

р. 6. /  
221

TALLINNA POLÜTEHNILISE  
INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

С Е Р И Я А

№ 221

# ТРУДЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ

СБОРНИК СТАТЕЙ

II



Ep.6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED  
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
СЕРИЯ А № 221 1965

---

УДК 622

# ТРУДЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ

СБОРНИК СТАТЕЙ

II

ТАЛЛИН 1965

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. А. Х. Рейер. Минералогические особенности кембрийских глин Эстонской ССР .....	3
2. А. Х. Рейер. Рентгенографическое исследование кембрийских глин ЭССР .....	13
3. Х. Я. Пийроя. О возможности применения полного обрушения и механизации очистных работ в условиях Маардуской фосфоритной шахты .....	21
4. Э. Я. Рейнсалу. О минимально допустимых расстояниях между зарядами для условий эстонских сланцевых шахт .....	29
5. Х. Х. Арукюла. Влияние расположения конвейера на производительность навалотбойщиков в условиях шахты Маарду .....	37



Ер. 7050

*А. Х. Рейер*

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЕМБРИЙСКИХ ГЛИН ЭСТОНСКОЙ ССР

В настоящей статье приведены результаты исследования минералогического состава кембрийских глин, проведенные автором на основе двух буровых кернов из района Таллина и образцов, взятых из обнажений верхней части пачки «синих глин» Северной Эстонии.

Общая минералогическая и литологическая характеристика свиты кембрийских глин (лонтовской свиты) на основании изучения шлифов приведена в статье автора «Микроскопическое исследование кембрийских глин Эстонской ССР» в информационном бюллетене «IV пленум комиссии по изучению глин», Москва, 1963 г.

Данные, полученные изучением шлифов, позволяли выделять из общего разреза наиболее характерные участки и подвергнуть образцы из них всестороннему специальному минералогическому исследованию.

Песчаная фракция ( $>0,05$  мм) пород была исследована главным образом при помощи бинокулярного микроскопа с дополнительным определением иммерсионным методом показателей преломления отдельных образцов.

Основными компонентами песчаной фракции являются кварц и слюды.

Кварц представлен сравнительно хорошо окатанными бесцветными зернами, поверхность которых иногда покрыта белым порошком. Местами зерна кварца корродированы. Из слюд преобладает мусковит, но постоянно присутствуют и окрашенные слюды (черные, бурые и зеленые) биотитового ряда. Сохраняя в общем все свои характерные свойства (листоватое строение, сильный блеск и псевдогексагональный облик), слюды в то же время несколько гидратизированы и поэтому теряли упругость, стали хрупкими и под давлением кончика иглы легко разрушаются. Особенно заметно это у темных слюд. В эту же фракцию попадают обломки сплюснутых цилиндрических пиритовых конкреций. Изредка

встречаются и одиночные кубические, редко октаэдрические и пентагон-додокаэдрические кристаллы пирита. Почти во всех пробах присутствуют снежно-белые фарфоровидные осколки трубчатых тел *Platysolenites*. Обычным минералом песчаной фракции, количество которого сильно варьирует, является глауконит густо-зеленого цвета. Глауконит, как правило, образует почковидные или почти шарообразные желваки с гладкой, иногда даже блестящей поверхностью. Наконец следует отметить, что в некоторых пробах, главным образом «коричневых глин», присутствуют своеобразные волокнистые агрегаты удлиненной или пластинчатой формы. Волокна гибкие, но не упругие и почти белого (слабо желтоватого или розоватого) цвета. Под поляризационным микроскопом удлинение волокон положительное, погасание практически прямое,  $N_g = 1,555$ ,  $N_p = 1,542$ . Согласно этим данным указанные агрегаты принадлежат хоризотилу. Следует отметить, что появление сравнительно крупных (длиной до 2 мм) волокнистых агрегатов среди самых мелкозернистых образцов породы трудно объяснить с их механическим приносом. Поэтому возможно, что рассматриваемый минерал является аутигенным и представляет собой разновидность минералов палыгорски-тового — сепиолитового типа.

Кроме указанных компонентов среди минералов песчаной фракции изредка встречаются и спайные обломки или плохо окатанные зерна розоватого калиевого полевого шпата (на основании данных изучения шлифов как ортоклаза, так и микроклина). Редко обнаруживаются отдельные осколки обугленных органических остатков.

Для изучения алевритовой части был применен иммерсионный метод определения оптических констант под микроскопом. Для этого фракция 0,05—0,01 мм, полученная при определении гранулометрического состава методом Сабанина, в тяжелой жидкости удельного веса 2,80 г/см<sup>3</sup> (разбавленный ксилолом четырехбромистый этан) была разделена в обычной воронке на тяжелую и легкую фракцию.

Выход тяжелой фракции в общем незначителен и колеблется от 3 до 8%, причем несколько выше он у образцов «коричневой» глины. Так как исследовались только алевритовые частицы, разделение по удельным весам еще не дает возможности судить об общем распределении тяжелых минералов в породе. Значительное влияние на распределение тяжелых минералов оказывает присутствие в породе пиритизированных органических остатков, т. е. аутигенных минералов. Об этом влиянии лучше всего свидетельствует табл. 1, где приведены данные измерения удельных весов породы.

Удельные веса образцов взятых из различных глубин

№ образца	Глубина от поверхности, м	Литологическая характеристика породы	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>
6	10	Песчанистая «синяя глина» без видимых пиритизированных органических остатков	2,70
10	17	«Синяя глина» без крупных пиритизированных органических остатков	2,77
15	23	«Синяя глина» с бурыми пятнами и обилием мелких пиритизированных остатков	2,79
22	34	Фиолетово-бурая глина с пятнами «синей глины» и крупными пиритизированными органическими остатками	2,81
27	41	Пластичная фиолетово-бурая глина	2,81
32	47	Зеленоватая-бурая, сильно размятая при бурении глина	2,85
33	55	Зеленоватая песчаная слюдистая порода	2,72

Из таблицы видно, что удельные веса возрастают с глубиной и достигают своего максимума в самой нижней части разреза. Но эти возрастания удельных весов практически не отражаются в минералогическом составе алевритовой фракции, которая в главной массе как в качественном, так и в относительном количественном составе остается неизменным по всему разрезу. Увеличение удельных весов обусловлено по видимому не только наличием пиритизированных органических остатков, но и накоплением в глинистой фракции бурых разновидностей свободных окислей железа (гематит, гидрогематит, лимонит).

Минералогический состав алевритовой части следующий. Легкая фракция (удельный вес  $< 2,80$  г/см<sup>3</sup>) состоит в главной своей массе из грубо окатанных или угловатых зерен кварца. Другим существенным компонентом легкой фракции являются полевые шпаты, по внешнему виду трудно различимые от зерен кварца. Преобладающая роль среди полевых шпатов принадлежит ортоклазу, микроклин встречен только в единичных пробах, а плагиоклазы представлены лишь отдельными зернами и также не во всех пробах. Количественные соотношения между кварцевыми и ортоклазовыми зернами были определены путем подсчета их в иммерсионной жидкости с  $N = 1,537$  (меньше, чем  $N_0$  кварца и больше чем  $N_g$  орто-

клаза). В пробах верхней части разреза («синих» глинах) кварц составляет  $90 \pm 3\%$  зерен легкой фракции, в нижней части разреза («бурых» глинах)  $87 \pm 3\%$ . Иными словами, в алевритовой части соотношение между количеством кварца и полевых шпатов практически постоянное.

Тяжелые фракции всех проб отличаются более пестрым минералогическим составом, чем легкие фракции, но и среди разнообразия минералов также можно выделить «основные», т. е. встречающиеся во всех пробах и «случайные», встречающиеся лишь единичными зернами и не во всех пробах.

Среди «основных» минералов тяжелой фракции в первую очередь следует отметить две разновидности листоватых минералов. Первая, бесцветная разновидность характеризуется малым  $2V$ , но достаточно большим, чтобы определять оптический знак (—).  $N_g \approx N_m = 1.586 \pm 0,001$ . Это повидимому дамурит, т. е. несколько измененный мусковит, так как при почти точном совпадении показателей преломления дамурит характеризуется малым углом оптических осей. Другая разновидность имеет оливково-зеленый цвет, у некоторых листочков цвет буровато-зеленый, а встречаются и листочки, в которых на зеленом фоне наблюдаются ржаво-бурые пятна. В оптическом отношении рассматриваемая разновидность характеризуется следующими показателями: опт. знак (—),  $2V \cong 0$ ,  $N_g \cong N_m = 1,621 \pm 0,001$  (чистые зеленые листочки) до  $1,640 \pm 0,002$  (буровато-зеленые листочки). Эта разновидность представляет собой различные стадии изменения биотита вплоть до хлорита (по номенклатуре Винчелла — диабантита). Третий минерал этой группы «основных», буроватый минерал с высоким двупреломлением, который в обилии представлен в пробах из верхней, «синей» части разреза, но всегда, хотя и в меньшем количестве, встречается и в пробах из нижней, «бурой» или «пестрой», части разреза. Характерны и некоторые морфологические особенности рассматриваемого минерала. В образцах из «бурой» части разреза зерна минерала имеют ярко выраженную ромбоэдрическую форму, а в образцах из «синей» части разреза наряду с зернами указанной формы встречаются и зерна с менее определенными внешними очертаниями (но общий изометрический вид зерен, как правило, все-таки сохраняется). Судя по форме и высокому двупреломлению нет сомнений, что это карбонатный минерал, содержащий железо (буроватый оттенок). Определение  $N_0 = N_g$  (минерал оптически отрицательный) дало значение от  $1,716 \pm 0,002$  (максимальный) до  $1,702 \pm 0,004$  (минимальный). Это доломит, близкий к анкериту (паранкерит).

