

<https://doi.org/10.3176/oil.1997.4.07>

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ ЦЕНТРА ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АО «ЭЭСТИ ПЫЛЕВКИВИ»

### MAIN TRENDS AND RESULTS OF THE APPLIED RESEARCH CENTRE OF AS *EESTI PÕLEVKIVI*

А. МИХАЛЬЧЕНКОВ

A. MIKHALCHENKOV

АО «Ээсти пылевкиви»  
Йыхви, Эстония

AS *Eesti Põlevkivi*  
Jõhvi, Estonia

*The Applied Research Centre of AS Eesti Põlevkivi develops and improves mining technologies as well as tests and introduces new equipment. It carries out economic, hydrogeological and other researches.*

*The tasks of the Centre are mostly of applied character and directed to solving urgent problems of production. The program of the Centre bases on applications of underground mines, open-pits and other structural units of AS Eesti Põlevkivi.*

Центр прикладных исследований является структурной единицей при центральном аппарате акционерного общества «Ээсти пылевкиви». Центр был образован в июле 1992 г. на базе бывшего Эстонского филиала Института горного дела им. А. А. Скочинского – головного института угольной промышленности бывшего СССР.

В состав Центра в основном входят горняки – специалисты по подземным и открытым горным работам (технологи и механики), конструктор, гидрогеолог, экономист и программист. В коллективе шесть кандидатов наук, все сотрудники имеют большой опыт научной работы в сланцевой отрасли.

Основные направления деятельности Центра следующие:

- Разработка и совершенствование технологий очистных и подготовительных работ
- Испытания и внедрение нового оборудования и горнорезущего инструмента

- Технико-экономические исследования (поисковые работы, прогнозы, анализы и расчеты)
- Решение вопросов управления кровлей и крепления, а также вопросов охраны поверхностных объектов и сооружений
- Разработка и создание специального оборудования и инструментов, которые не имеют аналогов или экономически более целесообразны
- Гидрогеологические исследования
- Совершенствование организации горных работ на шахтах и разрезах
- Решение компьютерных задач, разработка программ и экономико-математическое моделирование

Большая часть задач носит прикладной характер и ориентирована на насущные проблемы производства. План работ строится на основе заявок шахт, разрезов и других структурных единиц АО «Ээсти пылевкиви». Он является базовым ориентиром и в течение года неоднократно пополняется по мере возникновения новых проблем, требующих неотложного решения.

В силу сложившихся обстоятельств, в настоящее время гораздо меньшее внимание уделяется созданию оборудования, предназначенного специально для сланцевых шахт и разрезов. Причина этого в первую очередь в том, что расширились возможности приобретать горную технику качественно нового уровня. Поэтому одна из главных задач Центра – получать в процессе исследований объективную достоверную информацию с целью определить оптимальные параметры применения средств механизации производственных процессов, технологий и рациональной организации работ.

В рамках основных направлений исследований, проводимых в последние годы, испытаны колесные ковшовые погрузчики ряда западных фирм, предназначенные как для подземных, так и для открытых горных работ, посадочные крепи, буровые станки, рыхлительно-бульдозерный агрегат, карьерные автосамосвалы и другая горная техника. Были опробованы различные варианты технологических схем, горнорезущий инструмент, новые виды взрывчатых веществ (ВВ), другие средства и способы ведения горных работ.

Одно из важнейших направлений исследований Центра – решение вопросов, связанных с ориентацией шахт на мобильное и технологически гибкое основное забойное оборудование – погрузочно-транспортные машины (ПТМ).

Применение ПТМ в подземных условиях позволяет отказаться от значительного количества дорогостоящих и энергоемких скребковых конвейеров и относительно малопроизводительных погру-



зочных машин и перегружателей, которые сейчас широко используются в камерных блоках шахт АО «Ээсти пылевкиви». За последние годы нами был выполнен комплекс работ, начиная от технико-экономического обоснования рационального типоразмера погрузчика (TORO301D фирмы «Tamrock Loaders») и кончая разрабатываемыми в настоящее время технологическими схемами. Предложено несколько вариантов применения машин данного типа.

