

Код ГРНТИ 52.01.09

*Л.А. Крупник

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

АКАДЕМИК О.А. БАЙКОНУРОВ И ЗАКЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В статье изложено решение одной из важных проблем для горного производства – разработка новой инновационной технологии закладочных работ на основе тиксотропной закладочной смеси высокой плотности «пастовой закладки». Эти работы – одно из направлений в многогранной деятельности академика О.А. Байконурова. Описаны решения задачи по выбору материалов для закладочных работ, разработке технологии приготовления закладочных смесей и их транспортировки по трубам, оценке прочности закладки в массиве и экономической оценке новой технологии. Обосновано использование твердеющих закладочных смесей из мелкого заполнителя, которые обеспечивают эффективное использование их тиксотропных свойств: получение их высокой подвижности и сохранение ее в течение длительного времени, достаточного для доставки смеси на большое расстояние; образование изотропного искусственного массива, малое водоотделение и усадка массива. Показана необходимость активации закладочных смесей с целью более эффективного использования активности вяжущего с помощью активаторов-смесителей, «омагничивания» воды затворения и обработки лазером.

Ключевые слова: закладочные работы, твердеющая закладка, технология, прочность, транспортировка, экономическая эффективность.

Академик О.А. Байконуров және Қазақстандағы стектеу жұмыстары

Андатпа. Мақалада тау-кен өндіру өнеркәсібінің маңызды мәселелерінің бірі – тығыздығы жоғары тиксотропты толтыру коспасы негізінде «паста толтыру» жаңа инновациялық технологияны әзірлеу қарастырылған. Бұл жұмыстар академик О. А. Байконуровтың көп қырлы қызметінің бағыттарының бірі болып табылады. Ұсақ агрегаттардан қатайтатын толтырғыш коспаларды қолдану және де олардың тиксотропты қасиеттерін тиімді пайдалануды қамтамасыз ете отырып: олардың жоғары қозғалғыштығын алу және оны ұзақ уақыт бойы коспаны ұзақ қашықтыққа жеткізу үшін жеткілікті сақтау; изотропты жасанды массивтің пайда болуы, судың аз бөлінуі және массивтің шөгуге негізделген. Араластырғыш активаторлардың көмегімен байланыстырғыштың белсенділігін неғұрлым тиімді пайдалану, суды «магниттеу» және лазермен өңдеу үшін толтырғыш коспаларды қосу қажеттілігі көрсетілген. Қатты бетбелгісі бар даму жүйелерін қолданудың тиімділігін бағалау тәсілдері келтірілген.

Түйінді сөздер: жинақтау жұмыстары, қатаюды толтыру, технология, беріктік, тасымалдау, экономикалық тиімділік.

Academic O.A. Baikonurov and backfill works in Kazakhstan

Abstract. The article presents the solution of one of the important problems for mining industry – the development of a new innovative backfill technology based on a high-density thixotropic backfill mixture «paste backfill». These works are one of the directions in the multifaceted activity of Academician O.A. Baikonurov. The use of hardening filler mixtures made of fine aggregate is justified, which ensure the effective use of their thixotropic properties: obtaining their high mobility and maintaining it for a long time sufficient to deliver the mixture over a long distance; the formation of an isotropic artificial array, small water separation and shrinkage of the array. It is shown that it is necessary to activate the filling mixtures in order to use the binder activity more effectively with the help of activators – mixers, «magnetization» of the mixing water and laser treatment. Approaches to evaluating the effectiveness of the use of development systems with a hardening bookmark are described.

Key words: stowing works, hardening backfill, technology, strength, transportation, economic efficiency, thixotropy, filler, binder activation, mobility, control.

Оценивая личность академика О.А. Байконурова, можно восхищаться его разносторонними научными интересами в области горного дела, его чутьем и предвидением развития перспективных прорывных технологий и механизации технологических процессов. Так было и в создании новых технологий разработки месторождений полезных ископаемых системами с твердеющей закладкой.