Из минералов, встречающихся в тяжелой фракции практи-

чески во всех пробах, необходимо отметить еще турмалин типа шерль. Турмалин в породе имеет характерную удлиненную форму, удлинение отрицательное, погасание прямое, плеохроизм хорошо выражен от грязно-зеленого до почти бесцветного,  $N_0 \cong 1.66$ ,  $N_e = 1.63$ . Необходимо отметить, что некоторые более крупные турмалины имеют столь четкое огранение (особенно пирамиды конца), что это приводит к предположению об их регенерации в процессах диагенеза или даже аутигенным происхождении.

Среди т. н. «случайных» минералов удалось установить циркон, рутил, гранаты (с  $N > 1.76$ ) которые обычно очень мелкие и особенного литологического значения не имеют.

На основании изучения минералогии псаммитовой и алевритовой фракции по всему разрезу общий характер распространения минералов в толще следующий.

Преобладающим минералом является обломочный кварц, относительное содержание которого особенно велико в верхней части разреза. Далее следуют слюды, из которых наиболее обычный мусковит, хотя всегда присутствуют и биотитовые слюды (иногда полностью хлоритизированные). Количественное соотношение тех и других остается неизменным по всему разрезу (мусковит: биотит = 2:1 до 3:1). Особенное обилие слюд наблюдается в самой нижней части разреза, на границе с подстилающими толщу песчаниками (песками). Из других аллотигенных минералов следует отметить полевые шпаты и турмалин, постоянно присутствующие по всему разрезу в более или менее одинаковых количествах, циркон, рутил, гранаты. Необходимо отметить, что обнаружить минералов амфиболовой и пироксеновой групп, довольно обычных в обломочных породах, не удалось. К амфиболам можно лишь условно отнести отдельные сильно измененные агрегаты из алевритовой фракции, не поддающиеся оптическому определению.

Среди аутигенных минералов наиболее характерным для толщи кембрийских глин является глауконит, который представлен главным образом в песчаной фракции и практически отсутствует в алевритовых фракциях. Распределение глауконита по разрезу крайне неравномерное. Максимальное его количество в нижней, голубовато-зеленой части разреза (включая и нижележащие песчаники). В следующих «пестрой» и фиолетово-бурой частях разреза он полностью не исчезает, но представлен лишь отдельными редкими зернами. Роль глауконита снова возрастает в верхней «синей» части разреза, но все-таки остается меньшим, чем в низах разреза. Следует еще отметить, что цвет глауконитовых зерен в нижней части

разреза заметно темнее, чем в верхней части, а также, что глауконитовые стяжения из нижней части разреза имеют более гладкую поверхность и более блестящие, чем их аналоги из верхней части. Обращает внимание и факт, что распределение глауконита по разрезу совпадает с характером распределения слюд. Это может служить доказательством генетической связи между слюдами (в частности биотитом) и глауконитом.

Другим аутигенным минералом, распределение которого имеет важное литогенетическое значение, является карбонат ряда доломит — анкерит. Карбонаты представлены главным образом в верхней части разреза (в «синей глине»), где встречаются как явно идиоморфные ромбоэдрические зерна, так и неправильные осколки — очевидно псевдоморфозы по обломочным минералам, а также обломки карбонатного цемента. Единичные ромбоэдры карбоната устанавливаются и в алевритовой фракции фиолетово-буровой части разреза, но в нижних «синих глинах» их уже нет.

По всему разрезу встречаются пиритовые конкреции овально-цилиндрической формы и их количество находится в прямом соответствии с видимым невооруженным глазом количеством пиритизированных органических остатков. Что касается более крупных монокристаллов или их сростков, то они распространены в песчанистых прослойках, включая и самую нижнюю границу разреза. Необходимо отметить, что полости трубочек *Platysolenites* часто также заполнены пиритом или их стенки покрыты друзами кристаллов пирита. Наличия другой модификации сульфида железа — марказита — микроскопические исследования не подтверждают.

Вероятно к аутигенным минералам следует отнести и обнаруженные волокнистые агрегаты, близкие по своим оптическим показателям хризотилу (возможно и сепиолиту-пальгорскиту). Они появляются в нижней части разреза и главным образом в сильно пластичных, размятых при бурении образцов «пестрой глины», но отдельными редкими образцами выявлены и в самих нижних «синих глинах».

Для исследования глинистой фракции, выделенной при гранулометрическом анализе по методу Сабанина (фракция  $< 0,01$  мм), а также отмучиванием (фракция  $< 0,001$  мм) были применены дифференциально-термический, рентгенометрический и электронно-микроскопический анализы. Оптическая характеристика ее определилась на ориентированных срезах. Все использованные методы подтвердили, что глинистая фракция является полиминеральной и точное (особенно

количественное) определение представляет большие трудности.

Термическое исследование проводилось в основном при помощи самодельной установки с дифференциальной хромель-алюмелевой термопарой и визуальным ведением записей гальванометра. Часть термограмм (для фракции  $< 0,001$  мм) была получена на полуавтоматической установке типа ФПК-55. Режим нагревания в обеих установках был  $10^{\circ}\text{C}$  в минуту. Термическими исследованиями были получены следующие основные результаты. Все образцы дают ясную и сильную эндотермическую реакцию в промежутке температуры  $110\text{--}150^{\circ}$  с максимумом при  $120\text{--}130^{\circ}$ , что соответствует удалению адсорбированной воды. Вторая эндотермическая реакция, соответствующая удалению конституционной воды, протекает стадияльно и в сравнительно широком интервале. Реакция начинается при  $500^{\circ}$  и заканчивается лишь при температуре  $750^{\circ}$ , причем на фоне общего погружения часто обнаруживаются два скачка вниз: один при температуре  $530\text{--}600^{\circ}$ , другой при температуре  $680\text{--}730^{\circ}$ . Более высокотемпературные реакции имеют менее определенный характер и протекают часто при различных температурах. Обращает внимание довольно резкая эндотермическая реакция при температуре около  $1000^{\circ}$ . Не во всех образцах заметна эндотермическая реакция между  $800$  и  $900^{\circ}$ .

На основании термограмм можно заключить, что глинистая часть состоит из минералов типа гидрослюд и монтмориллонита, но несмотря на более четкое появление эффекта монтмориллонита при температуре  $700^{\circ}$ , чем эффекта гидрослюда при температуре  $550\text{--}600^{\circ}$ , не следует поспешно отнести глину к группе монтмориллонитового типа. Как уже отмечено выше, довольно четко выражен эндотермический пик при температуре  $1000^{\circ}$ , указывающий на присутствие слюд. По-видимому в породе много гидрослюд, близких к мусковиту (косвенно на это указывает и обилие слюд в более крупных фракциях), у которых вторая эндотермическая реакция (при  $550\text{--}600^{\circ}$ ) выражена слабо. Случайно и не четко выражена третья эндотермическая реакция около  $850^{\circ}$ , которая у типичных монтмориллонитов должна сопровождаться экзотермическим пиком, чего на термограммах нет. Наконец можно еще отметить, что в литературе имеются сведения о гидрослюдах, дающих двойную эндотермическую реакцию в интервале температур, отвечающих потере гидроксильной воды, с максимумом между  $550\text{--}600^{\circ}$  и при  $715^{\circ}$ . Следует отметить, что измельченные слюды также дают плавный эндотермический пик при температуре  $700\text{--}750^{\circ}$ .

Гидрослюдистый характер глинистой фракции породы подтверждают и результаты рентгеноструктурного анализа, изложенные автором в специальной статье.

Электронно-микроскопическое исследование проводилось при помощи микроскопа ЭМ-5 при увеличениях порядка 10 000  $\times$ . Глинистая часть под электронным микроскопом состоит в основном из двух, морфологически различных компонентов: 1) изометрические, редко гексагональные, но в большинстве случаев с резкими очертаниями пластинки равной толщиной и 2) удлиненные полупрозрачные и непрозрачные пластинки. Кроме того встречаются тонкие иголки, а также мелкие кубики. Указанные особенности также свидетельствуют о гидрослюдном характере глинистой части, в которой возможно и присутствие гидроокисей железа и пирита.