Большой экспериментальный материал был получен в процессе испытаний на шахтах «Виру» и «Эстония» погрузчиков TORO301D с различными по исполнению и объему ковшами. В результате было установлено, что для наших условий наиболее приемлема погрузочно-транспортная машина с ковшом обычного исполнения (без выталкивающего устройства), который имеет геометрический объем порядка  $3,0 \text{ м}^3$  и ширину  $2,5 \text{ м}$ .

*Фото 1.* Погрузочно-транспортная машина TORO301D в камерном блоке шахты «Виру» (фото В. Пийра)

*Photo 1.* LHD machine TORO301D in the working face of Viru mine (Photo by V. Piir)



Последние испытания на шахте «Эстония» ПТМ того же класса грузоподъемности (около  $6 \text{ т}$ ) типа ST-3.5 фирмы «Atlas Copco Wagner Inc.» подтвердили вывод о рациональном объеме ковша. Эксплуатационные показатели данной машины, имеющей ковш с геометрическим объемом  $2,6 \text{ м}^3$ , оказались значительно ниже, чем у последней модели TORO301D, в связи с чем и для ST-3.5 был рекомендован ковш геометрическим объемом  $3,0\text{--}3,2 \text{ м}^3$ .

Испытания позволили отметить одну характерную особенность колесных транспортных машин западного производства, приобретаемых АО «Ээсти пылевкиви» в последнее время (это касается и карьерных автосамосвалов), а именно: использование в условиях бассейна машин со стандартным исполнением ковша (или кузова) неэффективно из-за относительно малой объемной массы сланца, что обуславливает требование увеличить геометрические размеры последних.

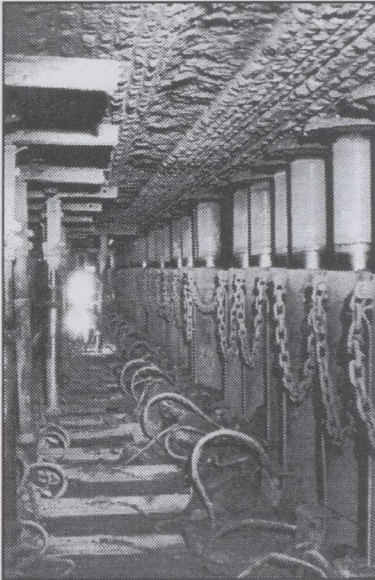
Ряд работ проводится и в области разработки и совершенствования подземных технологий комбайновой выемки сланца, управления кровлей и крепления горных выработок.

По заказу шахты «Сомпа» разработана и совершенствуется технология селективной выемки известнякового прослойка  $D/C$  («двойная плита») и сланца. Пласт обрабатывается комбайновым способом с полным обрушением кровли. Под эту технологию модернизирован очистной комбайн 1ГШ-68, разработано и изготовлено специальное оборудование: бурильная установка, гидроклин, отрезной диск, шнеки, гидравлический подъемник. Помимо основной продукции – сланца – шахта поставяет заказчику блоки известняка для производства строительного камня и облицовочной плитки.

Завершены испытания технологии комбайновой выемки комплекса слоев сланца  $A-E$  в условиях пониженной мощности «двойной плиты» ( $D/C$ ) с использованием специально разработанной для условий Эстонского месторождения посадочной крепи КП1Э [1]. Данная технология позволяет уменьшить потери сланца с 43 до 25–28 % и повысить нагрузку на очистной забой. В результате проведенных работ определены оптимальные силовые и конструктивные параметры посадочных крепей КП1Э и «Спутник», необходимые для эффективного управления кровлей при обработке пласта сланца на мощность до 2,3 м.

Разработаны методические рекомендации по составлению паспортов управления кровлей и крепления комбайновых лав, включающие в себя рациональные схемы крепления призабойного пространства и сопряжений лав с подготовительными выработками, требования к средствам крепления и безопасной организации работ.