К середине прошлого века в связи с переходом на разработку глубоких горизонтов рудных месторождений актуальными стали вопросы снижения потерь руды в недрах и эффективного управления состоянием горного массива. Применявшиеся системы разработки – камерно-столбовая и камерно-целиковая – характеризовались большими безвозвратными потерями руды в целиках – междукамерных, барьерных, столбовых и других. Так, на Жезказганском месторождении широко использовали камерно-столбовую систему

разработки, при которой потери руды в недрах составляли почти 50%. Аналогично и на других предприятиях, разрабатывающих полиметаллические месторождения, потери составляли 25-30%. При этом усложнялось управление горным массивом, что, зачастую, приводило к аварийным ситуациям.

Академик О.А. Байконуров считал, что возникшие проблемы можно решить радикально – применив твердеющую закладку для заполнения выработанного пространства и создания искусственного закладочного массива. К этому моменту твердеющая закладка использовалась, в основном, эпизодично с довольно примитивной технологией и была весьма дорогостоящей. Так, на Зыряновском руднике использовалась твердеющая закладка по схеме, показанной на рис. 1.

На Зыряновском руднике для приготовления твердеющей смеси при закладке выработанного пространства этажей 6-7 и 7-8

использовали смесительные установки, расположенные на шестом и седьмом горизонтах. Доставку инертного материала – песчано-гравийной смеси – осуществляли из Зубовского карьера (около р. Бухтарма) автосамосвалами на склад инертных материалов, расположенный в карьере рудника открытых работ у старого ствола шахты «Сретенская». Со склада скреперной лебедкой песчано-гравийную смесь скреперовали до наклонного виброгрохота, который был установлен перед щековой дробилкой. При грохочении мелкую фракцию (крупность до 50 мм) просеивали, а крупную (свыше 50 мм) подавали в дробилку для измельчения до крупности 50 мм. Затем ее транспортировали в приемный бункер ствола шахты «Сретенская».

Цемент подавали на шестой горизонт со склада на поверхности в вагонетках по стволу шахты «Восточная-Вспомогательная». У смесительного узла цемент хранили в вагонетках непосредственно на штреке.

Приготовление твердеющей смеси на шестом горизонте производили в смесителе циклического действия, в который подавали песчано-гравийную смесь, цемент, воду и интенсивно перемешивали в течение 1,0-1,5 мин. Приготовленную смесь выгружали в вагонетки и электровозом доставляли до закладываемых камер.

Сменная производительность смесительного узла составляла 20-25 м³/см., обслуживало его звено из четырех человек в смену, из которых 2 человека были заняты приготовлением смеси и загрузкой вагонеток, остальные – транспортированием, разгрузкой и укладкой смеси в выработанное пространство.

Академик О.А. Байконуров подошел к решению возникших проблем комплексно. Была создана группа исследователей, в которую входили горные инженеры, механики, специалисты по автоматизации. Они решали комплексно взаимосвязанные вопросы: изыскание дешевых материалов для приготовления твердеющей закладки, разработку методики установления рациональных составов закладки, технологии и механизации ее приготовления и трубопроводного транспорта, возведения искусственного массива и контроля его прочности и т. д. Такой подход позволил в короткие сроки разработать прорывную технологию закладочных работ и внедрить ее на рудниках Казахстана.

В созданной рабочей группе активно работали инженеры В.А. Мельников, Л.А. Крупник, А.Ю. Граф, О.Г. Герасименко, М.М. Муртазин, А.М. Медяник, М.М. Сарсембаев, А.Э. Клусевич, А.М. Мандровский и ряд других. Активно работали здесь и производственники И.Ш. Коган, М.Ж. Битимбаев, В.Н. Петухов, А.С. Гринблат, Л.В. Пятигорский, Г.В. Соколов.

Одной из основных являлась проблема материалов для закладочных работ. Считалось, что закладочная смесь – это тощий бетон. Поэтому он должен содержать вяжущее – цемент, крупный и мелкий заполнитель и воду. Но такая смесь плохо транспортировалась

по трубам, содержала большое количество воды, что требовало организации дренажа при возведении искусственного массива, характеризовалась большим расслоением, что делало массив анизотропным, и большой усадкой.

