждые 20 секунд, что способствует созданию более качественной базы данных.

Для заглубления прибора в скважину использовались удлинительные штанги, длина которой составляет 1,5 метра. С помощью переходника прибор накручивался на один конец удлинителя, в то время как на другой конец присоединялась следующая штанга, таким путем удлиняя компоновку до необходимой глубины.



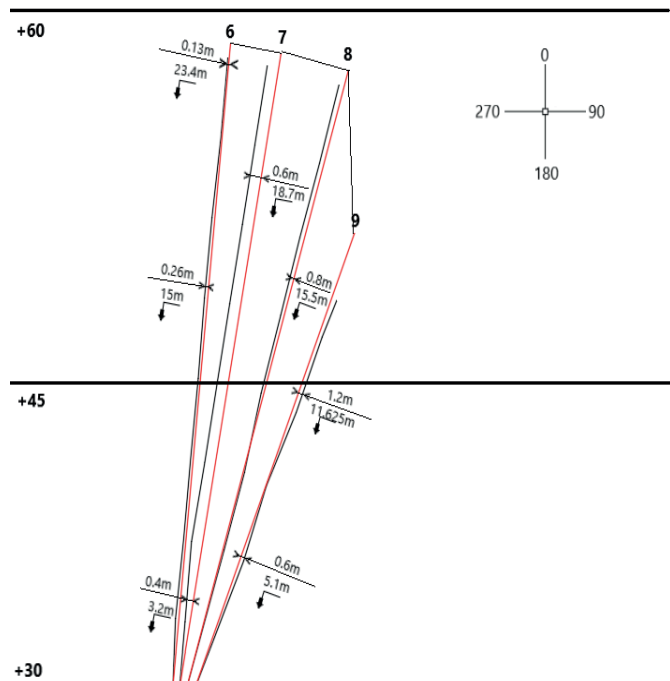
**Рис. 2. Состояние долота в начальный и конечный момент эксплуатационного срока.  
Сурет 2. Қашаудың пайдалану мерзімінің бастапқы және соңғы сәтіндегі күйі.  
Figure 2. Condition of drill bit at commissioning vs. end-of-service stages.**

**Исследование искривления скважин в рудном штреке № 5/2 веер № 21**

Рудный штрек № 5/2 расположен на подэтаже +30. Высота выработки 6 м, ширина выработки 6 м.

Веер № 21 состоит из 10 скважин. Минимальная глубина скважины 6,3 м. Максимальная глубина скважины 24 м. Веер наклонен на 80 градусов. Общий вид веера приведен на рис. 3 и 4.

Результаты выполненных замеров сведены в таблице 1.



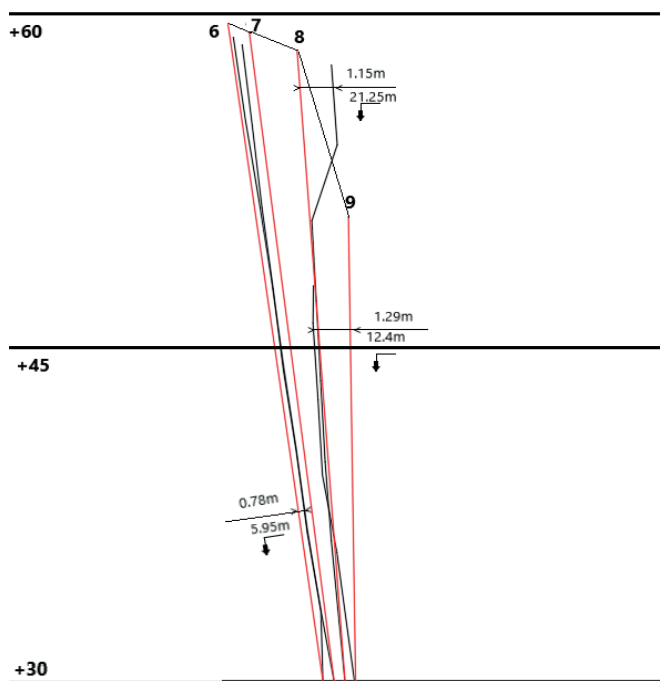
**Рис. 3. Рудный штрек № 5/2 веер № 21 (фронтальный).  
Сурет 3. Кенді қуақаз № 5/2 № 21 тарам (алдыңғы).  
Figure 3. Mining drift 5/2 with fan-shaped pattern 21 (Frontal view).**

**Исследование искривления скважин в рудном штреке № 3/2 веер № 23**

Рудный штрек № 3/2 расположен на подэтаже +30. Высота выработки 6 м, ширина выработки 6 м.