Разработана методика расчета параметров камер, целиков и предохранительных зон. От правильного выбора этих элементов зависят безопасность горных работ и технико-экономические показатели добычи, в том числе потери полезного ископаемого. Выведены формулы для расчета требуемых параметров и разработана программа, позволяющая проводить все вычисления на компьютере.



*Фото 2.* Гидрофицированная посадочная крепь КП1Э в очистном забое шахты «Кохтла» (фото В. Пийра)

*Photo 2.* Hydraulic power support KPIE in the stope of Kohkla mine (Photo by V. Piir)

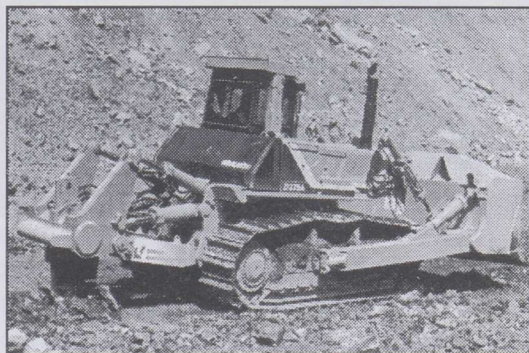


Теоретически доказано, что применение в расчетах предложенных коэффициентов запаса прочности обеспечивает безопасность работ даже в таких районах, где отклонения прочности горных пород от средних значений достигают 30 %.

Для шахты «Эстония» выполнена работа по исследованию нагрузочных характеристик магистральных ленточных конвейеров. Получены данные по загрузке электродвигателей и установлены зависимости между грузопотоком и мощностью, развиваемой приводом конвейера. Попутно накоплена статистическая информация о распределении грузопотока во времени. На основе этих данных разработаны предложения по повышению эффективности использования магистрального конвейерного транспорта. Для выполнения исследований был разработан и изготовлен уникальный комплект датчиков и измерительной аппаратуры, позволивший провести синхронную регистрацию грузопотока и электрических параметров приводов конвейера.

*Фото 3.* Рыхление пласта сланца с помощью рыхлительно-бульдозерного агрегата D375A фирмы «Komatsu» (фото Р. Петрова)

*Photo 3.* Ripper D375A (Komatsu, Japan) loosening oil shale seam (Photo by R. Petrov)



На открытых горных работах проведены испытания рыхлительно-бульдозерного агрегата D375A японской фирмы «Komatsu». Были опробованы различные схемы рыхления, установлены фактические эксплуатационные и экономические показатели. Данный агрегат отличался высокой производительностью по разрушению продуктивных (E-F, B-C) и породных («двойная плита», отдельные элементы довскрыши) комплексов, однако даже в условиях соседних траншей наблюдались существенные различия в физико-механических свойствах пород, что в отдельных случаях приводило к резкому изменению картины разрушения.

Прошедшая испытания машина тягового класса 35 тс была приобретена разрезом «Сиргала». Фактическая экономия от ее использования за 12 месяцев эксплуатации (октябрь 1995 г. – сентябрь 1996 г.) составила 1,2 млн. крон. При этом следует особо отметить, что доля механического рыхления пласта в общем объеме добычи разреза за указанный период превысила 60 %.

Впервые в сланцевом бассейне были проведены опытные работы по погрузке сланца в автотранспорт с помощью мощного карьерного погрузчика фронтального действия Cat988В американской фирмы «Caterpillar». Испытания показали, что реализуемые на разрезе «Айду» параметры технологии, структура и физико-механические характеристики отгружаемой горной массы близки к оптимальным для погрузчиков класса грузоподъемности 10 т. Оснащенные ковшами емкостью 6,7–7,6 м<sup>3</sup>, они смогли бы составить конкуренцию применяемым на разрезе экскаваторам типа ЭКГ-5А, однако в настоящее время, учитывая сложившиеся технико-экономические обстоятельства, эту замену следует признать нецелесообразной.



