

Er. 6.7

VANETA

TALLINNA POLÜTEHNILISE
INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

СЕРИЯ А

№ 203

ТРУДЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ

СБОРНИК СТАТЕЙ

ТАЛЛИН 1963

Ер.6.7

TALLINNA POLUTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

СЕРИЯ А

№ 203

1963

622

ТРУДЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ

СБОРНИК СТАТЕЙ

Таллин 1963

Ep. 5470



*Л. Х. Кальман, Х. Х. Арукюла,
 К. А. Оясте, Э. А. Лютстре.*

ИСПЫТАНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУРОВЫХ КОРОНОК ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ БУРЕНИИ СКВАЖИН В КРЕПКИХ ИЗВЕСТНЯКАХ КАРЬЕРА МААРДУ ЭСТОНСКОЙ ССР

Введение

Настоящая научно-исследовательская работа была выдвинута Маардуским химическим комбинатом в связи с тем, что в карьере по добыче фосфорита мощность известняков, покрывающих пласт фосфорита, резко увеличилась и твердость их значительно возросла. В этих условиях применяемые буровые коронки не удовлетворяли скоростью бурения и большим расходом металла.

Указанные известняки относятся к волховскому, кундаскому, азерискому и ласнамяэскому горизонту. Характеристика их приведена в таблице 1. Суммарная мощность известняков 4,8—8 м [1].

Таблица 1
 Характеристика известняков карьера Маарду

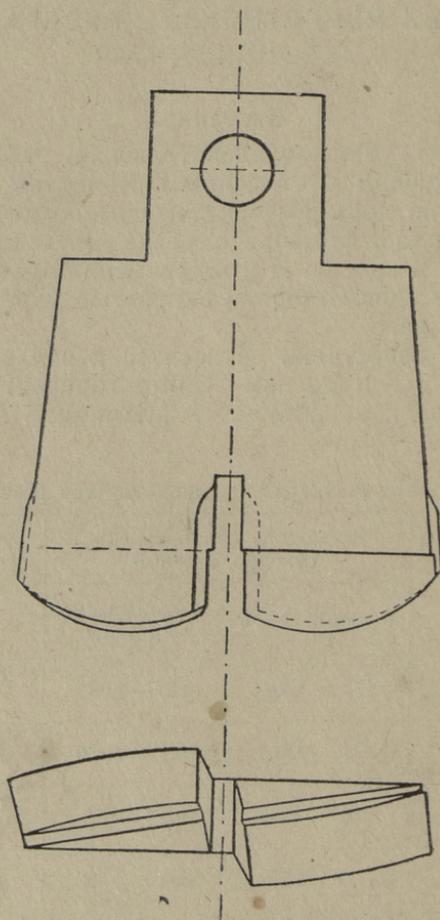
| Название горизонтов | Временное сопротивление сжатию, в кг/см ² | | Примечание |
|---------------------|--|-----------------------|-----------------------------|
| | в сухом виде | в водонасыщенном виде | |
| Волховский | 471 — 1340 | 544 — 868 | Содержит глинистых прослоек |
| Кундаский | 771 — 1284 | 831 — 1079 | Мергелистые |
| Азериский | 916 — 1008 | 809 — 927 | Содержит глинистых прослоек |
| Ласнамяэский | 700 — 1323 | 661 — 1130 | Плотные |

Известняки вышеуказанных горизонтов трещиноватые, встречаются заполненные кристаллами кальцита.

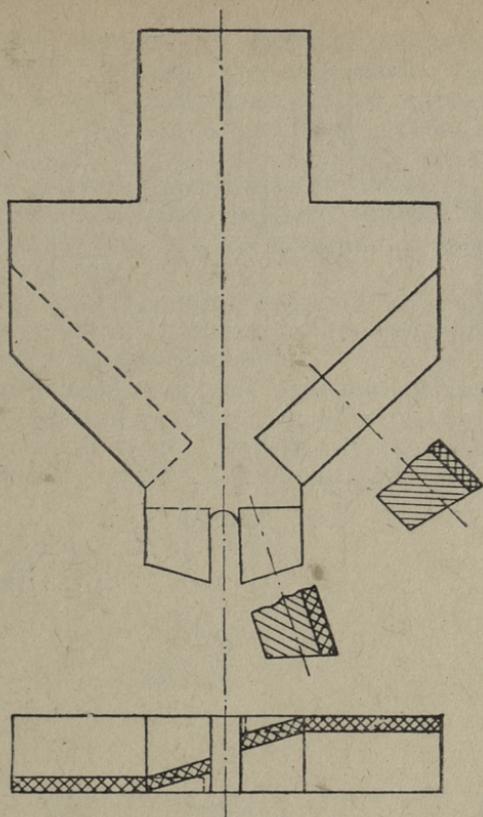
Выбор рациональной конструкции буровой коронки

С целью выявления причин малой устойчивости применяемых на карьере Маарду буровых коронок типа «Вивиконд» проводились испытательные бурения, изучались фактические материалы бурения, имеющиеся на карьере и ознакомились со способом изготовления буровых коронок.

Были установлены частые поломки и отрывы пластинок твердого сплава от буровой коронки в процессе бурения, а коронки деформировались и ломались за незначительный период бурения.



Фиг. 1. Буровая коронка Вивиконд



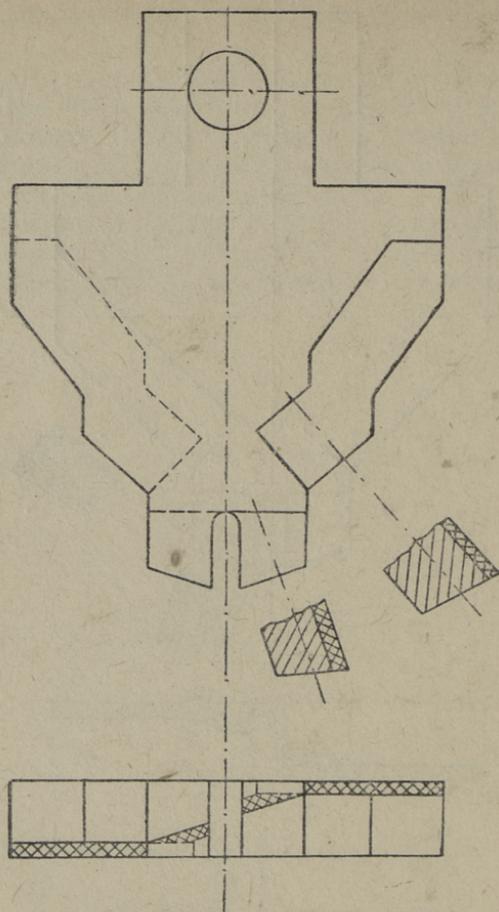
Фиг. 2. Буровая коронка Коркинуголь-ТПИ

Отрыв пластинок твердого сплава происходил вследствие низкого качества спайки. При использовании ацетилена спайка получалась неравномерной (буровая коронка нагревалась по спайке неравномерно).

Разрушение пластинок твердого сплава (отрыв отдельных кусков) происходило по следующим причинам.

1. Неправильный технический режим при спайке пластинок твердого сплава. Быстрое нагревание и остывание пластинок привело к образованию микротрещин, что превратило твердый сплав хрупким и чувствительным к ударам.

2. Неправильный режим заточки. При заточке не использовалось охлаждение водой, что также привело к образованию микротрещин.



