Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 1, 1975 г.

ПУТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

К. Д. Васин, доктор техн. наук *Р. С. Пермяков*

(Министерство химической промышленности, ВНИИГалургии)

По производству калийных удобрений СССР занимает одно из первых мест в мире. Объем добычи калийных руд в настоящее время составляет около 42 млн. *т*, к 1975 г. он достигнет 60 млн. *т*, а к 1980 г. — 85 млн. *т*.

Прошедшее пятилетие характеризовалось строительством новых рудников с большой годовой добычей и комплексной механизацией основных технологических процессов. Достигнутый на калийных шахтах объем добычи составляет 7—10 млн. *т* в год, площадь шахтных полей 65—70 *км*^{2}. Высокая производительность калийных шахт и большие размеры шахтных полей обусловили переход к конвейерному виду транспорта, общая длина подземных конвейеров на рудниках отрасли превышает 200 *км*.

Для вспомогательных работ (доставки грузов, людей и т. п.) широко используются самоходные машины с двигателями внутреннего сгорания.

В области технологии очистных работ проявилась тенденция к переходу на машинную выемку комбайнами. Специально для калийной промышленности созданы комбайны: ШБМ-2, ПК-8, ПК-10, Караганда 7/15, в стадии промышленных испытаний находятся комбайны Урал-10-КС, Урал-20-КС, ПК-11. При эксплуатации комбайнов достигнуты высокие показатели: на ПК-10 — до 60 тыс. *т* в месяц, а на ПК-8 — до 100 тыс. *т* в месяц.

Для добычи калийных руд применяются комбайны проходческого типа, работающие в комплексе с бункер-перегружателями и самоходными вагонами.

Комплексная механизация очистных и вспомогательных работ на калийных шахтах повысила производительность труда и снизила себестоимость добычи. На передовых калийных рудниках себестоимость добычи 1 *т* руды составляет 1,3 руб., производительность труда забойных рабочих 50—55 *т*/смену, производительность труда по руднику — более 16 *т*/смену.

Различные горногеологические условия калийных бассейнов определяют разные пути и формы технического прогресса. Наиболее прогрессивным в технологии выемки пластов Старобинского месторождения является переход к системам разработки с обрушением кровли

и селективной выемкой. Переход на способ управления кровли полным обрушением, который проходит в настоящее время опытно-промышленную проверку, является серьезным научно-техническим достижением калийной промышленности. Переход от жесткого поддержания кровли к ее обрушению стал осуществимым после обоснования невозможности попадания вод в выработанное пространство, совершенно недопустимое при разработке солей, обладающих высокой растворимостью. Старобинское месторождение калийных солей относится к типу месторождений с необводненным контактом соляных и покрывающих пород. Водоносные горизонты таких месторождений занимают верхнюю часть геологического разреза и отделены от соляных отложений породами надсолевой толщи. На Старобинском месторождении эта толща представлена глинисто-мергелистыми породами. Нижняя часть ее имеет две важные особенности: способность к облегченной просадочной деформации с использованием унаследованной системы скрытых плоскостей смещения; практическую водонепроницаемость.

Проведенные по ВНИИГалургии исследования на эквивалентных материалах с применением гидроконтроля показали, что при разработке пластов сплошной системой высота зоны образования водопроводящих трещин не превышает 40-кратной выемочной мощности пласта, т. е. на большей части площадей шахтных полей опасность прорыва вод отсутствует.

Надежность систем с обрушением подтверждается также практикой работы Солигорских рудников, показавшей, что покрывающие калийный пласт породы допускают значительный прогиб без нарушения сплошности. Анализ многолетних наблюдений за сдвижением земной поверхности показал, что на всех участках шахтных полей величина опускания поверхности практически не зависит от параметров системы разработки (абсолютная величина и скорость опускания почти не изменяются).

На одном из рудников Солигорского бассейна около 30 *га* шахтного поля отработано камерной системой разработки с податливыми целиками. Ширина междукамерных целиков составляла 1,5 *м*. Плавное опускание кровли на податливых целиках является промежуточным методом управления кровлей (между жестким поддержанием и обрушением). Проведенные эксперименты позволили установить, что характер сдвижения при этом практически не отличается от сдвижения, вызываемого подработкой поверхности обычной камерной системой.

Поэтому можно утверждать, что при любом способе управления кровлей оседание земной поверхности будет плавным; так же плавно будет прогибаться водозащитная толща, состоящая из покровной каменной соли и безводной части глинисто-мергелистой толщи.