Веер № 23 состоит из 11 скважин. Минимальная глубина скважины 9 м. Максимальная глубина скважины 34,2 м. Веер наклонен на 80 градусов. Общий вид веера приведен на рис. 5 и 6.

Результаты инклинометрии скважин приведены в таблице 2.



**Рис. 4. Рудный штрек № 5/2 веер № 21 (профильный).  
Сурет 4. Кенді қуақаз № 5/2 № 21 тарам (бейінді).  
Figure 4. Mining Drift 5/2 with fan-shaped pattern 21 (Profile View).**

Таблица 1

Значения отклонений скважин веера № 21 рудного штрека № 5/2

Кесте 1

Кенді қуақаз № 5/2 № 21 тарамды ұңғымалардың ауытқу мәндері

Table 1

Borehole deviation measurements for fan cut 21 in ore drive 5/2

| Скв. № | Азимут (град) | Минимальное расхождение (м) | Максимальное расхождение (м) | Отклонение на забое (м) | Недоход (м) |
|--------|---------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|
| 6      | 329,6         | 0,11                        | 0,78                         | 0,13                    | 0,5         |
| 7      | 300           | 0,4                         | 0,6                          | 0,6                     | 0,5         |
| 8      | 350,68        | 0,2                         | 1,15                         | 1,15                    | 2           |
| 9      | 344,12        | 0,6                         | 1,29                         | 1,2                     | 3,25        |

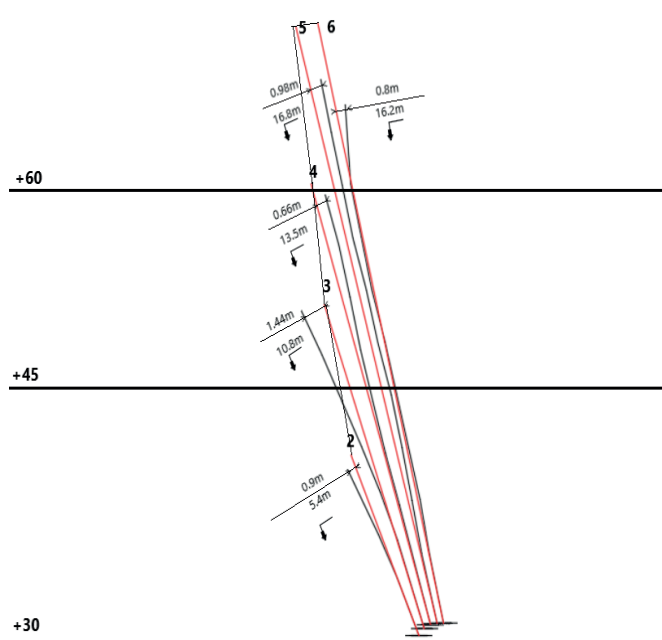
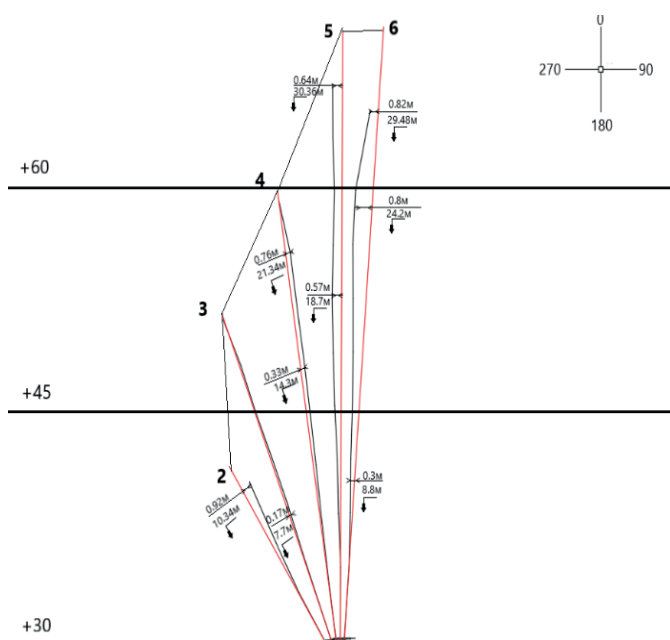


Рис. 5. Рудный штрек № 3/2 веер № 23 (Фронтальный).