Фиг. 3. Буровая коронка ТПИ-1

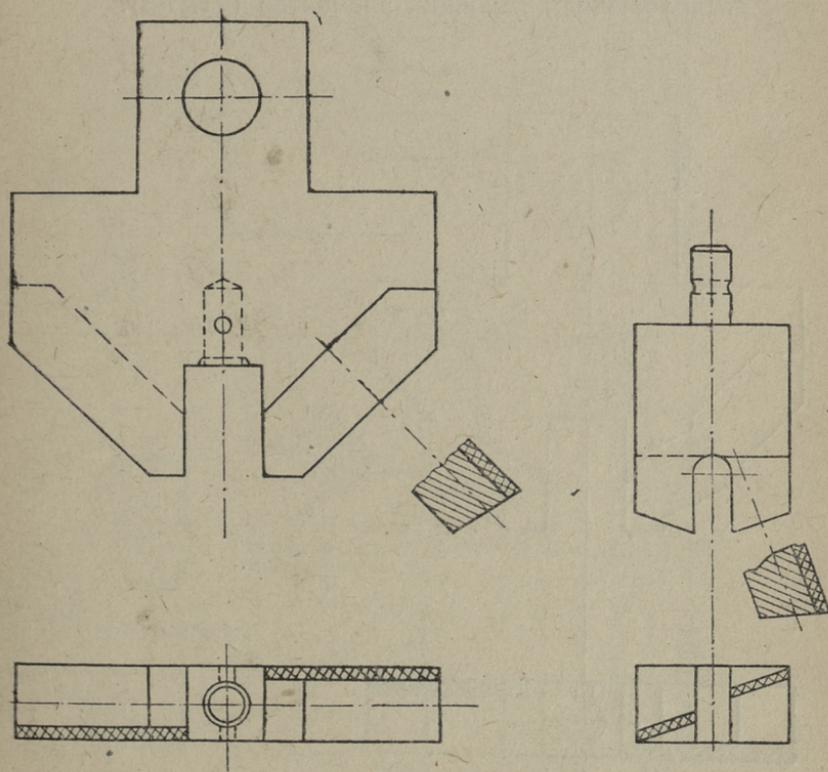
3. Неподходящая геометрия буровых коронок типа «Вивиконд» усилила динамические нагрузки и вибрацию, особенно при переходе буровой коронки из мягких прослоев в более крепкие. При этом возникли удары и часто разрушались пластинки твердого сплава. Удары возникли и при встрече с буровой коронкой трещин.

4. Неравномерный износ лезвия коронки. Геометрия лезвия коронок типа «Вивиконд» не соответствовала действительному износу в данных условиях. Большому износу подверглись расположенные дальше от оси вращения элементы лез-

вия. Затупление лезвия уменьшило толщину стружки и скорость бурения. Разрушение пластинок твердого сплава было вызвано и усилиями подачи. При поломке пластинок, расположенных ближе к оси вращения, буровая коронка упиралась на внешние края, что являлось причиной концентрации осевого давления на небольшую площадь и разрушения внешних краев пластинок твердого сплава. Это привело к уменьшению диаметра буровой коронки и вызвало большой износ буровых штанг.

Разрушение (деформации) буровых коронок в основном являлось результатом использования некачественной стали (ст. 3) для изготовления коронок.

Причинами малой скорости бурения оказались: большая крепость известняков ($f = 7-13$ по Протодяконову); наличие твердых включений (окаменелости) и нерациональная конструкция буровой коронки для данных условий.



Фиг. 4. Буровая коронка ТПИ-2

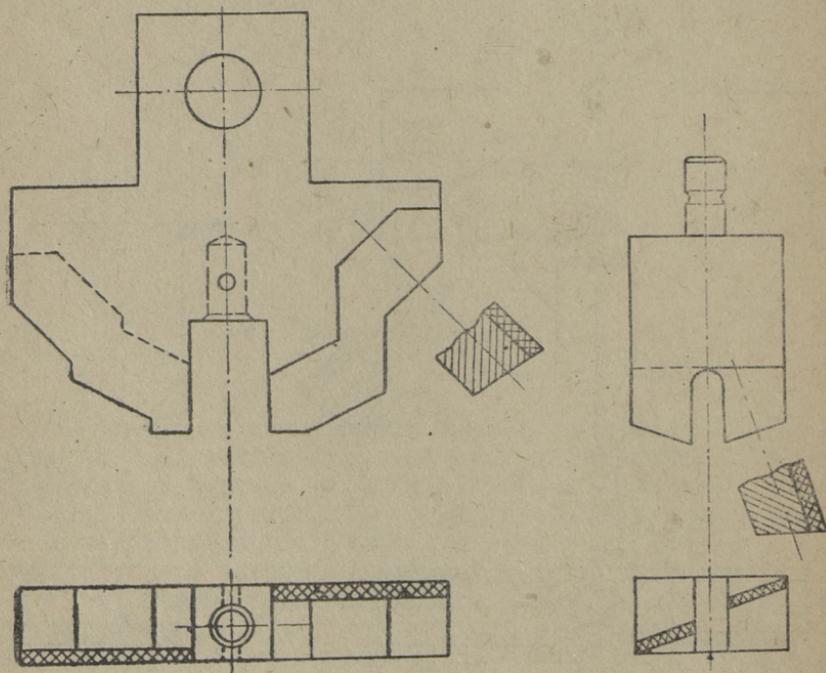
Исходя из вышензложенного при конструировании и изготовлении новых типов буровых коронок (Коркинуголь — ТПИ, ТПИ-1, ТПИ-2, ТПИ-3, ТПИ-4 см. фиг. 2—6) были приняты следующие исходные положения.

1. Более равномерная подача и уменьшение динамических нагрузок обеспечивается ступенчатыми буровыми коронками. Ступенчатые буровые коронки уменьшают также удельный расход энергии за счет наличия в верхней ступени дополнительной свободной поверхности (Коркинуголь — ТПИ, ТПИ-1, ТПИ-2, ТПИ-3 и ТПИ-4).

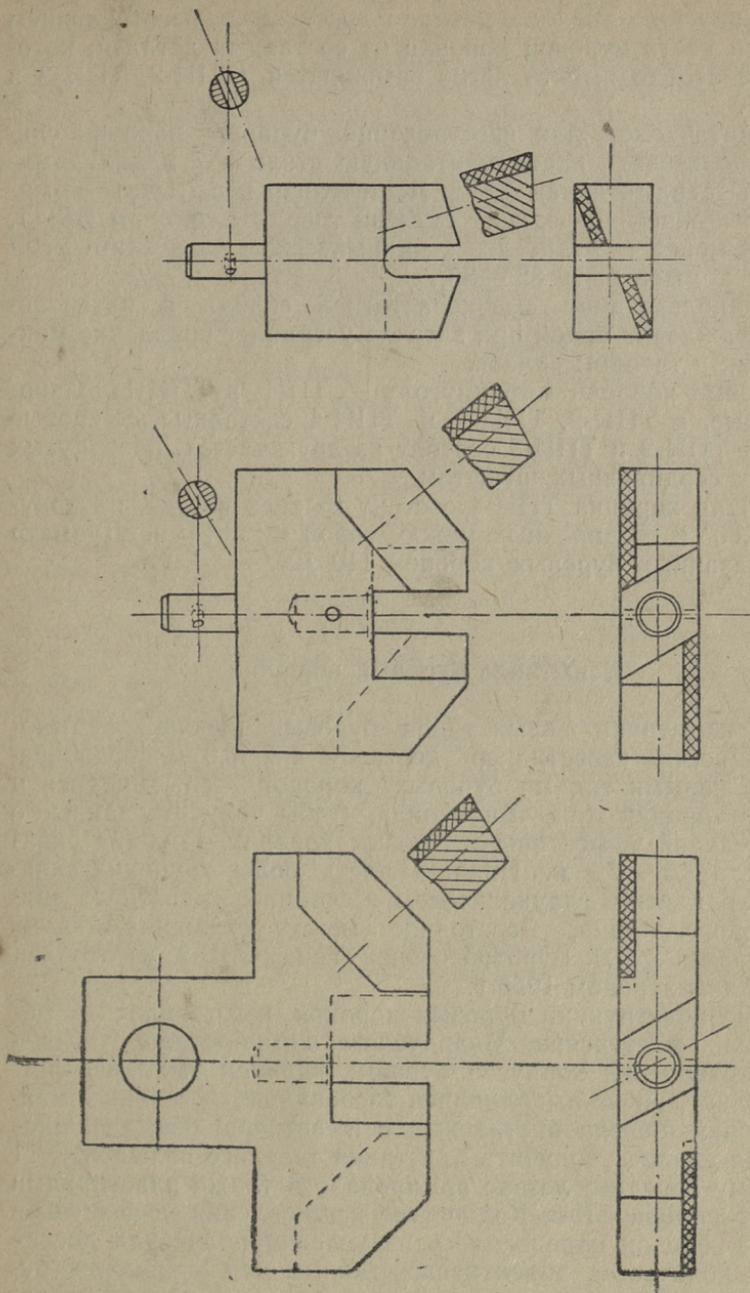
2. Уменьшение вибрации достигается увеличением количества перьев коронки (ТПИ-2, ТПИ-3 и ТПИ-4).