*Фото 4.* Погрузка горной массы в автосамосвал «БелАЗ» с помощью погрузчика Cat988В (фото В. Пийра)

*Photo 4.* The Cat988B loading broken rock on the truck BelAZ (Photo by V. Piir)

Одна из из важнейших проблем, с позиций возможного экономического эффекта, это оптимизация параметров буровзрывных работ по вскрышным породам на разрезах. Большой объем наблюдений по драглайну ЭШ-15/90 выполнен на разрезе «Нарва» на блоках, подготовленных с использованием традиционных взрывчатых веществ российского производства и эмульсионной взрывчатки немецкой фирмы «Dynamit Nobel». Результаты первых испытаний нового для нас ВВ можно признать удовлетворительными, однако для более успешного его применения еще предстоит поработать над рациональными паспортами.

В рамках исследований по оптимизации параметров буровзрывных работ совместно с АО «Сеттон» создается новый, более стойкий и имеющий рациональную геометрию режущий инструмент для станков вращательного бурения типа СБР.

При участии ведущей американской фирмы «Smith International Inc.», которая занимается разработкой и производством шарошечных долот, на разрезе «Сиргала» проведены испытания шарошечного долота типа Q3J диаметром 229 мм, армированного твердосплавными зубками. Предварительные результаты весьма обнадеживающие: стойкость долота составила 14,5 тыс. м скважин,



снижение затрат на бурение по сравнению с долотами российского производства — около 5 крон на 1 м скважины. При этом механическая скорость бурения увеличилась в среднем на 13,8 %, а производительность — на 6,4 %.

Весьма важным фактором при использовании долота типа Q3J является меньшая вибрация, о чем хорошо отзываются машинисты буровых станков. Окончательная технико-экономическая оценка применения шарошечных долот фирмы «Smith International Inc.» будет выполнена к концу 1997 г., после завершения испытаний партии долот (20 штук) в наиболее представительных условиях эксплуатации восточных разрезов.

В тесном сотрудничестве с работниками разреза «Нарва» разрабатываются принципиально возможные технологические варианты доработки запасов карьерного поля и определяются области их эффективного применения. Рассматриваются варианты выемки сланца как открытым, так и подземным способами.

В области гидрогеологии главным объектом исследований является Вазавереская погребенная долина. В сотрудничестве со специалистами России разработана постоянно действующая математическая модель гидродинамики долины [2]. Состояние водных ресурсов (подземных и поверхностных вод) оценивается и прогнозируется в связи с воздействием на них ряда техногенных факторов, в том числе и сланцедобычи. Многолетняя многоэтапная работа по созданию и совершенствованию модели закончилась участием в международной экологической экспертизе этого района в 1994-96 гг. Наблюдения за уровнями поверхностных и подземных вод продолжаются, в том числе и по трассе инфильтрационного бассейна, расположенного между полем разреза «Сиргала» и долиной.

Проведен анализ эколого-гидрохимического состояния водных ресурсов Эстонского месторождения. Завершена аналогичная работа по Вазавереской погребенной долине, построенная на базе современных методов исследований, применявшихся в ходе проведения международной экспертизы.

Выполнена оценка влияния горных работ шахты «Виру» на уровень воды оз. Калина. Озеро подработано с применением традиционной технологии выемки сланца; наблюдения за его уровнем и расположенными в кровле водоносными горизонтами продолжаются. Исследуются также условия развития верховодки по проектируемым трассам водоснабжения хуторов и деревень. В связи с планируемым закрытием шахты «Таммику» изучаются вопросы возможного влияния затопления объекта на обводненность соседних шахт.

Для ряда возможных вариантов доработки запасов поля шахты «Таммику» выполнена сравнительная экономическая оценка целе-

сообразности применения каждого из них. На ее основании в качестве наиболее приемлемых рекомендованы два варианта продолжения функционирования шахты, которые различаются схемами и сроками доработки шахтного поля. Расчеты стали итоговой составной частью разработанного «Предпроекта закрытия шахты «Таммику»» (1996 г.).