Оптические константы глинистой части были определены на срезах ориентированных частиц, полученных осаждением на стеклянную пластинку. Для отдельных образцов удалось получить достаточно ясную коноскопическую картину и определить угол оптических осей, который приближался к нулю, и оптический знак, оказавшийся отрицательным. Основное внимание при определении показателей преломления было уделено  $N_g \cong N_m$ , а у закрученных краях определили и  $N_p'$ , главным образом для оценки силы двупреломления. Величина  $N_g$  колебалась в различных образцах в пределах от 1,56—1,59, а двупреломление  $N_g - N_p'$ , было сравнительно невысокое (не превышало ни в одной пробе 0,020).

Веским доказательством о гидрослюдистом характере являются и результаты химического анализа. Содержание  $K_2O$  во фракциях  $< 0,001$  мм колеблется в пределах 6,29—6,58%. Интересно отметить, что химический состав фракции  $< 0,001$  как «синих», так и «фиолетово-бурых» глин практически один и тот же. Фиолетово-бурые глины отличаются более высоким содержанием железа (сумма  $Fe_2O_3 + FeO$  в среднем 7,7% против 5,5% в «синих» глинах) и более низким содержанием  $Al_2O_3$  (в среднем 23—24% против 26—27% в «синих» глинах). Сравнительно высокое содержание  $K_2O$  не только подтверждает гидрослюдистый тип глинистой части породы, но и указывает на близость ее к слюдам.

Подытоживая приведенные результаты изучения глинистой части породы можно заключить, что кембрийские глины ЭССР являются в основном гидрослюдистыми породами, содержащими также и представителей монтморриллионитовой, а возможно и сепиолитово-пальгорскитовой группы. Точная минералогическая характеристика глин затруднена в связи с недостаточной разработкой номенклатуры глинистых минера-

лов, в частности гидрослюды. Нет сомнения, что в глинистой части встречаются слюды самых различных стадий гидратации, в том числе и незначительное количество вторичных гидрослюд, но только глауконит можно считать существенным вторичным глинистым минералом. Но это по мнению автора еще недостаточно для употребления термина «глауконитовая глина», так как глауконит в фиолетово-бурых разновидностях повидимому играет подчиненную роль и более высокое содержание его в «синих» разновидностях (зеленоватая окраска фракции  $< 0,001$  мм) также недостаточно для уловления типично «глауконитовых эффектов» на термограммах и рентгенограммах, которые практически одинаковы для образцов, взятых из любых частей разреза. Предварительно проведенные автором термическое и рентгеноструктурное исследования выделенных под биноклем листочек слюды из псаммитовой и алевроитовой фракций показали большое сходство их с глинистой частью породы. Возможно, что для ясности следовало бы возвратиться к забракованному термину «обломочная глина», так как в данной породе тонкая фракция повидимому представлена в основной своей массе обломками частично гидратизированных слюд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колл. авторов под руководством М. Ф. Викуловой. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. Госгеолтехиздат, Москва, 1957.
2. М. С. Швецов. Петрография осадочных пород. Госгеолтехиздат, Москва, 1958.
3. Р. Е. Грим. Минералогия глин. Издательство иностранной литературы, Москва, 1956.
4. IV Пленум комиссии по изучению глин (Информационный бюллетень) ИГЕМ—АН СССР. Москва, 1963.
5. Геология СССР, том XXIII. Госгеолтехиздат, Москва, 1960.
6. Н. И. Горбунов, И. Г. Цюрупа, Е. А. Шурыгина. Рентгенограммы, термограммы и кривые обезвоживания минералов, встречающихся в почвах и глинах. Изд. АН СССР, Москва, 1952.
7. А. Н. Винчелл и Г. Винчелл. Оптическая минералогия. Издательство иностранной литературы, Москва, 1953.



А. Х. Рейер

## РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КЕМБРИЙСКИХ ГЛИН ЭССР.

В настоящей статье приведены результаты рентгенографического исследования кембрийских глин ЭССР, взятых из бурового керна по всей длине разреза в районе г. Таллина.

**Объекты исследования.** Мощность пачки кембрийских глин в районе г. Таллина около 50 м, причем выше уровня Финского залива залегает и обнажается на полуострове Копли только верхняя ее часть — мощностью 10—12 м.

Верхняя часть пачки сложена зеленовато-голубыми алевритово-глинистыми породами, в которых содержание «чисто глинистых» частиц (диаметр меньше 0,001 мм) колеблется от 10 до 20%. Примерно столько же в верхней части пачки песчаных частиц (диаметр больше 0,05 мм).

С увеличением глубины постепенно увеличивается содержание глинистых частиц, достигая максимума (около 40% частиц диаметром меньше 0,001 мм) на глубине 40 м. Далее содержание глинистых частиц снова уменьшается, пока пачка глинистых пород на глубине 50 м не превращается в мелкозернистый слабоцементированный песчаник.

Параллельно с изменением гранулометрического состава породы пачки меняется и ее внешний облик. Верхняя, относительно грубозернистая часть пачки сложена типичной «синей глиной». При увеличении содержания более мелкозернистой фракции, начиная с глубины примерно 20—25 м, в породе появляются фиолетово-бурые участки, размеры которых постепенно увеличиваются. Это приводит к превращению породы в сравнительно плотную, сланцеподобную глину. В последних 10 м разреза в породе снова увеличивается площадь зеленовато-голубых участков и на границе с подстилающими песчаниками она снова представлена «синей глиной».

Целью данного исследования было установление минералогического состава глинистой части породы и закономерностей изменения его в зависимости от макроскопического характера породы. Для этого методом отмучивания в дистиллирован-

ной воде из наиболее типичных проб были выделены частицы диаметром меньше 0,001 мм. Характеристика проб: пробы № 5 и 32 — песчанистая «синяя глина», проба № 10 — мелкозернистая «синяя глина», пробы № 15 и 30 — «синяя глина» с отдельными фиолетовато-бурыми пятнами, пробы № 22, 26 и 27 — фиолетовато-бурая глина, в наиболее типичном виде представленная пробой № 26. При этом пробы № 5, 10 и 15 взяты из верхней части, пробы № 30 и 32 — из нижней части разреза.

**Методика исследования.** Для определения минералогического состава глинистых минералов был применен порошковый метод рентгенографического анализа. Порошкограммы образцов снимались на рентгеновской установке УРС — 55а при помощи стандартных камер типа РКД диаметром 57,3 мм. Столбики порошка были изготовлены путем наполнения коллодиевых трубочек диаметром 1 мм. В установке было использовано железное ( $FeK\alpha$ ) излучение рентгеновской трубки типа БСВ. Время экспозиции было подобрано опытным путем и равнялось 8-ми часам. Следует отметить, что согласно литературным данным [4] для получения на порошкограммах самых слабых следов отражений необходимо более продолжительная экспозиция, но в данном случае по различным причинам пришлось отказаться от более продолжительных экспозиций. Во-первых, не удалось избежать некоторого рассеивания излучения в камерах, что при продолжительной экспозиции вызывало появление на рентгенограммах темного фона, особенно на участке появления линий, соответствующих малым углам отражения. Даже при выбранном времени экспозиции на рентгенограммах, снятых в одной из камер, не удалось измерять расстояния между линиями, соответствующими межплоскостным расстояниям больше 3 кХ. Во-вторых, при выбранном времени экспозиции практически была исключена возможность появления на рентгенограммах линий от  $\beta$ -излучения. Так как работа имела главным образом рекогносцирующий характер и основное внимание было уделено наиболее характерным и сильным отражениям и не намечалось индентирование рентгенограмм, отсутствие некоторых слабых линий от  $\alpha$ -излучения существенного значения не имело.

Примененная методика рентгеновского исследования глины имела один недостаток, который связан с самой аппаратурой. Небольшой диаметр камер приводил к тому, что на рентгенограммах не были фиксированы линии, соответствующие большим межплоскостным расстояниям (больше 5 кХ). В то же

время известно, что наиболее важные отражения на рентгенограммах глинистых минералов — это базальные отражения и особенно базальные отражения первых порядков, которые могут отвечать межплоскостному расстоянию в 10 или даже 20 и больше  $\text{Å}$ . Этот недостаток устранить не удалось и при расшифровке приходилось опираться на базальные отражения высших порядков, на основе которых детальная идентификация структуры минералов не оказалась возможным.

Измерение рентгенограмм было произведено на специальном, освещаемом снизу столике. Расстояние между линиями было измерено при помощи металлической линейки, снабженной нониусом, что позволило определить это расстояние с точностью 0,1 мм. Интенсивность линии была оценена визуально по 10-балловой шкале. Так как отдельные линии были размятые, то при перерасчете результатов измерений точность определения межплоскостных расстояний была принята до второго знака после запятой, что практически элиминирует неточности, допущенные при фиксации центров линии.