3. Лезвие должно соответствовать равномерному износу, т. е. с удалением от оси вращения угол элементов лезвия по отношению к оси вращения должен уменьшаться (Коркинуголь — ТПИ, ТПИ-1, ТПИ-2, ТПИ-3 и ТПИ-4).

4. Сокращение длины лезвия достигается несимметричным расположением режущих элементов (ТПИ-3).



Фиг. 5. Буровая коронка ТПИ-3



Фиг. 6. Буровая коронка ТПИ-4

5. Снижение расхода металла достигается изготовлением режущей части буровой коронки из составных деталей, которые при необходимости легко заменяются (ТПИ-2, ТПИ-3 и ТПИ-4).

6. Материалом для изготовления буровых коронок следует использовать инструментальную сталь У-7 и для армирования твердый сплав ВК-8. Желательно испытывать армирование нижней (передней) ступени твердым сплавом ВК-11, который менее чувствителен к динамическим нагрузкам. Угол заточки должен быть 82° — 85° .

7. Использование высокочастотной спайки и интенсивного охлаждения водой при заточке устраняет появление микротрещин в твердом сплаве.

Буровые коронки Коркинуголь — ТПИ- и ТПИ-1 цельнокорпусные, а ТПИ-2, ТПИ-3 и ТПИ-4 составные. Буровые коронки ТПИ-2 и ТПИ-3 состоят из двух частей, повернутых на 90° и соединенных штифтом.

Буровая коронка ТПИ-4 состоит из трех частей, повернутых на 60° и соединенных между собой штифтами. Диаметр всех указанных буровых коронок 110 мм.

Испытание буровых коронок

При испытании новых типов буровых коронок суммарная мощность известняков достигла 4,8—5,0 м. Одновременно с новыми типами буровых коронок испытывались и буровые коронки типа «Вивиконд», чтобы получить данные о сравнительной эффективности новых коронок. Глубина скважин была 5,3—7,3 м. Нижняя часть более глубоких скважин находилась в глауконитовом песчанике и достигла диктионемового сланца. Расстояние между скважинами и их рядами была 2,5 м. Буровой станок типа СВБ-2 изготовлен Карпинским заводом 1958 г.

Новые конструкции буровых коронок изготовились в механических мастерских Маардуского химкомбината. Качество изготовления корпусов буровых коронок было удовлетворительное, но не выполнялись требования по спайке и заточке (спайка была ацетиленовая и заточка без охлаждения). Не удалось получить пластинки твердого сплава ВК-11 и поэтому переднее лезвие армировалось также пластинками твердого сплава ВК-8. Количество изготовления новых типов буровых коронок определялось из условий получения достаточного количества объективных данных для сравнения буровых коронок по основным технико-экономическим показателям.

телям. Буровых коронок типа Коркинуголь — ТПИ, ТПИ-1 и ТПИ-2 было изготовлено по пять штук и типа ТПИ-3 и ТПИ-4 по три штуки, поскольку последние были менее перспективные из-за сложной конструкции. Количество испытанных буровых коронок типа «Вивиконд» было десять.

Обобщение результатов наблюдений не представило трудностей, поскольку бурение во время испытаний проводилось на сравнительно малой площади, где средние физико-механические свойства пород изменились незначительно.

Во время испытаний фиксировались в основном чистое время бурения и причины выхода из строя буровых коронок. Продолжительность вспомогательных и подготовительно-заключительных операций была зафиксирована при бурении коронками типа «Вивиконд» и ТПИ-1 для получения исходных данных экономических расчетов.

При бурении коронками типа «Вивиконд» характерными являлись динамические нагрузки, значительная вибрация и неравномерная подача. Лезвие затупилось быстро и диаметр буровой коронки уменьшился, что вызвал уменьшение диаметра скважины и большой износ буровых штанг. Динамические нагрузки, вибрация и неравномерная подача обуславливали частое разрушение пластинок твердого сплава и этим выход из строя буровых коронок. Сравнительно часто были раскручены перья буровых коронок, что увеличил передний угол резки и этим уменьшил толщину стружки и скорость бурения. Чаще всего разрушались пластинки твердого сплава, расположенные у рассечки. Наблюдалось кручение хвостовика буровой коронки. Основные показатели испытания приведены в таблице 2 при бурении числом оборотов 120 в минуту. Использование скорости вращения 200 оборотов в минуту оказалось невозможным из-за появления недопустимой вибрации.

Расход твердого сплава при бурении коронками типа Вивиконд во время испытаний характеризовался следующими данными:

| | |
|---|-----------|
| расход твердого сплава на армировку одной коронки | — 80 г, |
| количество вышедших из строя буровых коронок | — 9, |
| суммарный расход твердого сплава во время испытаний | — 720 г, |
| количество пробуренных метров скважины | — 37,6, |
| расход твердого сплава на 1 п. м. скважины | — 19,1 г. |

Результаты испытания буровых коронок типа «Вивиконд»

| Показатели | Номера буровых коронок | | | | | | | | | | Итого | Средняя скорость бурения по штангам м/мин |
|--------------------------------------|------------------------|------|------|--------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| Чистое время бурения, в мин | 7,0 | 5,1 | 9,7 | | 11,0 | | 11,2 | 9,0 | | 17,0 | 70,0 | 130 |
| Номера буровых штанг | | | | 3,2 0,7 м | | 13,8 | 21,0 | 10,2 | 8,2 | | 74,4 | 170 |
| | | 7,2 | | | | 5,5 | 18,5 | 8,4 | 9,0 | 1,3 м | 63,9 | 153 |
| | | 7,5 | | | 0,5 м | | | 9,7 | | | 30,4 | 197 |
| | | 11,8 | | | | | | | | 9,8 | | |
| Итого чистое время бурения | 7,0 | 30,8 | 12,9 | | 30,3 | 50,7 | 37,3 | 17,2 | 52,8 | 239,0 | | |
| Количество шпурометров | 1,3 | 7,3 | 2,0 | 3,8 | IV | 5,3 | 7,3 | 3,3 | 7,3 | 37,6 | | |
| Номер скважины | I | II | III | | | V | VI | VII | VIII | | | |

Примечание: Средняя скорость бурения буровыми коронками типа «Вивиконд» 157 м/мин

Бурение коронками типа Коркинуголь — ТПИ уменьшило вибрацию, однако неравномерная подача и динамические нагрузки вызвали частое разрушение пластинок переднего лезвия и этим выход из строя буровых коронок. Четырьмя буровыми коронками удалось бурить только 30,5 м, при скорости бурения 217 мм/мин и расходе твердого сплава 13,1 г на 1 п. м. скважины.

При бурении коронками типа ТПИ-1 процессы резания и подачи происходили более равномерно, отсутствовали заметная вибрация и динамические нагрузки. Увеличилась скорость бурения и стойкость буровых коронок. Выход из строя буровых коронок был вызван в основном износом или изломом пластинок твердого сплава переднего лезвия. Скорость бурения в более мягком глауконитовом песчанике увеличилась незначительно, что объяснялась медленным выходом буровой мелочи из скважины. В этих условиях следует переключать редуктор на 200 оборотов в минуту, что значительно увеличивает скорость бурения в глауконитовом песчанике.

Результаты испытания буровых коронок типа ТПИ-1 приведены в таблицах 3 и 4.