Осуществлена постановка задачи, разработана программа и произведен расчет на ЭВМ вариантов загрузки камерных блоков и подготовительных забоев шахты «Эстония» при различных объемах добычи сланца. С помощью данной программы можно оценить динамику изменения себестоимости продукции и затраты по шахте в целом при варьировании проектной нагрузки путем изменения объемов добычи из любого очистного или подготовительного забоя. При этом возможен перебор вариантов с выходом на оптимальный. Программу можно использовать и для других крупных шахт и разрезов как при краткосрочном планировании деятельности предприятий, так и при определении очередности отработки блоков или подготовительных забоев в ходе составления ежегодных планов развития горных работ.

В Центре выполняется ряд других исследований, направленных на решение как текущих, так и перспективных задач, обеспечивающих потребности производства. В последние годы упрочились связи с шахтами и разрезами, возросла заинтересованность предприятий в скорейшем получении результатов.

Сегодняшнее состояние сланцедобывающей промышленности Эстонии в условиях развивающихся рыночных отношений требует кардинального обновления техники и технологий как для подземной, так и для открытой добычи сланца. В связи с этим растет потребность в новых оригинальных решениях и объективной оценке внедряемых мероприятий, что хорошо видно по тому, как возрасли за последнее время количество и значимость исследовательских работ, выполняемых для нужд АО «Ээсти пылевкиви».

Следовательно, одна из важнейших задач Центра на данном этапе такова: устанавливать закономерности тенденций развития процессов в горном производстве и адекватно оценивать их, чтобы решения, которые будут принимать практики, базировались на точных и объективных анализах и технико-экономических расчетах.



## MAIN TRENDS AND RESULTS OF THE APPLIED RESEARCH CENTRE OF AS *EESTI PÕLEVKIVI*

### *Summary*

The Applied Research Centre of AS *Eesti Põlevkivi* develops and improves mining technologies as well as tests and introduces new equipment. It carries out economic, hydrogeological and other researches.

The tasks of the Centre are mostly of applied character and directed to solving urgent problems of production. The program of the Centre bases on applications of underground mines, open-pits and other structural units of AS *Eesti Põlevkivi*. This plan is revised and complemented several times a year.

At present much less attention is paid to design of new equipment specially intended for underground mines and open-casts, as the opportunities for purchase of modern technique have extended. Therefore, during the last years mainly western equipment, such as LHD for underground (TORO301D, ST-3.5, JCI600) and for surface mining operations (Cat988B), rippers (D375A), power supports, drilling tools, open-pit trucks and other mining equipment have been tested.

One of the main trends of the Centre has been exploiting more mobile and technologically flexible LHD machines. Their application in underground mines enables to refuse expensive and power-consuming scraper conveyors and relatively low-efficient loaders widely used at present in the mines of AS *Eesti Põlevkivi*. During the last years a complex work has been carried out, beginning from the feasibility study and finishing with flow sheets being developed at present. Some versions for application of LHD machines of the given type are offered. A LHD machine with ordinary bucket (without ejector) with 3.0 m<sup>3</sup> volume and width of 2.5 m (Photo 1) was established to be the most suitable one for using in our mines.

One special feature characterizing the transport machines of western manufacture (it concerns also open-pit trucks), is that the use of machines with standard buckets (or bodies) in conditions of our oil shale basin is inefficient because of relatively small density of oil shale and requires the enlargement of bucket dimensions.

Selective mining technology for limestone intercalation and oil shale seams (D/C a double plate) has been developed and is being improved according to the application of *Sompa* mine. It foresees the longwall mining by shearer with roof caving. IGSh-68 shearer has been modernized and a special equipment has been developed and built for this work - drilling rig, hydraulic wedge, cutting disc, cutting drum and hydraulic jack. Besides the main production, the mine delivers limestone blocks for making building stones and facing tiles.