Проведенные исследования показали, что наилучшими характеристиками обладают смеси на мелком заполнителе. Они при соотношении Т:Ж = 80:20 обладают явно выраженными тиксотропными свойствами, т.е. при механическом воздействии на них приобретают повышенную подвижность, а при укладке в выработанное пространство быстро загустевают. Позднее такие смеси за рубежом получили название «пастовая закладка». В связи с тем, что такие смеси не расслаивались, искусственный закладочный массив получался изотропным, что повышало его прочность. Низкое водосодержание

позволяло получать необходимую прочность при снижении расхода цемента в 1,5...2,0 раза.

В качестве такого заполнителя было рекомендовано использовать флотационные хвосты из хвостохранилищ, текущей переработки, а в дальнейшем – измельченные горные породы. Флотационные хвосты тогда числились в запасах, т. к. ряд элементов из руды не извлекался. О.А. Байконуров и исследовательская группа доказали, что, находясь в хвостохранилищах, они существенно видоизменяются и при существующих технологиях перерабатывать их нецелесообразно, а при утилизации в закладку они будут сохраняться. При развитии технологии содержащиеся в хвостах компоненты можно будет выщелачивать.

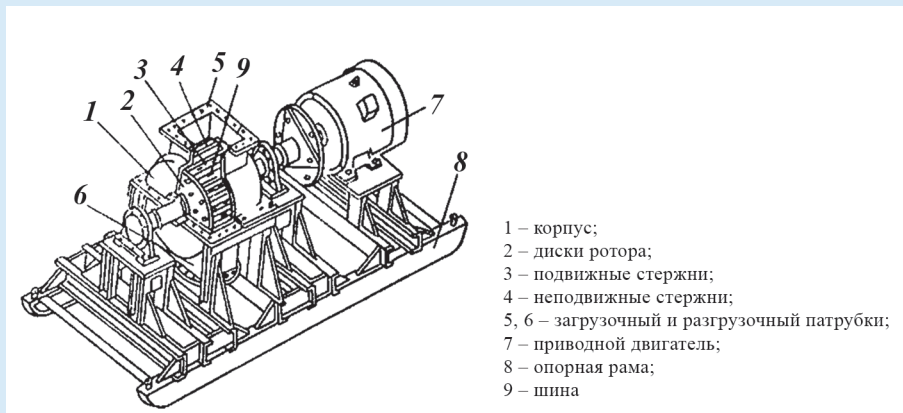
Важнейшим моментом в новой технологии закладочных работ был процесс приготовления самой



Рис. 1. Технология приготовления закладки на подземной участковой установке.

Сурет 1. Жер асты учаскелік қондырғысында бетбелгілерді дайындау технологиясы.

Figure 1. Technology of preparation of a bookmark on an underground precinct installation.



- 1 – корпус;
2 – диски ротора;
3 – подвижные стержни;
4 – неподвижные стержни;
5, 6 – загрузочный и разгрузочный патрубки;
7 – приводной двигатель;
8 – опорная рама;
9 – шина

Рис. 2. Смеситель-активатор ДКПЛ для приготовления твердеющих закладочных смесей на мелком заполнителе.

Сурет 2. Араластырғыш-тығыз толтырғыш қоспаларды дайындауға арналған ДКПЛ активаторы.

Figure 2. Mixer-activator DCPL for the preparation of hardening filling mixtures on a fine filler.