Составные буровые коронки типа ТПИ-2 отмечались большой стойкостью. При бурении этими коронками чаще разрушалось переднее лезвие, для армировки которой израсходовалось только 20 г твердого сплава. Процессы резания и подачи были сравнительно равномерные и заметные динамические нагрузки и вибрации отсутствовали. Скорость бурения равномерная, но несколько ниже чем при бурении буровыми коронками типа ТПИ-1. При испытании скорости вращения 200 оборотов в минуту из-за сильной вибрации сломалось переднее лезвие. Двумя буровыми коронками этого типа была пробурена 66,7 м скважин, при средней скорости бурения 194 мм/мин. Твердого сплава расходовали 2,4 г на каждый метр пробуренной скважины.

Буровые коронки типа ТПИ-3 отличались большой скоростью бурения и меньшей стойкостью, но из-за несимметричной конструкции плохо выдержали осевые нагрузки. Сломалось переднее лезвие и не выдержали пластинки на верхней ступени коронки.

Корпус коронки оказался малостойким. Из-за несимметричности коронки длина режущей кромки сократилась и оказалась недостаточной для резания крепких известняков. Излом углов ступеней привел к округлению одного пера и его геометрия уподобилась буровой коронке типа Вивиконд, сократилась скорость бурения.

Таблица 3

Результаты испытаний буровых коронок ТПИ-1

| Показатели | Буровые коронки | | | | Итого | | Средняя скорость на штанге, м/мин |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | ТПИ 1/1 | ТПИ 1/2 | ТПИ 1/3 | ТПИ 1/4 | Время бурения, в мин | Количество бурометров | |
| | Время бурения, в мин | | | |
| 1. буровая штанга . . . | 5,5 | 37,3 | 32,6 | 44,8 | 120,1 | 25,3 | 210 |
| 2. буровая штанга . . . | 5,2 | 41,8 | 38,9 | 44,8 | 130,6 | 38,0 | 291 |
| 3. буровая штанга . . . | 7,2 | 52,0 | 40,6 | 48,0 | 147,8 | 38,0 | 257 |
| 4. буровая штанга . . . | 8,8 | 27,7 | 26,6 | 33,7 | 96,8 | 34,0 | 351 |
| Итого чистое время бурения | 26,7 | 158,8 | 138,7 | 171,3 | 495,3 | | |
| Количество бурометров | 7,3 | 41,8 | 36,5 | 49,7 | | 135,3 | |
| Средняя скорость бурения по буровым коронкам, в м/мин | 277 | 264 | 264 | 290 | | | |
| Количество затачиваний буровых коронок | — | 6 | 4 | 7 | | | |

Примечание: Средняя скорость бурения буровыми коронками типа ТПИ-1 — 273 м/мин.

Таблица 4

Расход твердого сплава при бурении коронками типа ТПИ-1

| Буровые коронки | Показатели | | | | Итого |
|---|------------|---------|---------|---------|-------|
| | ТПИ 1/1 | ТПИ 1/2 | ТПИ 1/3 | ТПИ 1/4 | |
| Расход твердого сплава для армировки одной коронки, в г | 100 | 100 | 100 | 100 | 400 |
| Расход твердого сплава для повторной армировки, в г | — | 10 | 10 | — | 20 |
| Итого расход твердого сплава, в г | 100 | 110 | 110 | 100 | 420 |
| Количество бурометров | 7,3 | 41,8 | 36,5 | 49,7 | 135,3 |
| Расход твердого сплава на 1 бурометр, в г | | | | | 3,1 |

Процессы резания и подачи были равномерные и заметных динамических нагрузок и вибрации не наблюдалось. Двумя коронками удалось пробурить 9,2 м скважины, при средней скорости бурения 266 мм/мин и расходе твердого сплава 21,8 г на 1 бурометр.

Составные буровые коронки типа ТПИ-4, наиболее сложные по изготовлению из данной серии, были созданы предположением, что их повышенная стоимость покрывается экономией за счет заменяемости деталей.

Однако испытания этого не подтвердили. Оказалось, что буровые коронки быстро выходят из строя и не обеспечивают высокой скорости бурения. Процессы резания и подачи были спокойными, заметных динамических нагрузок и вибрации не наблюдалось. Три коронки ТПИ-4 пробурили 39,8 метров, при средней скорости бурения 212 мм/мин и расходе твердого сплава 5,0 г на 1 бурометр.

Сводные данные по испытаниям новых типов буровых коронок приведены в таблице 5.

На основе обобщения результатов испытания можно сделать следующие выводы.

1. По сравнению с коронками типа Вивиконд новые типы буровых коронок обеспечивали значительное увеличение скорости бурения в крепких известняках и уменьшение расхода стали и твердого сплава (кроме ТПИ-3).

2. Конструкция буровых коронок типа ТПИ-4 сложная для изготовления и как по скорости бурения, так и по расходу твердого сплава уступала конструкции ТПИ-1.

3. Конструкция буровых коронок типа ТПИ-3 не выдержала необходимых осевых нагрузок, что привело к значительному расходу металла и твердого сплава.

4. Конструкция буровых коронок типа ТПИ-2 наиболее экономичная по отношению расхода твердого сплава, однако средняя скорость бурения значительно ниже, чем при использовании коронок ТПИ-1.

5. Буровые коронки типа Коркинуголь — ТПИ не обеспечивали высоких скоростей бурения при сравнительно большом расходе твердого сплава.

6. Наиболее рациональной конструкцией при бурении скважин в крепких известняках карьера Маарду следует признать буровые коронки типа ТПИ-1, которые обеспечивали наибольшую среднюю скорость бурения, при сравнительно малом расходе твердого сплава. Экономичность их изготовления обеспечивается простотой конструкции.

Таблица 5

Сводные показатели по испытаниям новых типов буровых коронок

| Показатели | | Тип буровой коронки | | | | | |
|---|----------------------------|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | Вивиконд | Коркин-уголь — ТПИ | ТПИ-1 | ТПИ-2 | ТПИ-3 | ТПИ-4 |
| Пробурено однотипными коронками, м | | 37,6 | 30,5 | 135,3 | 66,7 | 9,2 | 39,8 |
| Средняя чистая скорость бурения по штангам, в мм/мин | 1 буровая штанга | 130 | 173 | 210 | 191 | 194 | 173 |
| | 2 буровая штанга | 170 | 221 | 291 | 195 | 240 | 198 |
| | 3 буровая штанга | 153 | 248 | 257 | 195 | 353 | 218 |
| | 4 буровая штанга | 197 | 234 | 351 | 192 | 500* | 280 |
| Средняя чистая скорость бурения на тип коронки, в мм/мин. | | 157 | 217 | 273 | 194 | 266 | 212 |
| Расход твердого сплава на 1 бурометр, в г | | 19,1 | 13,1 | 3,1 | 2,4 | 21,8 | 5,0 |

* Указанная в таблице скорость бурения достигнута при числе оборотов 200 в минуту.

Экономика

Стоимость бурения скважин определялось только для буровых коронок типа Вивиконд и ТПИ-1. В расчетах учтены расходы на заработную плату, материалы, электроэнергию и амортизацию. В качестве исходных приняты действующие в карьере Маарду тарифы и цены. Глубиной скважин принято 7,4 м. Производительность карьера приравнена 600 000 тонн фосфоритной руды в году.

При определении заработной платы за основу принята средняя трудоемкость бурения при использовании буровых коронок типа Вивиконд и ТПИ-1. При этом продолжительности основных, вспомогательных и подготовительных заклю-

чительных операций определялись по фактическим средним хронометражным наблюдениям. Потери времени исключены и на отдых принято 10% от суммарной продолжительности основных и вспомогательных операций.

Трудоемкость определена по формуле

$$p = \frac{t_p + t_a}{T - T_e - T_o} nT,$$

где p — трудоемкость бурения 1 бурометра в человеко-минутах,

T — продолжительность смены в минутах,

T_e — продолжительность подготовительно-заключительных операций в течении смены в минутах,

T_o — время на отдых в минутах,

$t_p = \frac{1}{v_p}$ — продолжительность основных операций на 1 бурометр в минутах,

v_p — средняя скорость бурения в м/мин,

t_a — продолжительность вспомогательных операций на 1 метр в минутах,

n — количество рабочих, обслуживающих буровой станок в смену.