Рис. 6. Рудный штрек № 3/2 веер № 23 (профильный).

Сурет 5. Кенді қуақаз № 3/2 № 23 тарам (алдыңғы).  
Figure 5. Mining drift 3/2 with fan-shaped pattern 23 (Frontal view).

Сурет 6. Кенді қуақаз № 3/2 № 23 тарам (бейінді).  
Figure 6. Mining Drift 3/2 with fan-shaped pattern 23 (Profile View).

Таблица 2

Результаты инклинометрии скважин веера № 23 рудного штрека № 3/2

Кесте 2

№ 3/2 кенді қуақаздың № 23 тарам ұңғымаларының инклинометриясының нәтижелері

Table 2

Fan 23 inclinometry results (Drift 3/2)

| Скв. № | Азимут (град) | Минимальное расхождение (м) | Максимальное расхождение (м) | Отклонение на забое (м) | Недоход (м) |
|--------|---------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|
| 2      | 213           | 0,1                         | 0,92                         | 0,92                    | 0,9         |
| 3      | 221.04        | 0,17                        | 1,44                         | 1,44                    | 0           |
| 4      | 243.44        | 0,3                         | 0,76                         | 0,66                    | 0,8         |
| 5      | 271.44        | 0,3                         | 0,98                         | 0,57                    | 3,2         |
| 6      | 288.72        | 0,3                         | 0,82                         | 0,8                     | 4,7         |

# Разрушение горных пород

## Исследование искривления скважин в орте № 4

Орт № 4 расположен на подэтаже +30. Высота выработки 6 м, ширина выработки 6 м.

Из выработки пробурен веер из 15 скважин глубиной 39 м каждая, с углом наклона 80 градусов. Общий вид веера приведен на рис. 7.

Результаты выполненных замеров и сравнение с проектными значениями приведены в таблице 3.

### Результаты

В результате анализа траекторий буровых скважин вееров № 21 (рудный штрек № 5/2), № 23 (рудный штрек № 3/2) и орта № 4 установлено, что большинство скважин подвержены искривлению на отдельных участках бурения. Наиболее часто отклонения фиксируются в начале и середине скважин.

Средняя интенсивность искривления составляет около 2° на каждые 10 м бурения, а максимальные значения

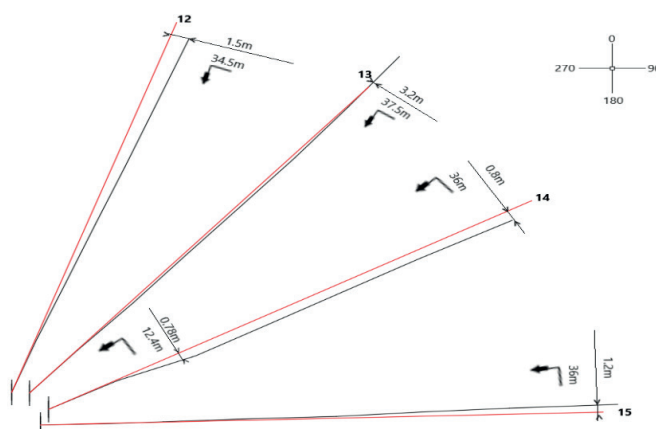


Рис. 7. Орт № 4 подэтаж +30.  
Сурет 7. № 4 қияқаз + 30 қабатаралық.  
Figure 7. Sublevel (+30 m) Crosscut 4.

### Значения отклонений скважин веера орта № 4

#### № 4 қияқаз тарам ұңғымаларының ауытқу мәндері

#### Deviation values of boreholes in fan pattern of Crosscut 4

Таблица 3

Кесте 3

Table 3

| Скв. № | Азимут (град) | Минимальное расхождение (м) | Максимальное расхождение (м) | Отклонение на забое (м) | Недоход (м) |
|--------|---------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|
| 12     | 155,6         | 0,1                         | 1,5                          | 1,5                     | 0           |
| 13     | 111,48        | 0,3                         | 3,2                          | 3,2                     | 0,5         |
| 14     | 118,08        | 0,2                         | 0,8                          | 0,8                     | 0,8         |
| 15     | 117,24        | 0,2                         | 1,2                          | 1,2                     | 1,25        |