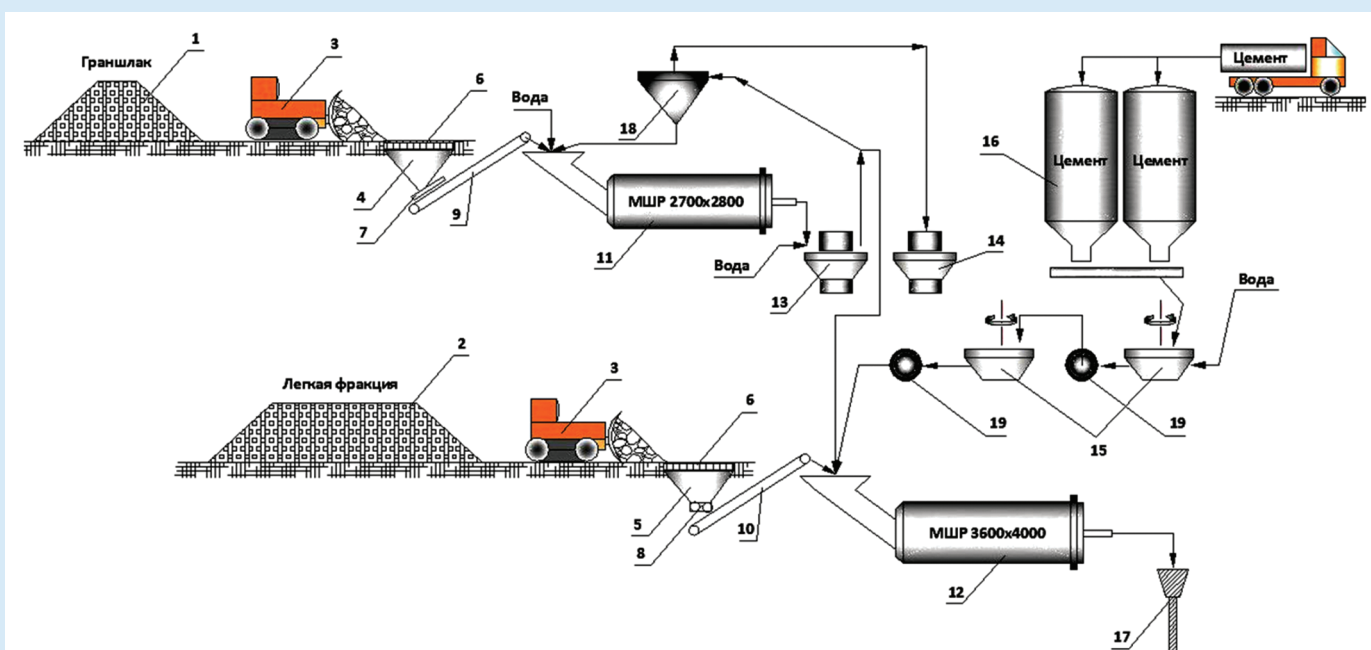
закладочной смеси и приведение ее в состояние тиксотропного разжижения с сохранением этого состояния в течение времени, необходимого для ее доставки в выработанные пространства. Имеющиеся двуххвальные лопастные и

барabanные смесители не могли этого обеспечить. Для этих целей были разработаны и защищены авторскими свидетельствами специальные активаторы: на комбинате «Ачполиметалл» это был так называемый «взвихриватель»,

на Лениногорском полиметаллическом комбинате – смеситель-активатор ДКПЛ (рис. 2).

Эти высокоскоростные агрегаты устанавливались в конце процесса перемешивания компонентов смеси высокой плотности и приводили ее в состояние геля, которое сохранялось в течение нескольких минут, что обеспечивало устойчивый режим трубопроводного транспорта.

Активаторы-смесители дали возможность использовать и следующий эффект. Цемент, поставляемый на предприятие, имел довольно грубый помол. Его суммарная удельная поверхность составляла 2500...2800 см²/г. Причем более четверти составляли частицы крупнее 20 мкм. Такие частицы не успевали полностью гидратировать, что не позволяло полностью использовать активность дорогостоящего цемента. Применение активаторов позволило додраблывать крупные зерна цемента, при этом удельная поверхность увеличивалась



- 1, 2 – отвалы граншлака и легкой фракции; 3 – бульдозер; 4, 5 – приемные бункеры;
6 – колосниковая решетка; 7 – шибер; 8 – питатель; 9, 10 – ленточные конвейеры;
11 – мельница МШР 2700 2800; 12 – мельница МШР 3600 4000; 13, 14 – насосы;
15 – устройство дозирования и приготовления цеммолока «ХАННИ»;
16 – расходные бункера цемента; 17 – закладочная скважина;
18 – гидроциклон ГЦ-350; 19 – перекачной насос

Рис. 3. Технологическая схема БЗК Малеевского рудника.