Продолжительность подготовительно-заключительных и вспомогательных операций и отдыха принята одинаковая для обоих типов буровых коронок, поскольку она зависит в основном от организации работ, а не от конструкции буровой коронки.

В этих условиях трудоемкость бурения 1 бурометра:

а) при использовании буровых коронок Вивиконд —

$$p = \frac{6,37 + 3,68}{420 - 60 - 36} \cdot 2 \cdot 420 = 26,1 \text{ человекоминут};$$

б) при использовании буровых коронок ТПИ-1 —

$$p = \frac{3,66 + 3,68}{420 - 60 - 36} \cdot 2 \cdot 420 = 19,0 \text{ человекоминут}.$$

Тарифная заработная плата в карьере Маарду была для машиниста СВБ-2 4,026 руб. и для помощника машиниста 2,910 руб. Дополнительные виды заработной платы (отпускные, премии, социальное страхование) составили в среднем 30%.

Тогда стоимость 1 человекоминуты

$$c = \frac{1,3(4,026 + 2,910)}{2 \cdot 420} = 0,0107 \text{ руб.}$$

и стоимость бурения 1 бурометра по зарплате:

а) для коронок Вивиконд —

$$26,1 \cdot 0,0107 = 0,279 \text{ руб.};$$

б) для коронок ТПИ-1 —

$$19,0 \cdot 0,0107 = 0,203 \text{ руб.}$$

В расходы по материалам включены только буровые коронки. Расходы остальных материалов (смазочные масла, обтирочные материалы и др.) приняты одинаковыми для обеих конструкций и исключены из расчетов. При испытании средний расход буровых коронок на 1 бурометр составлял:

коронки типа Вивиконд 0,239 шт.;

коронки типа ТПИ-1 0,030 шт.

Стоимость буровой коронки (с напаянными пластинками твердого сплава):

коронка типа Вивиконд 2,90 руб.;

коронка типа ТПИ-1 3,50 руб.

Тогда стоимость материалов на 1 бурометр:

коронок типа Вивиконд —

$$M = 0,239 \cdot 2,90 = 0,693 \text{ руб.};$$

коронок типа ТПИ-1 —

$$M = 0,030 \cdot 3,50 = 0,105 \text{ руб.}$$

Стоимость электроэнергии определена ориентировочно, исходя из продолжительности основных операций. Расчеты производились по формуле

$$E = \frac{N \cdot t_p C_e}{60},$$

где E — стоимость электроэнергии на 1 бурометр, в рублях,

N — мощность электродвигателя, в квт,

t_p — продолжительность основных операций на 1 бурометр, в минутах,

C_e — стоимость 1 квт/часа, в рублях.

По расчетам при использовании буровых коронок типа Вивиконд —

$$E = \frac{40 \cdot 6,37 \cdot 0,017}{60} = 0,072 \text{ руб. и}$$

коронок типа ТПИ-1 —

$$E = \frac{40 \cdot 3,66 \cdot 0,017}{60} = 0,042 \text{ руб.}$$

Отчисления на амортизацию и капитальный ремонт приняты по новым нормам 29% от стоимости бурового станка. В расчетах принято, что бурение производится в две смены с прерывной неделей (300 рабочих дней в году) и стоимость станка СВБ-2 с доставкой 17 600 рублей.

Амортизационные отчисления вычислялись по формуле

$$A = \frac{H \cdot n_A \cdot p}{T n_v n_p \cdot n \cdot 100},$$

где A — отчисления на амортизацию и капитальный ремонт на 1 бурометр, в рублях,

H — стоимость бурового станка с доставкой, в рублях,

n_A — годовая норма амортизационных отчислений, в %,

p — трудоемкость бурения в человекоминутах,

T — продолжительность смены в минутах,

n_v — количество смен в сутки,

n_p — количество рабочих дней в году,

n — количество рабочих, обслуживающих буровой станок в смену.

При использовании буровых коронок Вивиконд —

$$A = \frac{17\,600 \cdot 29 \cdot 26,1}{420 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 100} = 0,264 \text{ руб.}$$

При использовании буровых коронок ТПИ-1 —

$$A = \frac{17\,600 \cdot 29 \cdot 19,0}{420 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 100} = 0,194 \text{ руб.}$$

Полная стоимость бурения приведена в таблице 6.

Таблица 6

Полная стоимость бурения 1 бурометра в рублях

| Виды затрат | Тип буровой коронки | |
|----------------------------|---------------------|-------|
| | Вивиконд | ТПИ-1 |
| Заработная плата | 0,279 | 0,203 |
| Материалы | 0,693 | 0,105 |
| Электроэнергия | 0,072 | 0,042 |
| Амортизация | 0,264 | 0,194 |
| Итого | 1,308 | 0,544 |

По данным таблицы 6 экономия при замене буровых коронок типа Вивиконд коронками типа ТПИ-1 составляет 0,764 руб. или 58,4% на 1 бурометр.

Средний объем бурения скважины в условиях карьера Маарду определяется по формуле

$$L_A = \frac{A \cdot l}{P_k l_v l_p},$$

где L_A — среднегодовой объем бурения скважины, в бурометрах,

A — годовая производительность карьера, в тоннах,

l — средняя длина скважины, в метрах,

P_k — производительность пласта фосфорита, в t/m^2 ,

l_p — расстояние между рядами скважин, в м,

l_v — расстояние между скважинами в ряду, в м.

Тогда

$$L_A = \frac{600\,000 \cdot 7}{2 \cdot 2,5 \cdot 2,5} = 336\,000 \text{ бурометров.}$$

Ожидаемая годовая экономия при использовании новых буровых коронок ТПИ-1 составляет: $\mathcal{E} = 0,764 \cdot 336\,000 = 250\,000$ руб.

Выводы и предложения

1. Конструкция буровой коронки Вивиконд нерациональная при бурении скважины в крепких известняках из-за малой скорости бурения и большого расхода твердого сплава и стали.

2. Неправильный технический режим при спайке и заточке вызывает возникновение микротрещины в пластинках твердого сплава, поэтому необходимо применять спайку высокой частоты и интенсивное охлаждение водой при затачивании. Желательно испытывать армирование переднего лезвия твердым сплавом ВК-11.

3. Испытанные типы буровых коронок позволяют применять при бурении в крепких известняках скорость вращения 120 оборотов в минуту. После пробурения известняков, в глауконитовом песчанике, рационально переключиться на 200 оборотов в минуту. Последующими научно-исследовательскими работами перспективно получение новых, более стойких и качественных конструкций буровых коронок, которые позволяют бурить и в крепких известняках скоростью вращения шпинделя 200 оборотов в минуту.

4. По результатам опытных бурений наиболее рациональной конструкцией оказались коронки ТПИ-1. Их использование по сравнению с коронками Вивиконд увеличивает скорость бурения 1,7 раза и уменьшает расход твердого сплава 6,2 раза. Предварительные расчеты показывают, что использование буровых коронок ТПИ-1 вместо коронок Вивиконд обеспечивает годовую экономию 256 000 рублей.

Примечание: Результаты проведенной научно-исследовательской работы внедрены в производство на карьере Маарду, где начиная с лета 1962 года при бурении скважин используют только коронки типа ТПИ-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология СССР, том XXVIII, Эстонская ССР. Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва, 1960.

К. А. Оясте

О СОСТАВЕ ИЗВЕСТНЯКОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СЛАНЦЕВЫХ СЛОЯХ ЭСТОНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Состав известняковых включений был изучен в пределах промышленного пласта сланца от слоя *A* до слоя *F*. Для выполнения этой задачи было отобрано 6 пластово-дифференциальных проб на шахтах Вийвиконд, Кукрузе и Кивиыли. Кроме того отдельные пробы из сланцевых слоев были отобраны и на шахтах №№ 6 и 10.