### Расстояние между концами скважин вееров

#### Тарамдар ұңғымаларының ұштары арасындағы қашықтық

#### Distance between the ends of boreholes in the fan pattern

Таблица 4

Кесте 4

Table 4

| Веер № 21 рудный штрек № 5/2 |                                |      |      |            |
|------------------------------|--------------------------------|------|------|------------|
| №                            | Расстояние между скважинами, м | План | Факт | Отклонение |
| 1                            | 6-7                            | 3    | 1,8  | 1,2        |
| 2                            | 7-8                            | 3    | 4,4  | 1,4        |
| 3                            | 8-9                            | 6    | 7,9  | 1,9        |
| Веер № 23 рудный штрек № 3/2 |                                |      |      |            |
| 1                            | 2-3                            | 8,4  | 9,4  | 1          |
| 2                            | 3-4                            | 6,6  | 7,5  | 0,9        |
| 3                            | 4-5                            | 9    | 7,2  | 1,8        |
| 4                            | 5-6                            | 3    | 3,2  | 0,2        |
| Орт № 4                      |                                |      |      |            |
| 1                            | 12-13                          | 20   | 14,6 | 5,4        |
| 2                            | 13-14                          | 15   | 18,3 | 3,3        |
| 3                            | 14-15                          | 15   | 19,5 | 4,5        |

достигают  $20^\circ$ , что вызывает смещение забоя скважины на 1,0–1,5 м относительно проектного положения.

Для веера № 21 наибольшие искривления зафиксированы в скважинах № 8 и № 9, где отклонения достигали 1,15–1,2 м. Веер № 23 характеризуется постепенным увеличением угла кривизны с глубиной, при отклонениях до 1,44 м. Для орта № 4 наблюдаются искривления на глубинах свыше 5–7 м, при этом отклонения достигают 3,2 м.

### Обсуждение результатов

Для уточнения зон возможных отклонений целесообразно использовать электроразведку методом вызванной поляризации. Этот метод обеспечивает определение границы перехода руды в породу за счет измерения коэффициентов электрической проводимости и сопротивления, что способствует более точному выбору мест бурения и предотвращает искривления при переходе между слоями руд и пород.

Анализ данных показал, что при бурении вееров с углом наклона  $80^\circ$  наблюдается устойчивая закономерность отклонения траектории скважин – в среднем на  $2^\circ$  каждые 10 м проходки в сторону наклона веера. Такое отклонение обусловлено неоднородностью горных пород и различиями их твердости, что приводит к изменению траектории скважины относительно проектной линии.

Применение центрирующих наконечников на долото способствует стабилизации оси бурения и снижению вероятности искривлений, возникающих на начальных участках скважин.

Для уточнения зон возможных отклонений целесообразно использовать электроразведку методом вызванной поляризации. Данный метод позволяет определить границы перехода руды в породу за счет измерения коэффициентов электрической проводимости и сопротивления, что способствует более точному выбору мест бурения и предотвращает искривления при переходе между слоями руд и пород.

### Заключение

Анализ данных инклинометрии, параметров буровой установки и геологической изученности месторождения показал, что отклонение скважин обусловлено совокупностью технических и геологических факторов.

К техническим причинам относятся применение кривой ведущей трубы или бурильной колонны, а также отсутствие центровки. Использование центрирующих устройств – центраторов, калибраторов и стабилизаторов позволяет калибровать ствол скважины, улучшать условия работы долота и стабилизировать профиль наклонно-направленных скважин.

К геологическим факторам относятся: переслаивание пород с различной твердостью, наличие твердых включений в более мягких породах, наличие каверн и чрезмерная интенсивность промывки в легко размываемых породах.

Устранение технических причин способствует снижению вероятности отклонений скважин. Применение жестких, активно действующих компоновок нижней части бурильной колонны, использование специальных режимов бурения с контролем скорости вращения долота и ограничением осевой нагрузки, проведение монтажа оборудования в соответствии с техническими условиями, а также подбор типа долота в соответствии с физико-механическими свойствами пород позволяют существенно минимизировать искривления скважин.