**Результаты исследований.** Определенные межплоскостные расстояния для каждой пробы глины приведены в таблице 1. Даже беглый взгляд на таблицу показывает, что характер глинистого минерала по всему разрезу не меняется. Все наиболее интенсивные линии ( $J = 4$  или больше) на всех рентгенограммах представлены и соответствующие им межплоскостные расстояния практически равны. Исключением является только проба № 26, на рентгенограмме которой нет интенсивной линии № 4 ( $d = 3,30$ ). Но указанная рентгенограмма имела исключительно темный фон, что просто не позволяло заметить линий на участке, соответствующих малым углам отражения.

Для определения минералов использовались данные, приведенные в руководствах Г. В. Бриндли, Р. Е. Грима и В. И. Михеева [см. 1, 2 и 3]. Несмотря на отсутствие на указанных выше рентгенограммах линий, соответствующих малым углам отражения (базальным отражениям первого порядка), полученные автором рентгенограммы позволяют глинистые минералы кембрийских глин ЭССР отнести к слюдистому типу. Отсутствие на рентгенограммах сильных линий каолинита и хлорита дает основание для исключения минералов этих групп как возможных основных компонентов глин. Некоторое сходство изучаемые рентгенограммы имеют с минералами монтмориллонитовой группы, но различия в деталях столь существенные, что и эта группа в составе глинистой фракции породы не может быть рассмотрена как основной компонент. Это подтверждается, например, присутствием на всех рент-



генограммах сильной линии № 4 ( $d = 3,30$ ), соответствующей базальному отражению 3-го порядка, которая отсутствует на всех эталонных рентгенограммах минералов монтмориллоновой группы.

Наглядное представление о сходстве изученных рентгенограмм с типовыми рентгенограммами, приведенными Г. В. Бриндлием [1], дает таблица 2. Совпадение вполне достаточное для подавляющего большинства линий. На изучаемых

Таблица 2

Сравнительная таблица рентгенограмм кембрийских глин ЭССР и гидрослюд

№ линии	Кембрийские глины		«Иллиты» по Бриндлю	
	$d$ (кХ)	$J$	$d$ (кХ)	$J$
			9,9—9,98	с
1	4,84—4,86	2	4,9—4,98	сл—ср
2	4,30—4,42	4—5	4,45—4,47	С—ос
			4,10—4,11	осл—сл
3*	3,61—3,62	2	3,64—3,7	срсл—осл
			3,4	осл
4	3,26—3,30	6—9	3,31—3,35	ср—ос
			3,2	осл
			2,98—3,09	срсл—сл
5	2,77—2,84	1—2	2,84	осл
6	2,55—2,57	8—10	2,56	с—ос
			2,44—2,45	сл—срс
7	2,36—2,39	3—4	2,38—2,39	ср
8*	2,21—2,24	2	2,235—2,4	сл—срсл
9*	2,05—2,11	1—2	2,11—2,14	сл—ср
10	1,97—1,98	2—3	1,98—1,988	ср
11	1,80—1,81	1—2		
12	1,67—1,69	2—3		
13	1,62—1,66	3—4	1,647—1,65	сл—ср
14	1,52—1,54	2		
15	1,49—1,50	6—8	1,497—1,50	с
16	1,36—1,38	2—3	1,34—1,342	осл—срсл
17	1,29—1,30	4—5	1,29—1,294	ср
18	1,23—1,25	2—3	1,24—1,243	сл—срсл
19*	1,18—1,20	1—2		
20	1,16—1,18	1—2		

\* — линии обнаружения не на всех рентгенограммах. ос. — очень сильная, с — сильная, срс — среднесильная, ср — средняя, срсл — среднеслабая, сл — слабая, осл — очень слабая.

рентгенограммах отсутствуют только самые слабые линии эталонных рентгенограмм, что объясняется недостаточной продолжительностью экспозиций. Следовательно, глинистая часть в кембрийских глинах ЭССР представлена гидрослюдой

(по зарубежной номенклатуре — иллитом). Наличие отражения (060) с межплоскостным расстоянием, близким к  $1,50 \text{ \AA}$ , позволяет заключить, что данная гидрослюда относится к мусковитовому типу, т. е. является диоктаэдрической. Этот минерал является основным компонентом всех пород, причем различная окраска его обусловлена повидимому полиморфным замещением в его структуре, т. е. различными количествами в его решетке ионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ . Во всяком случае наличия в глинистой части свободных окислей железа рентгенометрическими методами установить не удалось. Такой полиморфизм, согласно теоретическим исследованиям, влияет на величину параметров решетки, но для установления полиморфизма требуются специальные исследования.

Наряду с линиями, принадлежащими гидрослуде, на полученных автором рентгенограммах присутствуют отдельные линии, которые повидимому не относятся к гидрослуде, а являются следами примесей неглинистых минералов. Это в первую очередь линии № 11, 14, 19, 20. Что касается линии № 12, то она вероятно соответствует гидрослуде, так как по данным литературы линия № 13 иногда двойная. Сравнение указанных четверых линий с рентгенограммами различных встречающихся в глинах неглинистых минералов приводит к предположению, что они вызваны присутствием в пробах карбонатной примеси, в частности доломита. Указанные линии действительно на рентгенограмме доломита достаточно интенсивные, чтобы появиться даже при сравнительно невысоком содержании его в пробах. Это предположение тем более правдоподобно в связи с тем, что наличие доломита в кембрийской глине установлено также оптическими методами и его попадание в мельчайшую фракцию из-за совершенной спайности кристаллов вполне возможно.

## Выводы

1. Результаты проведенных исследований показывают, что определение минералогического состава глинистой части кембрийских глин рентгенометрическим методом при помощи стандартных установок и камер сравнительно небольшого диаметра возможно с некоторыми ограничениями. Так как на рентгенограммах не появляются следы отражения, соответствующие большим межплоскостным расстояниям, точное индентирование рентгенограмм невозможно. При дальнейших исследованиях желательно применение более «мягких» рентгеновских лучей (излучение  $\text{CgK}\alpha$ ), что больше «растягивает» линии. Также можно рекомендовать различные продолжитель-

ности экспозиции: короткая для уменьшения вуали и уловления следов сильных линий на участке, соответствующем малым углам отблеска и долгая для фиксации наиболее слабых следов отражения. В последнем случае целесообразно применять фильтры  $\beta$ -излучения.

2. Несмотря на указанные выше недостатки удалось установить, что глинистым минералом всех образцов является гидрослюда диоктаэдрической структуры (структуры мусковитового типа). Причину изменения окраски глин следует искать во внутрислоевом полиморфизме минералов. Это предположение требует дальнейшего изучения как более точными рентгеноструктурными так и электронографическими методами.

3. Высказанное многими авторами мнение о том, что в глинистой части в значительных количествах содержатся и минералы монтмориллонитовой группы, данное исследование отвергает.

4. В качестве примеси в гидрослюдистой массе встречается по-видимому доломит.

5. Для выявления подробностей строения глинистых минералов наряду с рекомендациями, приведенными выше [1], целесообразно подвергать рентгенометрическому исследованию и встречающиеся в породе более крупные выделения глауконита, которые относятся к той же группе гидрослюд, установленных в глинистой фракции.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Рентгенометрические методы определения и кристаллическое строение минералов глин. Сборник статей. Перевод с английского Б. Б. Звягина и Т. А. Франк-Каменецкой. Под редакцией и с предисловием В. А. Франк-Каменецкого. Издательство иностранной литературы, Москва, 1955.
2. Р. Е. Г р и м. Минералогия глин. Издательство иностранной литературы, Москва, 1956.
3. В. И. М и х е е в. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, Москва, 1957.
4. Коллектив авторов под руководством М. Ф. Викуловой. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. Госгеолтехиздат, Москва, 1957.



УДК 622.273.9

*Х. Я. Пийроя*

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛНОГО ОБРУШЕНИЯ И МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ МААРДУСКОЙ ФОСФОРИТНОЙ ШАХТЫ**

В шахте Маардуского химического комбината, в целях изучения возможностей механизации работ при подземной добыче фосфоритной руды, бригадой Таллинского политехнического института было проведено ряд опытов. В настоящей статье освещаются вопросы управления кровлей и механизации добычи руды в лаве.