Сурет 3. Малеев кенішінің БЗК технологиялық сызбасы.

Figure 3. Technological scheme of the BZK of the Maleevsky mine.

до 3500...4000 см²/г. Это привело к существенному повышению эффективности процесса гидратации и, как следствие, снижению расхода цемента для получения проектной прочности закладочного массива и уменьшению стоимости закладки.

В дальнейшем в качестве смесителя было предложено использовать шаровые мельницы, где были совмещены процессы перемешивания компонентов закладочной смеси и их активации.

Интересны были результаты по улучшению структурообразования закладки с использованием воды затворения, обработанной электромагнитным полем и лазером.

Омирхан Аймагамбетович всегда говорил своим ученикам: «Ищите главные звенья и совершенствуйте их, тогда вы добьетесь успеха». Одним из таких звеньев был трубопроводный транспорт закладочной смеси. Именно устойчивый режим движения смеси обеспечивал большую дальность доставки смеси без изменения ее характеристик. Под его руководством были разработаны методики выбора оптимальных диаметров транспортного трубопровода, скорости движения закладочной смеси, дальность ее доставки в самотечном и самотечно-пневматическом режимах. Эти разработки позволили обеспечить безопасный технический и экономический режим транспортировки закладки.

Академик О.А. Байконуров всегда требовал комплексно решать проблемы, не упуская

никаких нюансов, поэтому много внимания уделялось методам установления прочности закладки в массиве. Ранее это осуществлялось по испытаниям контрольных кубиков их раздавливанием на гидравлическом прессе. Но достоверность этого метода была весьма низкой. О.А. Байконуров предложил использовать геофизический способ «прозвучивания» искусственного массива ультразвуком. Была подобрана современная аппаратура, разработаны методика проведения замеров, установлены тарифовочные графики. Все это дало возможность получить истинную картину состояния искусственного массива.

К твердеющей закладке тогда относились настороженно из-за ее относительно высокой стоимости. И тогда О.А. Байконуров предложил оригинальную методику оценки экономической эффективности применения систем разработки с твердеющей закладкой по комплексному показателю – «норма-вектору». Это была методика сравнительной оценки системы разработки с учетом совокупности критериев. Для систем разработки по горно-технологическим условиям месторождения выбираются критерии оптимизации, которыми могут служить: производительность забойного рабочего, участковая себестоимость добычи полезного ископаемого, коэффициенты извлечения и разубоживания, ценность добытой руды по всем полезным компонентам, экономический ущерб от потерь и разубоживания,

суммарные технологические затраты на добычу, транспортировку и переработку руды, удельные проведенные капитальные затраты и другие факторы. Проведенные по этой методике расчеты показали, что большинство полиметаллических месторождений целесообразно обрабатывать системами с закладкой выработанного пространства.

Исследования по технологии и механизации закладочных работ дали импульс быстрому внедрению новой технологии разработки месторождений полезных ископаемых. Сейчас закладочный комплекс на руднике – это высококомеханизованное и автоматизированное предприятие. Один из таких закладочных комплексов Малеевского рудника ТОО «Казцинк» представлен на рис. 3.

Новая технология закладочных работ демонстрировалась на ВДНХ СССР и была отмечена золотой медалью, она также демонстрировалась на зарубежных выставках в Индии, Югославии и Испании (1976-1983 гг.), по результатам исследований было получено более 30 авторских свидетельств и патентов на изобретения, многие из которых были реализованы.

Академик Омирхан Аймагамбетович Байконуров был большим ученым и Учителем с большой буквы. Он сам активно участвовал в проведении исследований, но исполнителям давал большую свободу, доверял им и всегда в нужный момент давал советы, которые помогали решить задачу быстро с новым эффективным результатом.

Сведения об авторах:

Крупник Л.А., д-р техн. наук, профессор-исследователь Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), leonkr38@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8813-231X>

Авторлар туралы мәлімет:

Крупник Л.А., техника ғылымдарының докторы, Satbayev University ғылыми профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Krupnik L.A., Doctor of Technical Sciences, Research Professor of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)