The technology for combined removal of oil shale layers A - E in conditions of lowered capacity of the "double plate" mining foresees the use of a special power support KP1E developed for Estonian deposit (Photo 2). This technology allows to reduce oil shale losses from 43 % to 25-28 % and to increase the yield of oil shale per working face. The optimum power and constructional parameters of power supports KP1E and *Sputnik*, needed for an effective roof control at mining a 2.3 m thick oil shale seam have been determined. Rational schemes for

supporting the face have been developed, the requirements to support units and safety measures have been established.

Calculation methods and computer programs for the parameters of rooms, pillars and safety zones have been developed. It has been proved theoretically that the safety factors proposed guarantee the operation safety even in such zones, where the values of rock strength deviate from the average by 30 %.

For *Estonia* mine, load characteristics of main band conveyors for various oil shale production have been investigated. A program developed for *Estonia* mine helps to estimate the expenses of the mine as a whole at various design loads and output volumes from any face. It enables to select the optimum variant. The program may also be used in other large underground mines and open-pits for short-term planning of activities and for drawing up annual development plans.

The ripper of Japanese production *Komatsu D375A* has been tested (Photo 3). Various schemes of ripping have been tested and actual operational and economic parameters for the machine with 35 t operating weight have been determined. The machine is highly efficient to be used for breaking - E-F, B-C productive seams and limestone interbeds. However, even in neighbouring trenches significant differences in physical and mechanical properties of the rock have resulted in sharp changes in the process of failure.

For the first time in Estonian oil shale basin, a powerful *Caterpillar* loader Cat988B has been tested for loading oil shale (Photo 4). The tests have shown that mining technology, structure and physical and mechanical characteristics of the blasted rock are close to optimum needed for 10 t load capacity loaders. Equipped by buckets of 6.7-7.6 m<sup>3</sup> capacity they may compete with shovels EKG-5A used at open-pits.

The optimization of drilling-and-blasting parameters at open-pits forms one of the major problems of economic efficiency. A large number of observations has been made at *Narva* open-pit on dragline ESh-15/90 on blocks prepared using traditional explosives from Russia and emulsion explosives of the German company *Dynamit Nobel*. Preliminary tests with German production gave satisfactory results. For optimization of drilling-and-blasting a new drilling tool with rational geometry for rotary drilling carriage SBR is being developed.

Tests with new hard-alloy-tipped roller bit Q3J of the American company - *Smith International Inc.* have also been carried out. The preliminary results are highly encouraging: roller bit running was 14.5 thousand meters of bore-holes, decrease in expenses per 1 m of borehole was about 5 EEK in comparison with roller bits of Russian manufacture. At the same time the mechanical speed of drilling increased by 13.8 % on the average, and the productivity by 6.4 %.

In co-operation with Russian specialists a mathematical model for describing the hydrodynamics of Vasavere buried valley has been developed. An estimation and forecast of the state of water resources in connection with the influence of a number of technogenic factors on them, including oil shale mining, have been carried out. The work on creation and improvement of the model ended by participation in the International Ecological Assessment of this region in 1994-1996.

Baring in mind the planned closing of *Tammiku* underground mine, a comparative economic estimation of a number of possible variants of completion of its reserves has been carried out. Two most acceptable ways of the



continuation of mine functioning, with different schemes and terms of mine field completion have been recommended. The questions of assumable influence of the mine flooding on the filling with water of neighbouring mines are being investigated.

Other current and perspective researches aimed at ensuring requirements of the production are being conducted.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Михальченко А. М.* Совершенствование способов управления кровлей и разработка средств крепления для условий сланцевых шахт Прибалтики // Эффективная и безопасная подземная добыча угля на базе современных достижений геомеханики / Доп. сб. тр. междунар. конф. (ВНИМИ, 17–21 июня 1996 г.). – СПб.: ВНИМИ, 1996. 161–165.
2. *Доманова Н. И., Норватов Ю. А., Петрова И. Б.* Исследование гидродинамического режима Вазавереской погребенной долины // Oil Shale, 1995. Т. 12, № 1. С. 3–14.

*Presented by E. Reinsalu*

Received February 27, 1997