### **Применяемая система разработки в Маардуской шахте**

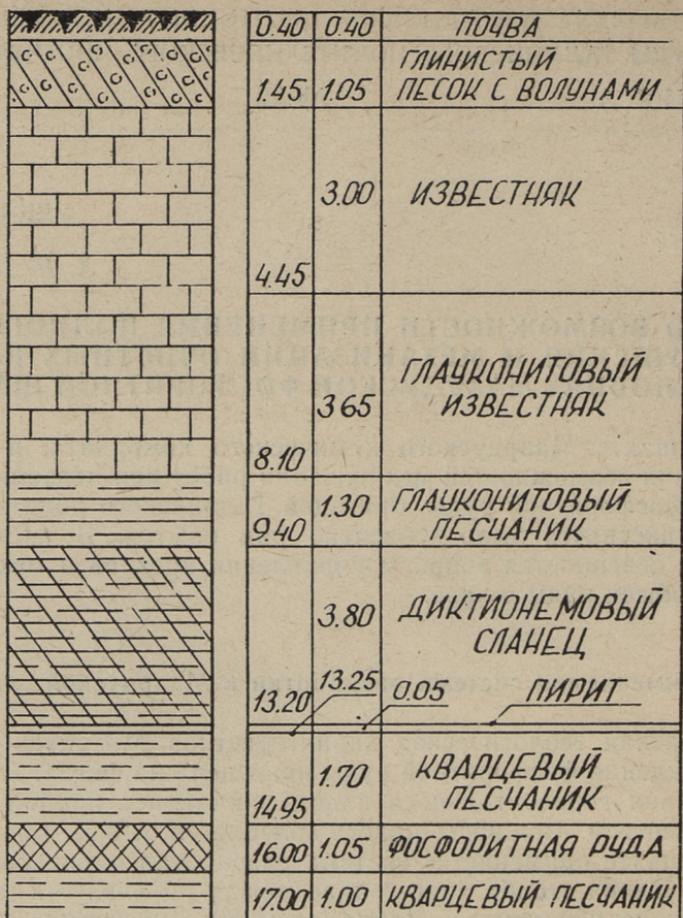
Краткая геологическая характеристика Маардуского месторождения фосфоритной руды приведена на фиг. 1. Глубина залегания горизонтального пласта составляет приблизительно 15 метров. Мощность пласта колеблется от 0,5—1,0 м.

В шахте применяется система разработки длинными столбами. Длина столба (расстояние между панельными штреками) около 250 метров. Длина лавы 80—100 метров. Способ управления кровлей — полное поддержание на целиках. Размеры целиков в лаве 2×2 м, приштрековых 2×3 м. Расстояние между рядами целиков около 5,2 метров. Для поддержания очистных штреков оставлены приштрековые целики с расстоянием между целиками 1,6 м. Элементы системы разработки приведены на фиг. 2.

Лавы крепятся с деревянными рамами вдоль забоя. Длина верхняка 1,6 м. Расстояние между рамами вдоль забоя 1,3—1,5 м. Расстояние между рядами рам 1,1—1,2 метра.

Отбойка руды буро-взрывными работами. Погрузка вручную на конвейер СКР-30. Подвигание за один отпал ≈ 1,2 метра.

Все горное выработки в Маардуской шахте проведены с подрывкой почвы.

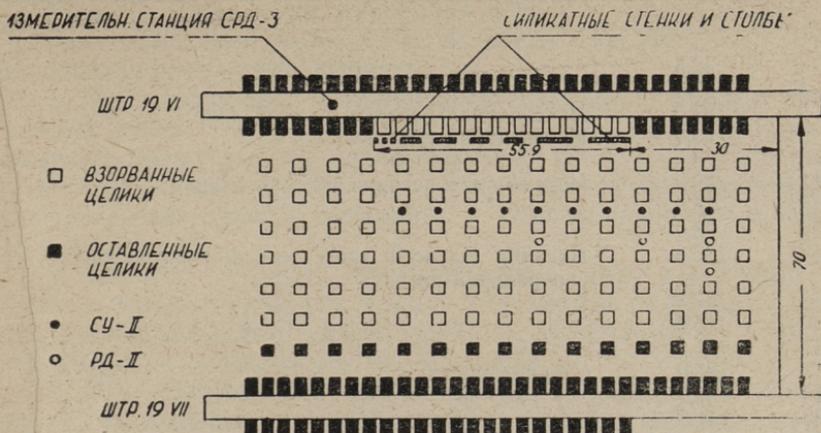


Фиг. 1. Геологический разрез

### Проведение опытных работ в шахтах

При проведении опытных работ были поставлены следующие задачи:

- 1) определение величины шага обрушения кровли на очистных работах в лаве;
- 2) определение прочности пород кровли и почвы в лаве на смятие;
- 3) испытание комбайна 1К-52М на очистной работе в лаве.



Фиг. 2. Выработанная опытная лава 19—21 VI—VII.

Все вышеуказанные этапы работ были проведены в различное время из-за ограниченных возможностей в шахте.

Определить величину шага обрушения на очистных работах во время эксплуатации лавы не удалось. Эта работа была проведена в отработанной лаве 19—21 VI—VII. Обязательным условием было поддержание в полном техническом порядке очистного штрека 19—21 VII и панельного штрека № 19.

Вдоль очистного штрека 19—21 VI были выложены силикатные стенки и столбы, чтобы проверить возможность их

Таблица 1

Проведение посадки лавы 19—21 VI—VII

№№ п.п. ряда целиков	Расстояние от нарезки лавы м	Замечания по характеру обрушения
1	2	3
1	9,0	Целики не подрывались полностью
2	15,0	
3	21,5	
4	29,5	
5	36,0	
		8 мин. после подрывания ряда началась интенсивная посадка. В центральной части лавы обрушение кровли распространилось до поверхности.

1	2	3
6	42,5	
7	49,0	
8	57,0	Интенсивная посадка по всей лаве
9	63,5	Интенсивная посадка
10	72,0	
11	79,0	Интенсивная посадка по всей лаве
12	85,5	
13	93,0	
14	100,5	Посадка по всей лаве, особенно интенсивная в центральной части
15	107,8	
16	115,0	
17	121,5	
18	128,0	Сильная посадка
19	134,0	
20	141,5	
21	147,5	Интенсивная посадка по всей лаве
22	154,0	Сильная посадка. В центральной части выдавливаются целики с 23 ряда
23	160,5	Посадка продолжается
24	167,5	В центральной части обрушение распространилось до 25 ряда
25	174,0	
26	181,5	
27	189,0	
28	196,5	
29	203,0	
30	211,0	Сильная посадка по всей лаве
31	218,0	
32	224,5	
33	232,5	Лавы садилаась полностью за невзорванный ряд целиков

применения в качестве крепления при управлении кровлей полным обрушением. Выкладка названных стоек и столбов началась на расстоянии 30 метров от нарезки лавы и проводилась вдоль штрека 19—21 VI в лаве непосредственно за приштрековыми целиками.

Посадку лавы производили с подрыванием целиков рядами, начиная с нарезки лавы с направлением к панельному штреку № 19. Подрывание производилось по одному ряду с детонирующим шнуром. В таблице 1 показаны результаты взрывания целиков по рядам.

Для определения деформации кровли в лаве перед фронтом посадки пользовались измерительными стойками СУ-II (точность измерения 0,1 мм) и реостатными датчиками РД-II (точность измерения 0,1 мм).

Параллельно с измерениями в шахте велись измерения и на поверхности путем нивелирования.

Расположение точек измерения в лаве показано на фиг. 2.

По результатам наблюдений во время опытных работ можно сделать следующие выводы:

1. Посадка кровли в первом ряду целиков от фронта посадочных работ была в среднем 1,0—9,0 мм. Во втором ряду целиков посадка была соответственно 0—2,0 мм. Деформации были максимальные непосредственно перед обрушением пород (максимальное давление) и минимальные после обрушения.

2. Первая посадка происходила при расположении фронта взрывания на расстоянии 36,0 метров от нарезки лавы (после подрывания 5 рядов целиков). Последующие обрушения были в среднем через 21—23 метра.

3. Шаг обрушения основной кровли составлял 21—23 метра. С подрыванием каждого ряда целиков фронт посадки лавы передвигался приблизительно на 7 метров. Подрывание целиков происходило с частотой примерно через 1—1,5 часа. Такое проведение взрывания целиков отличается от обычных производственных условий, где суточное подвигание лавы может быть не больше 1,5—2,0 м. Поэтому можно предполагать, что в условиях эксплуатации шаг обрушения основной кровли будет значительно меньше.

4. Первая посадка отразилась на дневной поверхности интенсивным опусканием поверхности (55—400 мм) на расстоянии 20 м.

5. После первой посадки продолжалась опускание поверхности только над одним рядом целиков. От этого ряда в обе стороны наблюдался незначительный подъем поверхности (5—20 мм) на расстоянии 20—50 м.

6. Абсолютные опускания дневной поверхности были в пределах 450—600 мм. Максимальное замеренное опускание поверхности — 735 мм.

7. В условиях Маардуской шахты управление кровли с полным обрушением возможно, но требует жесткого и сильного посадочного крепления.

8. Поддержание штреков с помощью силикатных стенок и столбов возможно. Для определения точных параметров необходимы дополнительные исследования.

### **Определение прочности пород кровли и почвы в лаве на смятие**

В случае применения тяжелого посадочного крепления необходимо заранее знать прочность пород кровли и почвы на

вдавливание. Место проведения опыта было выбрано в лаве С1—N1, где кровля была относительно ровная, без особых грещин и завалов.