Как показали результаты наблюдений, скважины преимущественно искривляются в сторону наклона веера. По мере углубления компоновки в породу увеличивается нагрузка на нижнюю часть бурильной колонны, что способствует отклонению от заданного направления. В среднем отклонение составляет около  $2^\circ$  на каждые 10 м бурения. При проектировании общего угла наклона веера и расположения скважин в ряду следует учитывать данную закономерность.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. История изученности месторождения хромовых руд «Восход». Берчогурская геофизическая экспедиция, 1963 (на русском языке)
2. Общие сведения о районе работ и участке водозабора. Хромтау, 2020 (на русском языке)
3. Сулакшин С.С. Руководство по измерению искривления скважин, 1954 (на русском языке)
4. Сулакшин С.С. Закономерности искривления и направленное бурение геологоразведочных скважин: М.: Недра, 1966. С. 92–95 (на русском языке)
5. Оптимизация параметров отбойки рудных тел методом моделирования с применением специальных интегрированных программных продуктов / Сердалиев Е.Т. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2024. № 8 (232). С. 20–25 (на русском языке)
6. Чжан Дж. Анализ устойчивости ствола скважины с учетом анизотропии при бурении по тонким пластам // Int J Rock Mech Min Sci. 2013. Т. 60. С. 160–170 (на английском языке)
7. Лапрад Р., Миллер П. Исследование отклонения ствола скважины в длинном забое // Двадцать четвертая ежегодная конференция по взрывчатым веществам и технике взрывных работ, 1998. С. 337–345 (на английском языке)
8. Индекс энергетической оценки безопасности взрывной детонации / Чжао М. [и др.] // Удар и вибрация. 2015. Т. 2015. С. 9 (на английском языке)
9. Гош Р., Густафссон А., Шуннессон Х. Разработка геологической модели для оценки дебита скважины с использованием метода мониторинга бурения // Международный журнал по механике горных пород и горному делу. 2018. Т. 109. С. 9–18 (на английском языке)
10. Деряев А.Р., Садуакасов Д.С., Табылганов М.Т. Исследование кривизны ствола скважины при бурении на Гогерендагском месторождении // Материалы SOCAR. 2025. Т. 2. С. 48–54 (на английском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. «Восход» хром кен орындарын зерттеу тарихы. Берчогур геофизикалық экспедициясы, 1963 (орыс тілінде)
2. Жұмыс ауданы және су алу учаскесі туралы жалпы мәліметтер. Хромтау, 2020 (орыс тілінде)
3. Сулакшин С.С. Ұңғымалардың қисаюын өлшеу жөніндегі нұсқаулық, 1954 (орыс тілінде)
4. Сулакшин С.С. Қисаю заңдылықтары және геологиялық барлау ұңғымаларын бағытталған бұрғылау: М.: Жер Қойнауы, 1966. Б. 92–95 (орыс тілінде)
5. Арнайы интегралданған бағдарламалық өнімдермен модельдеу әдісін қолдану арқылы кен шоғырларын қопару параметрлерін оңтайландыру / Сердалиев Е.Т. [және т. б.] // Қазақстанның тау-кен журналы. 2024. № 8 (232). Б. 20–25 (орыс тілінде)
6. Чжан Дж. Ұңғыма оқпанының жұқа қабаттарды бұрғылау кезіндегі анизотропияны ескере отырып, тұрақтылығын талдау // Int J Rock Mech Min Sci. 2013. Т. 60. Б. 160–170 (ағылшын тілінде)
7. Лапрад Р., Миллер П. Ұңғыманың ұзын ұңғубеттегі ауытқуын зерттеу // Жарылғыш заттар мен жарылыс техникасы бойынша жиырма төртінші жыл сайынғы конференция, 1998. Б. 337–345 (ағылшын тілінде)
8. Жарылыс дүмпуі қауіпсіздігінің энергетикалық бағасының индексі / Чжао М. [және т. б.] // Соққы және дүмпу. 2015. Т. 2015. Б. 9 (ағылшын тілінде)
9. Гош Р., Густафссон А., Шуннессон Х. Бұрғылауды бақылау әдісін қолдана отырып, ұңғыманың дебетін бағалаудың геологиялық моделін жасау // Тау жыныстары механикасы және тау-кен ісі журнал жөніндегі халықаралық журнал. 2018. Т. 109. Б. 9–18 (ағылшын тілінде)
10. Деряев А.Р., Садуакасов Д.С., Табылганов М.Т. Гогерендаг кен орнында бұрғылау кезінде ұңғыма оқпанының қисықтығын зерттеу // SOCAR материалдары. 2025. Т. 2. Б. 48–54 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Istoriya izuchennosti mestorozhdeniya khromovykh rud «Voskhod» [The history of the exploration of the Voskhod chromium ore deposit], Berchogurskaya geofizicheskaya ekspeditsiya [Berchogur Geophysical expedition], 1963 (in Russian)
2. Obshchie svedeniya o raione rabot i uchastke vodozabora [General information about the work area and the water intake site], Khromtau, 2020 (in Russian)
3. Sulakshin S.S. Rukovodstvo po izmereniyu iskrivleniya skvazhin [Guidelines for measuring the curvature of wells], 1954 (in Russian)
4. Sulakshin S.S. Zakonomernosti iskrivleniya i napravlennoe burenie geologo-razvedochnykh skvazhin [Regularities of Curvature and Directional Drilling of Geological Exploration Wells], Moscow: Nedra, 1966. 92–95 pp. (in Russian)
5. Optimizatsiya parametrov otboiki rudnykh tel metodom modelirovaniya s primeneniem spetsial'nykh integrirovannykh programmnykh produktov [Optimization of ore body picking parameters by simulation method using special integrated software products], Serdaliev E.T. [et al.], Gornyi zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]. 2024. No. 8 (232). 20–25 pp. (in Russian)
6. Zhang J. Borehole stability analysis accounting for anisotropies in drilling to weak bedding planes // Int J Rock Mech Min Sci. 2013. V. 60. 160–170 pp. (in English)
7. Laprade R., Miller P. Borehole deviation study in a long-hole stope // Twenty-fourth annual conference on explosives and blasting technique, 1998. 337–345 pp. (in English)
8. An Energy-Based Safety Evaluation Index of Blast Vibration. / Zhao M. [et al.] // Shock and Vibration. 2015. V. 2015. 9 p. (in English)
9. Ghosh R., Gustafson A., Schunnesson H. Development of a geological model for chargeability assessment of borehole using drill monitoring technique // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2018. V. 109. 9–18 pp. (in English)
10. Deryaev A.R., Saduakassov D.S., Tabylganov M.T. Study of wellbore curvature during drilling in the Gogeren dag field // SOCAR Proceedings. 2025. No. 2. 48–54 pp. (in English)