Изучение вещественного состава известняковых включений (прослоек и конкреций) осуществлялось в основном минерало-петрографическими методами. С этой целью из проб было изготовлено 158 шлифов и 46 аншлифов. При микроскопическом изучении полученные результаты проверялись при помощи термографического анализа и исследований, проводившихся в иммерсионных препаратах. Кроме того, для выделения карбонатов пользовались методами окрашивания. Некоторые результаты были получены путем протравки аншлифов 2% -ным раствором соляной кислоты.

Используя указанные методы исследования удалось выяснить, что известняковые включения в сланцевых слоях состоят из органического вещества, карбонатов в более узком смысле и терригенного материала.

Органическое вещество

Содержание органического вещества в пределах прослоек и конкреций несколько изменчиво. В слоях *A* и *A'* распределение органического вещества более или менее равномерно и равно 5—10% (в отдельных случаях доходит даже до 20%). В слоях *B*, *C*, *D*, *F* и *E* распределение органического вещества

сравнительно неравномерно. Органическое вещество распределяется здесь главным образом в прослойках и конкрециях и при этом довольно равномерно и плотно в местах свободных от остатков фауны и скоплений кристаллов, тогда как оставшая часть его почти не содержит. В местах концентрации его содержание доходит до 5—75%. По данным Н. Насоновой [2] количество органического вещества в конкреционных образованиях в пределах промышленного пласта (шахты №№ 2, 6, 10 и Кява-2) от 0,4 до 14,2% (полученные по химическим анализам).

Более детальное исследование органического вещества позволило подразделить его на светлую и темную разновидности. Цвет светлой разновидности варьирует от светложелтого до темножелтого, темный же — от коричневого до черного. Как светлые, так и темные разновидности органического вещества имеют вид сгустков неправильной шарообразной формы. Более светлые сгустки имеют по сравнению с темными несколько меньшие размеры, но часто это бывает спорным. Если размеры светлых частиц колеблются в пределах 0,01—0,15 мм, то размеры темных частиц исчисляются 0,01—0,20 мм. Иногда встречаются сгустки и больших размеров. У большинства сгустков размеры варьируют в пределах 0,03—0,07 мм.

При исследовании выяснилось, что в известняковых включениях светлые разновидности органического вещества встречаются значительно чаще, чем темные. Обычно это соотношение находится в пределах от 2:1 до 3:1. Только в слоях А и А' они распространены более или менее в равных количествах. Светлые сгустки в большинстве случаев связаны между собой и образуют скопления, тогда как темные разновидности встречаются более рассеянно. Очень часто темные сгустки покрывают светлые. По наблюдениям С. Баукова светлая разновидность органического вещества связана в основном с кальцитом и встречается почти исключительно в известняковых прослойках [1]. Однако с этим утверждением все же трудно согласиться. При исследовании шлифов выяснилось, что скопления кристаллов кальцита по большей части не содержат органического вещества.

Карбонатная часть

Путем микроскопических исследований было установлено, что карбонатная часть известняковых включений в сланцевых слоях встречается в виде основной массы (цемента), отдельных кристаллов, прожилок и остатков фауны.

Основная масса состоит из микрозернистого и тонкозернистого кальцита. Кристаллы последнего имеют сравнительно

равномерную величину и расположены близко друг от друга. В оптической ориентировке кристаллов практически не заметно никакой закономерности. При скрещенных николях погасание их плохо или вообще не заметно и места контактов даже при наличии хороших шлифов и достаточно больших увеличений (до 900 раз) трудно зафиксировать. При измерении величины кристаллов выяснилось, что с достаточной точностью может быть определен только верхний предел, который в большинстве случаев не превышает 0,05 мм. В виде исключения эта величина может достигать до 0,06 мм. По сравнению с предыдущим определением нижнего предела оказывается более сложным. В этом случае начинает иногда мешать органическое вещество, особенно в местах его концентрации, так как размеры частиц органического вещества превышают в несколько раз минимальные размеры кристаллов. Во-вторых мешает прорастание и наложение кристаллов. В-третьих также существенной трудностью при определении является отсутствие хороших контактов. Тщательное изучение участков, не содержащих органического вещества, позволило установить нижний предел размеров, равный 0,005 мм, некоторые кристаллы даже мельче. Вообще из кристаллов основной массы достаточно хорошо подвергаются определению те, которые имеют размеры от 0,02 до 0,05 мм. Что касается формы кристаллов, то встречаются несколько закругленные неправильные контуры.

Существенной разницы в строении основной массы известняковых включений не наблюдается. По-видимому это хемогенный кальцит, образовавшийся путем осаждения из богатой известковыми веществами морской воды. Однако позднее в первичной основной массе начались вторичные процессы минералообразования. Из этих процессов в шлифах удалось наблюдать местами перекристаллизацию основной массы с образованием скоплений кристаллов кальцита, имеющих в большинстве случаев мелкозернистую или среднезернистую, а частично и крупнозернистую структуру. Размеры и количество скоплений кристаллов изменяются в довольно широких пределах. Размеры скоплений колеблются в большинстве случаев от 0,25 до 3 мм. Кристаллы в пределах скоплений находятся между собой в хорошем контакте, имеют четкие границы, угловатые по форме, с часто видимыми трещинами спайности в двух направлениях, обладают разной оптической ориентацией, определяются при скрещенных николях в параллельном и сходящемся свете и образуют в большинстве случаев ясно выраженную мозаичную структуру (фото 1). Кристаллы содержат зачастую различные включения в виде органического ве-



Фото 1. Перекристаллизация основной массы в поле с хорошей мозаичной структурой (увел. $28\times$ + николи)

щества и кварца, от чего их строение становится более неравномерным и неясным. Скопления переходят в основную массу большей частью непрерывно и плавно, т. е. размеры кристаллов в пограничных частях несколько уменьшаются, далее появляются элементы микрокристаллической основной массы и кристаллы скоплений, относящиеся по величине к более мелким и средним, проникают довольно глубоко к основную массу.

Плавный переход скоплений в основную массу известняковых включений в значительной степени затрудняет определение их конкретных размеров.

Наряду с непрерывным и плавным переходом распространен также более резкий и яснее выраженный переход в основную массу. Часто можно наблюдать начальные стадии образования скоплений в виде небольших гнезд. Однако в этих случаях уже довольно отчетливо заметны элементы плавного перехода, которые указывают также на закономерное прохождение процесса перекристаллизации основной массы.

Размеры кристаллов, образующих скопления, колеблются в большинстве случаев в пределах от 0,1 до 0,2 мм. Отдельные, более крупные из них имеют иногда размеры, достигающие до 0,5, а в исключительных случаях даже до 1 мм, более мелкие же до 0,03 мм. Большие кристаллы встречаются обычно в центральной части скоплений, меньшие же в области, прилегающей к участкам плавного перехода в основную массу.

Что касается того, насколько часто встречаются скопления, то это зависит в первую очередь от слоев. Скопления содержатся в большом количестве в слоях *B* и *C*, расширяясь особенно в слое *F*. Скопления здесь можно наблюдать вперемежку с остатками фауны часто в разрезе всего шлифа. По сравнению с предыдущими количество скоплений в слое *D* значительно меньше, тогда как слои *A*, *A'* и *E* в этом отношении еще более бедны.

Отдельные кристаллы встречаются во всех прослойках и конкрециях сланцевых слоев. Распространение кристаллов носит в основном рассеянный характер. Кристаллы можно наблюдать обычно в отдельности, а иногда и парами. В большинстве случаев они имеют четкие границы и конкретную форму с достаточно хорошо видимой спайностью. Погасание при скрещенных николях происходит нормально. Однако, наряду с вышеописанными, иногда встречаются отдельные сравнительно неясные кристаллы, соединяющие в некоторой своей контурной части почти незаметно с основной массой. Отдельные кристаллы имеют как неправильную, так и идиоморфную форму. Встречаются более или менее правильные треугольники, четырехугольники, параллелограммы и ромбы. Кристаллы, похожие на параллелограммы и имеющие ромбическую форму, почти все без исключения небольших размеров и встречаются довольно редко.

Говоря о размерах отдельных кристаллов можно сказать, что они колеблются в довольно широких пределах, начиная с 0,05 мм и кончая несколькими миллиметрами.