При проведении опыта применяли следующее оборудование:

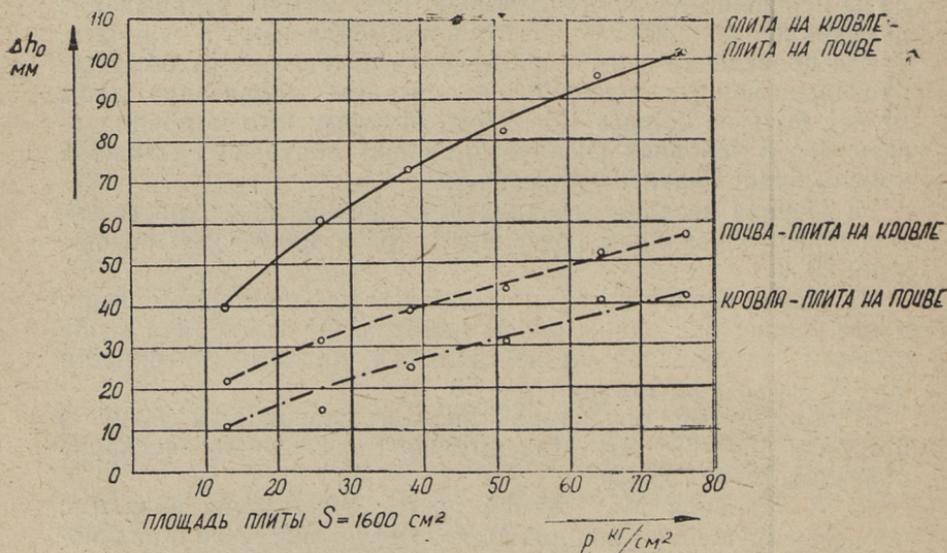
1. динамометр СК-120 с манометром высокого давления ОМ 250 ат и компенсатором давления;

2. домкрат ДТ-200;

3. стальные плиты с размерами  $40 \times 40 \times 2$  см для передачи давления;

4. измерительные стойки СУ-П для определения деформаций между двумя плитами, между плитой на почве и кровле и между плитой на кровле и почвой.

Результаты испытания приведены на фиг. 3.



Фиг. 3. Деформации кровли и почвы в зависимости от приложенного усилия

Из проведенных опытов следует, что 120-тонное давление при размерах плит давления  $40 \times 40 \times 2$  см не сможет вызвать в породах кровли и почвы опасных деформаций. При удельном давлении около  $24$ — $60$  кг/см<sup>2</sup> появляются в кровле малозаметные трещины. К концу опыта заметных деформаций не было. Из-за отсутствия динамометра с допускаемым давлением  $250$ — $300$  тн не удалось определить предела прочности пород кровли и почвы. Проведенный опыт показывает воз-

возможность применения тяжелого посадочного крепления в Маардуской шахте. Опасного вдавливания крепления в кровлю или в почву не происходит.

### **Испробование комбайна 1К-52М на очистной работе в лаве**

Поскольку Маардуская шахта не имела возможностей оборудовать для испытания комбайна специальную лаву, провели испытание в отработанной лаве, в приштрековом предохранительном целике, ширина которого была оставлена больше среднего. Комбайн шел по лаве по специально монтированному рельсовому пути. Крепление лавы было обычное.

Основной целью испытания было определение режущих свойств комбайна в условиях весьма абразивных пород. Испытание проводилось несколько дней, в течение которых стало ясно, что угольный комбайн 1К-52М не пригоден для применения в условиях фосфоритных песков.

В течение подвигания по забоям 0,50 м (захват комбайна 0,50 м) все зубья на всех четырех линиях резания затупились; больше того — на I и II линиях зубья изнашивались до самого хвостовика. Попытки дополнительно армировать зубья комбайна не дали результата — их срок службы не увеличивался. После 1—2 минут работы зубья I—II линии резания стали от сильного погрева красными и двигатель комбайна был перегружен.

Применялось частичное подрывание забоя перед комбайном. Существенных результатов это мероприятие не дало.

Орошения забоя не применяли. Во время работы комбайна содержание летучей пыли в воздухе было 0,4—0,6  $гр/м^3$  у пульта управления. На расстоянии 3 метров на исходящей струе воздуха содержание пыли было в десять раз больше (4—6  $гр/м^3$ ). Ситовой анализ отбитой руды показал, что свыше 80% руды, отбитой комбайном, не пригодно к сухому обогащению из-за излишнего измельчения частиц руды.

### **Выводы**

Исходя из проведенных опытов, возможно сделать следующие основные выводы.

1. В условиях Маардуской фосфоритной шахты возможно перейти на разработку столбов с полным обрушением кровли с применением металлического тяжелого посадочного крепления.

2. Первую посадку основной кровли следует ожидать при отходе забоя 30—35 метров от нарезки лавы.

3. Последующий шаг обрушения колеблется от 18 до 20 метров.

4. По практическим наблюдениям в шахте шаг обрушения непосредственной кровли около 4—5 метров. Первого обрушения непосредственной кровли следует ожидать на расстоянии 10—12 метров от нарезки лавы.

5. Породы кровли обрушаются жестко без предварительного опускания.

6. Применение крепежных стенок или столбов из бутового или искусственного камня возможно, но требуют уточнения технико-экономические показатели.

7. Угольный комбайн 1К-52М не пригоден к применению в условиях месторождений абразивных песков (фосфоритов).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Л. Кальман, Х. Арукюла и др. Испытание вариантов новых систем разработки на фосфоритном руднике Маарду. Таллинский политехнический институт, Таллин, 1964.

2. Л. Кальман, Х. Арукюла и др. Выбор систем разработки для опытных работ на фосфоритном руднике Маарду. Таллинский политехнический институт, Таллин, 1962.

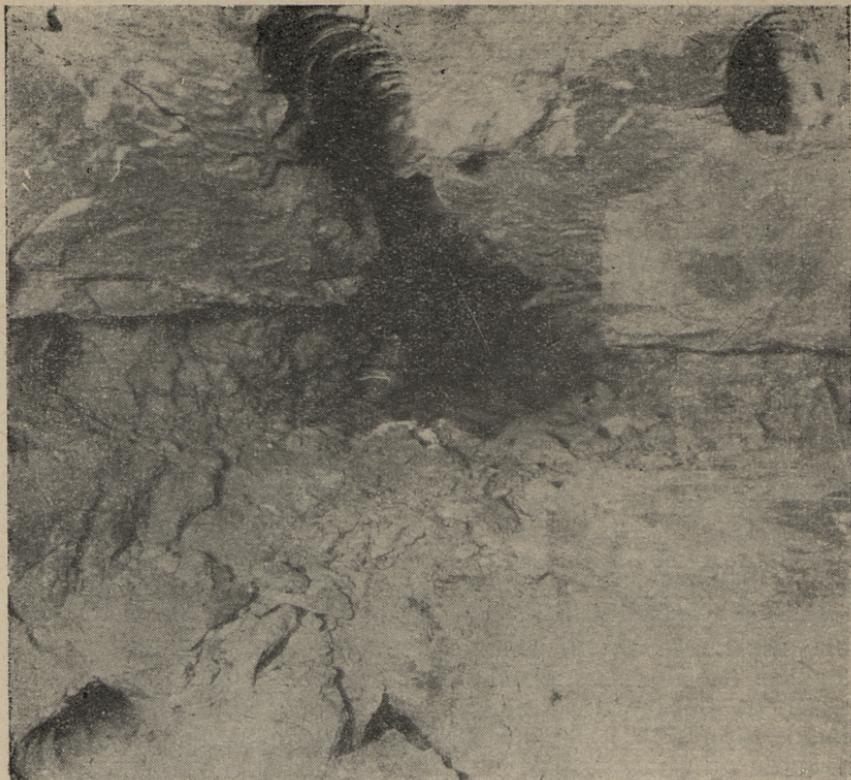
*Э. Я. Рейнсалу*

## **О МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ РАССТОЯНИЯХ МЕЖДУ ЗАРЯДАМИ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЭСТОНСКИХ СЛАНЦЕВЫХ ШАХТ**

Известно, что заряд взрывчатого вещества (ВВ), располагающийся в массиве пород недалеко от взорвавшегося заряда, может в результате действия взрыва уплотняться до такой степени, что теряет способность детонировать. Это явление исследовалось в работах МакНИИ, Криворожского горнорудного и других институтов, в результате чего для многих бассейнов определены минимально допустимые расстояния между зарядами. В последние годы на эстонских сланцевых шахтах с целью увеличения подвигания забоя стали применять взрывные врубы сложной конструкции (веерные, спиральные, двойные клиновые). В связи с этим оказалось необходимым определить минимально допустимые расстояния между зарядами и для Эстонского месторождения горючих сланцев.