При системах разработки длинными столбами с обрушением кровли можно осуществлять селективную выемку пласта, оставляя в выработанном пространстве пачку галита мощностью 1 *м*, которая при валовой выемке извлекается вместе с рудой. За счет этого содержание хлористого калия в добываемой руде возрастает с 22 до 35%, а это, в свою очередь, увеличивает производственную мощность обогатительных фабрик на 15—20% без существенных капиталовложений.

Этот способ выемки осуществляется с применением прогрессивной узкозахватной техники (механизированных комплексов КМК-97).

Камерная система разработки с плавным опусканием кровли на податливых целиках может широко применяться на тех участках шахтного поля, где по условиям допустимой мощности водозащитной толщи невозможно использовать системы с обрушением кровли.

Камерная система разработки с плавным опусканием кровли на податливых целиках, разработанная во ВНИИГалургии и внедренная

на Солигорских рудниках, основана на высокой ползучести калийных солей, которая позволяет регулировать податливость целиков изменением соотношения их высоты и ширины. Сущность системы состоит в том, что панели вынимаются заходками шириной 4,5—5,3 *м*, между которыми оставляются целики незначительных (1,5—2,0 *м*) по сравнению с шириной камеры размеров. На этих постепенно разрушающихся целиках кровля плавно опускается без разрыва целостности водозащитной каменной соли. В рабочих заходках в этом случае исключается появление прогибов и обрушений кровли.

В Верхнекамском месторождении калийные соли добываются уже около 40 лет. Очистные работы в камерах до недавнего времени осуществлялись с помощью буровзрывных работ, руда доставлялась скреперными лебедками. Однако при освоении новых шахтных полей (в частности, Второго Березниковского рудника) от буровзрывного способа выемки пришлось отказаться вследствие ухудшения горнотехнической ситуации: неустойчивости пород кровли и слабой несущей способности целиков. Поэтому перешли на механизированный способ выемки комбайнами ПК-8 и Караганда 7/15, что значительно изменило параметры камерной системы (таблица).

Параметры камерной системы разработки в Верхнекамском месторождении
(по сильвинитовым пластам)

Рудник	Отрабатываемый пласт	Способ выемки	Параметры системы, *м*				
			длина камер	высота камер	ширина камер	ширина междукамерных целиков	расстояние между осями камер
Соликамский	АБ	Буровзрывной	150	3,7	15	12	27
	Красный II		150	7,5	15	12	27
Первый Березниковский	АБ	Буровзрывной	200	3,5	14	12	26
	Красный II	Комбинированный (буровзрывной и комбайновый)	200	6,4	16	10	26
Второй Березниковский	АБ	Комбайновый	200	3,2	3,2	5,8	9
	Красный II		200	3,7	5,2	3,8	9

Намеченное на Верхнекамском бассейне увеличение почти в три раза выпуска калийных удобрений выдвигает важнейшую задачу — повышение качества добываемой руды. Применяемая в настоящее время валовая разработка калийных пластов со значительными включениями галита должна частично заменяться селективной разработкой. Например, при выемке пласта АБ на Втором Березниковском руднике перспективно применение новых комбайнов Урал-20-КС (вместо ПК-80), которые позволяют обрабатывать пласты мощностью 2—2,5 *м* без прирезки пустых пород в кровле или почве. С применением этих комбайнов качество добываемой на пласте АБ руды возрастет в 1,2—1,25 раза, что позволит без дополнительных капиталовложений повысить выпуск концентрата на 7—8%.

Серьезной проблемой для калийных предприятий является размещение отходов обогащения. Существующая практика складирования их на поверхности приводит к изъятию обширных пахотных угодий и засолонению почв и источников водоснабжения. Поэтому неотложной задачей становится использование «хвостов» в качестве закладочного материала. Как показали исследования, из отходов переработки и вяжущих добавок технически возможно получить твердеющую за-

кладку, применение которой сократит потери калийных солей в междукамерных целиках. В этом направлении предстоит выполнить целый комплекс исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Наряду с совершенствованием технологии подземных работ интенсивно исследуется бесшахтный метод добычи калийных солей — метод подземного выщелачивания через буровые скважины, при котором весь добывающий комплекс, включающий насосное оборудование, контрольно-распределительные устройства, хозяйство нерастворителя и др., располагается на поверхности. Вследствие этого полностью исключается тяжелый подземный труд, что имеет серьезное социальное значение, повышается культура производства, процесс становится легкоуправляемым и поддающимся автоматизации.