В деле выяснения сущности и образования отдельных кристаллов оказывает существенную помощь более детальное изучение их строения. Как уже упоминалось выше, в большинстве случаев отдельные кристаллы имеют ясно очерченные границы. Принимая также во внимание характер контуров и форму кристаллов, можно их рассматривать как эпигенетический кальцит, который образовался позднее в различных видах пустот осадка. Однако упомянутые пустоты могли образоваться также в период существования осадка (например, путем растворения остатков фауны и частично основной массы). По-видимому образование кристаллов началось уже во время образования пустот, поэтому в кристаллах могли оставаться различные включения в виде органического вещества и кварца. Это делает большинство кристаллов мутными и в значительной степени нарушает однородность их внутреннего строения. Однако наряду с описанными способами образования кажется также вероятным то, что часть отдельных кристаллов могла образоваться при перекристаллизации микрзернистой и тон-

козернистой основной массы, т. е. в процессе роста крупных кристаллов за счет мелких. Подобное явление вполне логично и соответствует общему стремлению кристаллических тел к достижению положения, соответствующего их минимальной внутренней энергии. Кроме того, в пользу перекристаллизации говорит то обстоятельство, что в отдельных кристаллах находятся еще довольно часто следы основной массы.

С точки зрения образования одновременно с отдельными кристаллами следовало бы рассматривать и прожилки. Если отдельные кристаллы встречаются во всех известняковых включениях, то прожилки носят случайный характер. Их удалось рассмотреть в слоях *C*, *D* и *F* (фото 2). Кристаллы кальцита, заполняющие трещины в породе, ясно выражены. В большинстве случаев они очень четкие и имеют хорошо выраженную спайность, резко очерченные границы и обычно неправильную форму. В редких случаях встречаются характерные для кальцита двойники. Контакт между кристаллами всюду хороший. Включений и других подобных явлений, нарушающих гомогенность внутреннего строения, почти вообще не встречается.

Принимая во внимание вышесказанное, можно предполагать, что прожилки образовались в комплексе прослоек и конкреций позже. По мнению Н. Насоновой образование их является результатом сокращения объема конкреций в позд-



Фото 2. Прожилка кальцита в слое *C* (увел. 32 \times)

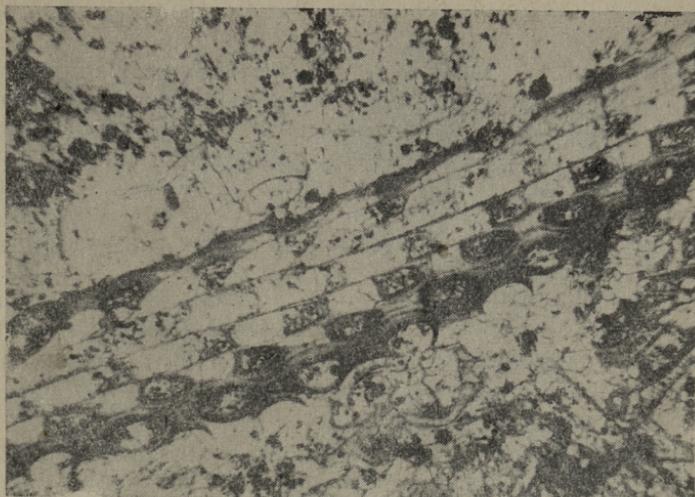


Фото 3. Фрагмент мшанки в слое *B* (увел. 32×)



Фото 4. Фрагмент мшанки в слое *D* (увел. 132×)

нем диагенезе [2]. Заполняющий трещины насыщенный раствор был, по-видимому, довольно чистым. Иначе нельзя объяснить образования столь четких кристаллов.

Наряду с описанными встречаются трещины еще меньшие по размерам. Однако последние даже при больших увеличениях плохо видимы в основной массе. Заполняющий их эпигенетический кальцит имеет микрозернистую и тонкозернистую структуру и выделение отдельных кристаллов довольно сложно.

Кроме кальцита других эпигенетических минералов в прожилках не имеется.

В качестве механических примесей следует отметить наличие органического вещества и т. п., занесенных с раствором.

Широко распространены остатки фауны (фото 3, 4). Обычно каждому сланцевому слою соответствуют более или менее специфические группы макрофауны.

При более детальном исследовании материала остатков макрофауны выяснилось, что он состоит в основном из первичного кальцита волокнистого строения. Погасание подобного комплекса при скрещенных николях осуществляется плохо, в основном по волокнам. Однако подобный материал не сохранился до настоящего времени всюду неизменным. Очень часто наблюдается уже начавшаяся перекристаллизация и первичный кальцит уже заменился целиком или частично вторичным (фото 5). Во многих скелетах вторичным является только заполнение скелетов, тогда как материал самих скелетов остается первичным. При этом скелеты теряют в процессе перекристаллизации определенность и ясность. В общем первичный кальцит замещен в большей части вторичным именно в слоях *B*, *C*, *D*, *E* и *F*, тогда как в слоях *A* и *A'* замещения не произошло или оно произошло наполовину.

Среди других карбонатных минералов, встречающихся вместе с кальцитом, оказалось возможным на основе многочисленных наблюдений определить и наличие доломита. Непосредственные наблюдения шлифов и аншлифов под микроскопом показывали, что доломит встречается во всех известняковых включениях от слоя *A* до *F* в виде хорошо выраженных идиоморфных кристаллов (фото 6). Размеры кристаллов в пределах от 0,02 до 0,2 мм. Обычно доломит распространяется рассеянно в основной массе или приурочен к остаткам фауны. Только местами наблюдается и повышенное количество, особенно в конкрециях из слоев *A'* и *C*. По мнению автора содержание доломита в составе карбонатов не превышает 3—4%. На основании химических анализов Н. Насонова считает, что содержание доломита в конкреционных образованиях колеб-

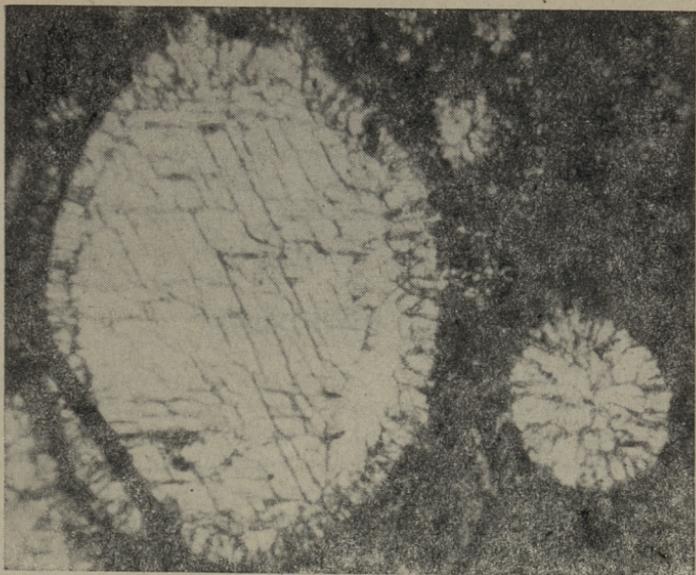


Фото 5. Поперечный разрез сильно перекристаллизованной мшанки в слое *D* (увел. 54×)

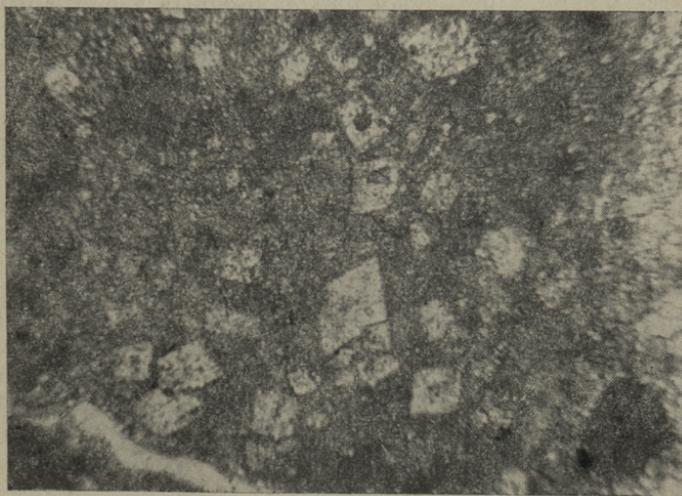


Фото 6. Идиоморфные кристаллы вторичного доломита в слое *C* (увел. 132×)

лется в пределах 0,59—5,71% и только в двух случаях это содержание превышало указанную величину (10,55% и 99,07% от суммы карбонатов) [2].