Эта работа была выполнена Институтом сланцев на шахте № 10 треста «Эстонсланец». В целиках и забоях отработанных очистных камер было проведено шесть серий опытных взрывов. Условия опытов соответствовали типичным при взрывной отбойке в эстонских сланцевых шахтах. Исследовалось влияние таких факторов, как расстояние от заряда, величина заряда, направление действия взрыва относительно напластования, наличие забойки, наличие второй обнаженной поверхности и прослоек. Результаты опытных взрывов оценивались визуально путем определения степени деформации стенок специально пробуренных контрольных шпуров, расположенных вокруг заряда. Такая качественная оценка, разумеется, не могла достаточно характеризовать количественную сторону действия взрыва, однако позволила составить достаточно полное представление о характере и степени деформации близких к взрыву шпуров.

Оценка степени деформации стенок контрольных шпуров после взрыва проводилась по следующей системе (в баллах):  
0 — повреждений нет;



Фиг. 1. Поперечные сечения шпуров деформированы.  
Напластование горизонтальное

- 1 — слабые повреждения — в шпур вывалились маленькие куски сланца, от которых можно очистить шпур;
- 2 — средние повреждения стенок шпура, вывалились куски сланца, очистить шпур невозможно;
- 3 — шпур заполнен кусками сланца, контур поперечного сечения шпура деформирован (фиг. 1);
- 4 — шпур забит сланцем (фиг. 2).

При этом повреждения 0÷2 не являются опасными для ВВ в шпуре. Повреждения, которые оцениваются баллом 3, могли нарушить целостность заряда, особенно при отсутствии забойки, и повредить огнепроводный шнур в шпуре. Заряды, которые находятся в зоне, где контрольные шпуры забиваются мелким сланцем, переуплотняются и могут выгорать или давать отказы.



Фиг. 2. Шпур забит сланцем

Для выяснения основных факторов, от которых зависит степень повреждения контрольных шпуров, был проведен дисперсионный анализ перечисленных выше факторов попарно. Зависимым переменным являлся средний балл оценки деформации стенок шпура. В результате анализа было установлено:

1) При сравнении влияний расстояния и величины заряда выяснилось преобладающее значение первого. Это объясняется тем, что при применении патронов одного диаметра увеличение заряда ведет только к увеличению его длины, в то время как разрушающее действие взрыва характеризуется радиусом (диаметром) заряда.

2) При сравнении влияний расстояния и направления действия взрыва относительно напластования выяснилось преобладающее значение последнего. Шпуры, находящиеся в направлении вдоль напластования, деформируются сильнее, чем

шпур, располагающиеся в других направлениях на таком же расстоянии (см. фиг. 1).

3) По сравнению с влиянием забойки расстояние имеет более существенное значение. Однако результаты данных опытов из-за применяемой методики не могут служить основой оценки эффективности забойки вообще.

4) Наличие второй обнаженной поверхности не влияет существенно на картину деформации контрольных шпуров, располагающихся в противоположной стороне относительно свободной поверхности. Это хорошо согласуется волновой теорией разрушения массива.

Влияния известняковых прослоек и включений, а также физико-механических свойств пород пласта не подверглись анализу, однако на основе проведенных опытов можно отметить, что в пачке С радиусы действия взрыва оказались такого же порядка как и в пачке В, а наличие прослойка В/А не защищает шпур в пачке А от деформации. Последнее, по-видимому, объясняется высоким содержанием глины в верхней части пачки А.

Дальнейшая обработка опытных данных заключалась в определении минимально допустимого расстояния для шпу-

Таблица

Определение минимально допустимых расстояний между шпурами

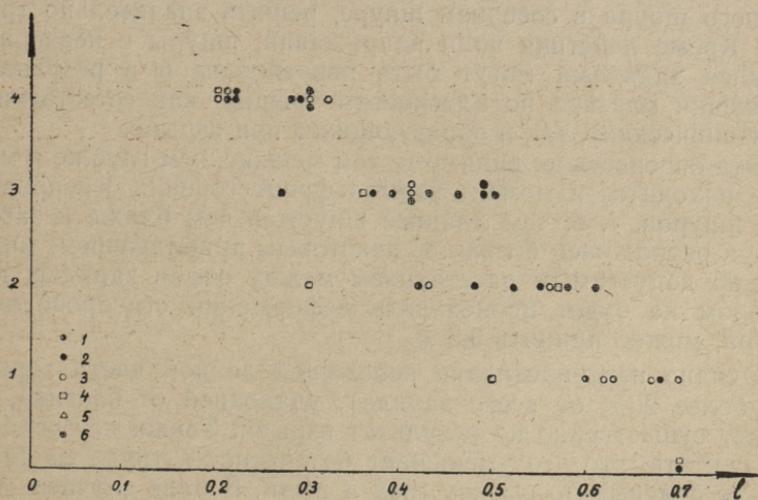
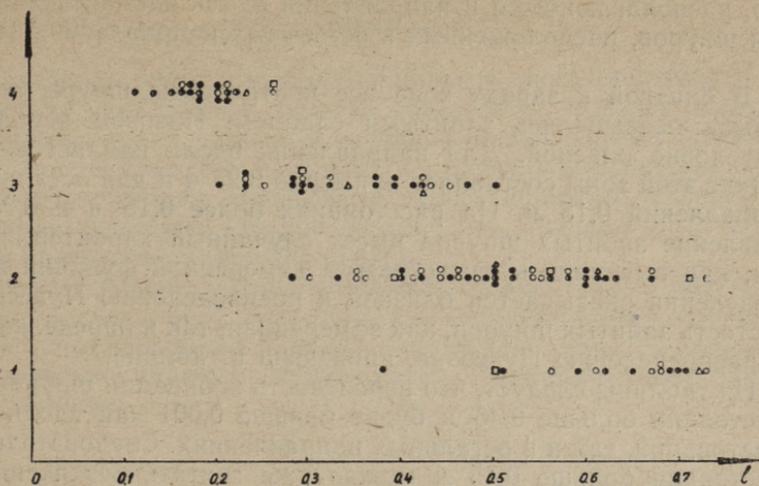
Расстояние, м	Частость забитых шпуров (замеренная)	Частость забитых шпуров по распределению Пуассона
---------------	--------------------------------------	---

а) вдоль напластования

0 ÷ 0,25	безусловно опасное расстояние	
0,25 ÷ 0,30	0,83	0,844
0,30 ÷ 0,35	0,17	0,143
0,35 ÷ 0,40	0	0,012
0,40 ÷ 0,45	0	0,001
0,45 ÷ 0,50	0	≈ 0

б) в остальных направлениях

0 ÷ 0,15	безусловно опасное расстояние	
0,15 ÷ 0,20	0,59	0,589
0,20 ÷ 0,25	0,29	0,312
0,25 ÷ 0,30	0,12	0,083
0,30 ÷ 0,35	0	0,015
0,35 ÷ 0,40	0	0,002
0,40 ÷ 0,45	0	≈ 0



Фиг. 3. Степень деформирования контрольных шпуров (на ординате) в зависимости от расстояния:

$l$  — расстояние между осями заряда и контрольного шпура, м. 1 — различные заряды в пачке В; 2 — заряды весом 1 кг в пачке В с забойкой; 3 — то же без забойки; 4 — заряды весом 1 кг в пачке В, две обнаженные поверхности; 5 — заряды весом 1 кг в пачке В, контрольные шпуры в пачке А; 6 — заряды весом 1 кг в пачке С; наверху — вдоль напластования; внизу — в остальных напластованиях.

ров, располагающихся в направлении вдоль напластования и для шпуров, расположенных в остальных направлениях (фиг. 3).

В близкой к заряду зоне все контрольные шпуры после взрыва оказывались забитыми сланцем. Назовем эту зону безусловно опасной. Для направления вдоль напластования радиус этой зоны составляет примерно 0,25 м и для остальных направлений 0,15 м. На расстояниях более 0,15 м и 0,25 м появление забитых шпуров имеет случайный характер, причем, как выяснилось, гистограмма замеренной функции распределения оказывается близкой к распределению Пуассона. Частость забитых шпуров, как замеренная, так и определенная по распределению Пуассона, приведена в таблице.

Из таблицы следует, что вероятность забивания шпуров на расстоянии больше 0,45 м будет меньше 0,001 как вдоль напластования, так и в остальных направлениях. Следовательно, расстояния больше 0,45 м можно уже считать безопасными относительно переуплотнения ВВ.

Вопрос о том, какое должно быть расстояние между шпурами, чтобы взрыв заряда не нарушал целостность огнепроводного шнура в соседнем шпуре, решить значительно труднее. Кроме действия волн напряжений, шпуры с невзорвавшимися зарядами могут быть повреждены и в результате смещения массива по плоскостям трещин, как естественных (тектонических), так и образующихся при взрыве.