## Сведения об авторах:

**Сүйінтаева С.Е.**, докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [suiintayevas@mail.ru](mailto:suiintayevas@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1362-2493>

**Әбіл О.А.**, докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова»; заместитель директора ТОО «Mining Research Group» (г. Караганда, Казахстан), [orazabil@minrg.com](mailto:orazabil@minrg.com); <https://orcid.org/0000-0001-9939-9039>

**Атагелдиев К.Т.**, докторант, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [kobei\\_91@mail.ru](mailto:kobei_91@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1902-0170>

**Махмудов Д.Р.**, Ph.D, доцент, Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан), [dmahmudov@yandex.ru](mailto:dmahmudov@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-8160-2120>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

*Сүйінтәева С.Е.*, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, «Пайдалы қазбалар кенорыдарын өндіру» кафедрасының докторанты (Қарағанды қ., Қазақстан)

*Әбіл О.А.*, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, «Пайдалы қазбалар кенорыдарын өндіру» кафедрасының докторанты, «Mining Research Group» ЖШС директорының орынбасары (Қарағанды қ., Қазақстан)

*Атагелдиев К.Т.*, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, «Пайдалы қазбалар кенорыдарын өндіру» кафедрасының аға оқытушысы, докторанты, (Қарағанды қ., Қазақстан)

*Махмудов Д.Р.*, Ph.D, Ислам Каримов атындағы Ташкент мемлекеттік техникалық университетінің доценті (Ташкент қ., Өзбекстан)

**Information about the authors:**

*Suiintayeva S.Ye.*, doctoral student of the Department of «Development of mineral deposits», «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» NJSC (Karaganda, Kazakhstan)

*Abil O.A.*, doctoral student of the Department of «Development of mineral deposits», «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» NJSC; associate Director of the LLP «Mining Research Group» (Karaganda, Kazakhstan)

*Atageldiyev K.T.*, doctoral student, senior lecturer of the Department «Development of mineral deposits», non-profit JSC «Karaganda Technical University named by Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

*Makhmudov D.R.*, Ph.D, Associate Professor, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan)



# БЕЗОПАСНОСТЬ ТЭК

ФОРУМ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

12-13 МАРТА 2026  
МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН 57

ОРГАНИЗАТОР



SFEXPO.RU