Методы окрашивания и многочисленные термограммы очень хорошо подтвердили правильность оптических определений: кроме кальцита и доломита других карбонатных минералов в известняковых включениях по-видимому нет. Общее количество карбонатов в известняковых включениях в пределах 63,3—99,2% [2].

Терригенный материал

Вторым основным компонентом известняковых включений является терригенный материал.

По данным химических анализов общее количество терригенного материала в известняковых включениях колеблется в пределах 0,8—18,7% [2]. Определение состава терригенного материала является довольно сложной задачей. Основные трудности заключаются в определении конкретного минералогического состава. Несмотря на достаточное количество терригенного материала, положение в значительной степени осложняется тем, что его отдельные частицы имеют слишком маленькие размеры. Микроскопическое исследование многочисленных шлифов дало возможность определить в основном кварц, полевые шпаты, пирит и слюды. Кроме перечисленных минералов в виде немногих или единичных зерен в иммерсионных препаратах были определены турмалин и эпидот.

Размеры кристаллов кварца колеблются обычно в пределах от 0,015 до 0,030 мм. Размеры некоторых кристаллов иногда достигают 0,050 мм, а отдельные даже 0,08—0,13 мм. Большое количество кристаллов имеет размеры ниже 0,015 мм, обычно до 0,01 мм. Форма кристаллов по большей части угловатая, иногда кристаллы закругленные или сильно сглаженные по всему периметру. В некоторых случаях видны трещины от разрушений. Наибольшее количество кварца содержится в известняковых включениях слоев *A* и *A'*. Кварц встречается в основном рассеянно, иногда же в виде незначительных количеств сконцентрировано. Меньше кварца содержится в слоях *B*, *E* и *F*. Слой *C* является в этом отношении промежуточным. В слое *D* положение другое. В этом слое местами встречаются большие количества кварца, местами же его нет вообще, или случайно встречаются только отдельные редкие кристаллы.

Полевых шпатов (в основном ортоклаза) по сравнению с кварцем значительно меньше. Ортоклаз представлен углова-

тыми, короткопризматическими или окатанными кристаллами, размером 0,02—0,08 мм. В некоторых случаях достигают размеры даже 0,3 мм. Местами кристаллы его разложены. Плагиоклазы распространены в очень малом количестве. Иногда они имеют характерные полисинтетические двойники.

Пирит распространен в виде идиоморфных кристаллов или в виде зерен неправильной формы. Размеры кристаллов от 0,01 до 2 мм и больше. Обычно пирит приурочен к остаткам фауны или наблюдается рассеянно в основной массе. Как считает Н. Дилакторский, возможно, мы имеем дело с марказитом [3]. По-видимому встречается диагенетический вид. Это хорошо совпадает и с условиями восстановительной среды.

Распространение слюд носит весьма случайный характер. Благодаря тщательным поискам отдельные кристаллы удалось найти во всех известняковых включениях. Встречаются мусковит и биотит. Мусковита несколько больше. Биотит встречается только очень редко. Обычно слюды листовидные. Мусковит прозрачный и бесцветный, биотит темнобурый. В одном случае в биотите были заметны плеохроичные ореолы вокруг включений. Их определить не удалось.

Эпидот встречается в виде призматических кристаллов; цвет — зеленоватый с яркой пятнистой интерференционной окраской.

Кристаллы турмалина призматические, с разнообразным плеохроизмом.

Остальная часть терригенного материала имеет, по-видимому, глинистый характер и распределяется равномерно в основной массе. Ее размер меньше 0,01 мм и поэтому кристаллы плохо видимы даже при больших увеличениях. Кроме того, наблюдению мешает органическое вещество, размеры частиц которого значительно больше 0,01 мм. Такой тонкий терригенный материал просто покрывается органическим веществом и становится незаметным. Кроме того изготовление хороших иммерсионных препаратов также затруднительно. Поэтому изучение вещественного состава упомянутого материала осуществлялось в основном термографическим методом. Этим же методом проверялось наличие и других минералов, уже определенных кристалло-оптическим методом. Однако и указанный метод не в состоянии обеспечить в данном случае получение исчерпывающих данных. Сложность заключается в том, что из-за большого количества компонентов, мешающих друг другу, встречающиеся в очень незначительной концентрации примеси остаются вообще незамеченными. Кроме того в значительной степени мешает колоссальный по распространен-

ности эндотермический эффект, вызываемый кальцитом. Поэтому и при температуре выше 900°C компоненты, вступающие в те или иные реакции, практически неопределимы.

Анализ термограмм показывает, что довольно постоянными компонентами всех известняковых включений являются гидрослюды, близкие к слюдам и некоторые разновидности монтмориллонита (т. н. асканит). Гидрослюды являются продуктами химического выветривания полевых шпатов и мусковита. Каолинит, являющийся конечным продуктом выветривания, не встречается потому, что он образуется только в кислой среде. В данном же случае при осаждении CaCO_3 среда была довольно щелочной. Образование монтмориллонитных глин может быть объяснено также гидрохимическим разложением биотита и пород, содержащих биотит. Следовательно, образование в терригенном материале вторичных минералов (гидрослюд, монтмориллонитных глин и т. д.) является вполне логичным, так как в морской бассейн заносились водой большие количества продуктов выветривания с расположенного на севере континента. Условия для прохождения гидрохимических процессов разложения из-за щелочной реакции водного бассейна и высокого содержания CO_2 были очень благоприятными. Этим можно объяснить также наличие сравнительно небольших количеств полевых шпатов и слюд.

Термограммы позволили вполне уверенно выделить из группы гидрослюд глауконит. Последний хорошо видим в слоях *C* и *F*. В слоях *B* и *E* глауконита встречается крайне мало. Остальные слои, т. е. *A* и *A'* содержат его несколько больше.

Что касается глинистых минералов, относящихся к группе монтмориллонита, то есть основания считать, что наряду с асканитом встречаются и некоторые другие разновидности. Выявлению этого может способствовать выделение терригенного компонента и исследование его кривых прокаливания. Кроме того положительные результаты могут быть достигнуты путем проведения рентгенометрического анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Бауков. Закономерности вещественного состава горючего сланца Прибалтийского сланцевого бассейна. АН ЭССР. Труды института геологии II, 1958.

2. С. С. Бауков, Н. М. Насонова. Изучение пород сланцевой залежи эстонского месторождения, как цементного сырья. АН ЭССР, Институт геологии, 1961. (Научно-технический отчет).

3. Н. Л. Дилакторский, Е. А. Галибина. К вопросу о процессах минералообразования, протекающих при нагревании сланцевой золы и твердения гидратированных продуктов обжига. АН ЭССР. Сланцевольные материалы в строительстве, 1955.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Л. Х. Кальман, Х. Х. Арукюла, К. А. Оясте, Э. А. Люютре. Испытания новых конструкций буровых коронок при вращательном бурении скважин в крепких известняках карьера Маарду Эстонской ССР 3
2. К. А. Оясте. О составе известняковых включений в сланцевых слоях эстонского месторождения 23



ТРУДЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ
СБОРНИК СТАТЕЙ

Таллинский политехнический институт

Редактор Л. Кальман

Технический редактор Я. Мыттус

Сдано в набор 29 I 1963. Подписано к
печати 31 VII 1963. Бумага 60×90, 1/16.
Печатных листов 2,25. Учетно-издатель-
ских листов 1,6. Тираж 600 экз. МВ-07165.
Заказ № 405.

Типография «Юхисэлу», Таллин,
ул. Пикк, 40/42.

Цена 11 коп.

Цена 11 коп.