Эта опасность по-видимому тем меньше, чем глубже в массиве находится в момент взрыва фронт горения огнепроводных шнуров, т. е. чем длиннее шпуры и чем ближе к забою шпура расположен боевик. С некоторым приближением минимально допустимым расстоянием между осями зарядов, при котором не будет происходить деформации огнепроводного шнура, можно принять 0,5 м.

Однако переуплотнение небольшой донной части заряда (не более 20% от всего заряда), удаленной от боевика, не влияет существенно на результат взрыва. Также нет оснований считать, что это уменьшает безопасность труда на шахтах, не опасных по взрыву газа и пыли. В ряде случаев (например, при применении клиновых врубов) целесообразно сблизить концы врубовых зарядов с целью улучшения условий их работы. Поэтому считаем возможным допустить минимальное расстояние между концами наклонных шпуров 0,3 м. В таком случае вероятность переуплотнения донной части заряда, взорвавшегося во вторую очередь, окажется больше 0,001 (но не более 0,5) и оно зависит от направления действия взрыва, наклона шпуров, коэффициента заряжения и пр.

## Выводы

1. Для условий эстонских сланцевых шахт минимально допустимое расстояние между основными частями зарядов составляет 0,5 м. При этом основной частью заряда считается 80% от ВВ вместе с боевиком и с неиспользованными средствами взрывания. Расстояние между донными частями наклонных врубовых шпуров может быть уменьшено до 0,3 м, если там не располагается боевик.

2. Расстояния между зарядами меньше 0,25 м вдоль напластования и 0,15 м в остальных направлениях являются безусловно опасными и взрыв заряда при таких расстояниях обязательно вызывает повреждения (переуплотнение) соседних зарядов.



УДК 622.231.1

*Х. Х. Арукюла*

## **ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОНВЕЙЕРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ НАВАЛОТБОЙЩИКОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ МААРДУ**

В условиях шахты Маарду разрабатывается практически горизонтальный пласт фосфорита мощностью 0,9—1,0 метр, залегающий на глубине 10—13 метров. Система разработки столбовая, длина лав 80 метров. Кровля в лавах поддерживается рамами и целиками (2×2 метра). Отбойка руды производится буровзрывными работами с ручной погрузкой на скребковый конвейер.

Продвижение за 1 цикл составляет 1,2 метра, и конвейер переносится через каждые 3 цикла. Расстояние погрузки до конвейера изменяется от 1,2 до 3,6 метров, причем в первые три цикла погрузка производится по всей длине лавы, а в следующие три цикла в нишах между целиками. Аналогичные условия погрузки повторяются периодически через каждые шесть циклов.

В условиях применения новых вариантов систем разработок и методов управления кровли возможна переноска конвейера через каждый цикл. Поэтому необходимо определить, как увеличивается при этом производительность навалотбойщиков по сравнению с применяемой системой разработки.

Для исследования этого вопроса в апреле и октябре 1963 года было проведено 6 хронометражных наблюдений в лаве № 2. Наблюдения проводил студент Таллинского политехнического института Э. Тихкан с точностью  $\pm 1$  секунда.

Результаты хронометражных наблюдений приведены в нижеприведенной таблице.

Для уменьшения влияния посторонних факторов все наблюдения были проведены в одной лаве и по одной бригаде.

При определении средних показателей данные наблюдения были приведены к нормальной продолжительности смены (360 минут).

Фотографии рабочего дня навалотбойщиков в лаге № 2 шахты Маарду

Показатели	Дата		Среднее	6.04	27.04	22.10	23.10	Среднее
	25.04	19.10						
Расстояние от конвейера до забоя, м	1,2	1,2	1,2	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Число навалотбойщиков	10	9	9,28	9	10	9	9	9,25
Добыча лавы, т	86	250	242	200	212	183	194	198
Основные операции:								
а) погрузка, мин.	61,80	193,06	183,20	180,41	175,77	130,87	134,93	155,49
б) переборка, мин.	—	—	—	21,78	49,97	44,00	47,00	40,69
Итого, мин.	61,80	193,06	183,20	202,19	225,74	174,87	181,93	196,18
Итого мин/т	7,18	6,95	7,02	9,10	10,61	8,58	8,42	9,16
Вспомогательные операции:								
а) разбивка больших кусков и удаление породы, мин.	—	—	—	2,62	10,28	—	—	3,20
б) замена вагонеток, мин.	18,93	106,19	90,25	55,27	67,15	75,35	78,54	69,10
Итого, мин.	18,93	106,19	90,25	57,89	77,43	75,35	78,54	72,30
Итого, мин/т	2,20	3,83	3,46	2,65	3,65	3,70	3,66	3,37
Подготовительно-заключительные операции, мин.	33,87	12,00	32,95	23,35	28,98	29,00	24,00	26,33
Потери времени:								
а) по орг. причинам —	—	43,81	—	35,03	13,73	80,18	67,00	—
1) отсутствие вагонеток, мин.	—	—	—	—	—	—	—	—
2) взрывание и проветривание, мин.	14,00	—	25,00	—	—	—	—	—
б) по техническим причинам								
1) простой конвейера, мин.	6,87	4,94	5,20	5,20	8,57	0,60	6,20	—
2) простои, зависящие от навалотбойщиков, мин.	4,73	—	—	11,33	5,55	—	2,33	—
Итого потери времени, мин.	25,60	48,75	53,60	76,56	27,85	80,78	75,53	65,18
Итого продолжительность наблюдения, мин.	140,17	360	360	360	360	360	360	360
Трудоёмкость работы навалотбойщика, мин/т	16,3	13,0	13,8	16,2	17,0	17,6	16,7	16,8

По данным таблицы средний баланс времени составлял:

а) при расстоянии погрузки 1,2 м — основные операции	50,6%;
вспомогательные операции	25,2%;
подготовительно-заключительные операции	9,2%;
потери времени	15,0%;
б) при расстоянии погрузки 3,6 м — основные операции	54,6%;
вспомогательные операции	20,1%;
подготовительно-заключительные операции	7,3%;
потери времени	18,0%.

Средние балансы рабочего времени показали, что организация работ в данной лаве удовлетворительная.

Наибольшие были потери времени по организационным причинам, особенно из-за отсутствия вагонеток, что указывает на неудовлетворительную работу подземного транспорта. Меньшие были потери времени из-за проведения взрывных работ и простоев конвейера.

При улучшении организации работ, особенно транспорта, возможно уменьшение потерь времени и увеличение производительности навалоотбойщиков.

При увеличении расстояния погрузки от 1,2 метров до 3,6 метров продолжительность погрузки 1 тонны увеличивалась с 7,02 мин до 9,16 мин, т. е. на 30%; продолжительность вспомогательных операций при этом фактически не изменилась.

При определении сменной производительности навалоотбойщиков исходными данными использованы нормальные балансы рабочего времени, которые составлялись с учетом следующих условий:

а) продолжительность основных, вспомогательных и подготовительно-заключительных операций принята по средним фактическим данным наблюдений;

б) потери времени исключены;

в) на отдых принято 17% от продолжительности основных и вспомогательных операций;

Сменная производительность навалоотбойщиков определялась по формуле

$$H = \frac{T - \sum t_{пз}}{(t_0 + t_в) \left(1 + \frac{K_c}{100}\right)}$$

где  $H$  — сменная производительность навалоотбойщика;

$T$  — продолжительность смены, в мин;

$\sum t_{пз}$  — продолжительность подготовительно-заключительных операций, в мин;

$t_0$  — продолжительность основных операций, мин/т;

$t_b$  — продолжительность вспомогательных операций, мин/т;  
 $k_o$  — время на отдых в процентах от времени, затрачиваемого рабочим на выполнение основных и вспомогательных операций.

Сменная производительность навалоотбойщиков составляла

а) при расстоянии погрузки 1,2 м

$$H = \frac{360 - 33}{(7,02 + 3,46) \left(1 + \frac{17}{100}\right)} = 26,7 \text{ т.}$$

б) при расстоянии погрузки 3,6 м

$$H = \frac{360 - 26,4}{(9,16 + 3,37) \left(1 + \frac{17}{100}\right)} = 22,7 \text{ т.}$$

При увеличении расстояния погрузки от 1,2 метров до 3,6 метров производительность навалоотбойщиков уменьшается на 15%.

При переводе лав шахты Маарду на новый вариант системы разработки с переноской конвейера через каждый цикл следует ожидать увеличения производительности навалоотбойщиков на 8%.

---

## ТРУДЫ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ СБОРНИК СТАТЕЙ II

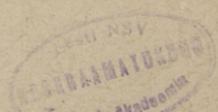
Таллинский политехнический институт

Редактор Л. Кальман

Технический редактор Я. Мыттус

Сдано в набор 3 VII 1965. Подписано к печати 25 X 1965. Бумага 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печатных листов 2,5. Учетно-издательских листов 1,75. Тираж 500 экз.  
МВ-10506. Заказ № 2696. Типография «Пунане Тяхт», Таллин, ул. Пикк, 54/58.

Цена 12 коп.







Цена 12 коп.