Метод подземного выщелачивания калийных солей практически реализован только в последние годы в результате освоения в процессе добычи каменной соли (где этот способ применяется более 50 лет) метода управляемого послойного выщелачивания. Этим обстоятельством объясняется значительно возросший в последние годы интерес к разработке подземным выщелачиванием калийных солей в ряде стран мира. В результате интенсивных исследований, проведенных американскими исследователями в 1965 г., пущено первое калийное предприятие фирмы Калиум Кемиклз (Канада), добывающее сырье методом подземного выщелачивания.

Исследования, выполненные ВНИИГалургии для Карлюкского месторождения (объем добычи руды 8,5 млн. *т* в год), показали, что преимущества подземного выщелачивания перед шахтным способом увеличиваются с глубины залегания 500 *м*. Технико-экономические показатели добычи сильвинитовой руды шахтным способом и подземным выщелачиванием следующие: *

Глубина разработки, *м*	500	600	700	800	900	1000	1200
Себестоимость добычи 1 *т* руды, руб.	1,77 / 1,39	1,84 / 1,44	1,97 / 1,47	2,12 / 1,51	2,27 / 1,55	2,40 / 1,64	2.70 / 1,75
Удельные капиталовложения, руб./*т*	18,3 / 13,5	19,4 / 14,0	20,5 / 14,6	22,4 / 15,1	25,0 / 15,7	27,0 / 17,2	32,6 / 17,9

При выщелачивании каменной соли система состоит только из двух компонентов: H_2O и NaCl. Выщелачивание сильвинита является более сложным процессом, включающим в основном три компонента: KCl, NaCl, H_2O. В реальных условиях сильвиниту часто сопутствуют кальций и магний (в ангидрите, полигалите, каините и др.), поэтому фактически приходится иметь дело не с трехкомпонентной, а более сложной системой.

В процессе лабораторных исследований, проведенных во ВНИИГалургии, установлена идентичность кинетических закономерностей растворения KCl и NaCl при различных положениях растворяющейся поверхности в пространстве, а это обусловливает общность закономерностей процессов рассолообразования и формообразования камер при подземном выщелачивании этих солей.

Впервые в отечественной практике метод подземного выщелачивания калийных солей проходил опытную проверку на Индерском месторождении. В задачу эксперимента входило: определение технической возможности разработки калийных солей подземным выщелачиванием и установление производительности рассольных скважин по калийным солям; изучение формообразования камер выщелачивания и происхо-

* В числителе показатели при добыче шахтным способом, в знаменателе — при подземном выщелачивании.

дящих в них процессов рассолообразования в зависимости от режимных параметров эксплуатации, определение концентраций выдаваемых рассолов в зависимости от состава выщелачиваемой руды.

В результате опытных работ установлено, что получаемые при выщелачивании рассолы вполне пригодны для промышленной переработки на концентрированные удобрения, подтверждена техническая возможность и экономическая целесообразность в определенных условиях добывать калийные соли методом подземного выщелачивания.

Наиболее благоприятные гидрогеологические условия для бесшахтного способа добычи калийных руд наблюдаются на месторождениях Средней Азии (Карлюкское, Тюбеготанское). Кроме того, здесь можно использовать солнечную энергию для выпарки рассолов в процессе переработки, что еще более повышает эффективность метода. В связи с этим строительство первого промышленного предприятия с бесшахтным методом добычи калийных солей планируется на Карлюкском месторождении.

В становлении и развитии калийной промышленности в СССР большое участие принимали ученые и выпускники Ленинградского горного института.

Так, еще в середине 20-х годов в химической лаборатории Института, руководимой академиком Н. С. Курнаковым, было установлено наличие калия в рассолах Соликамского месторождения. Поисковые работы, руководимые проф. П. И. Преображенским, привели к открытию там богатейших залежей калийных руд. Доразведку Соликамского месторождения и строительство первого в СССР калийного рудника осуществлял крупный специалист по проходке шахт в трудных горно-геологических условиях доцент института А. Ф. Вайполин, который в 1926—1928 гг. был управляющим 1-го калийного рудника. В 1947 г. кафедра рудничной вентиляции и охраны труда ЛГИ впервые проводила на Соликамском калийном руднике научно-исследовательскую работу по улучшению проветривания камер большого объема после взрывных работ.

Работами по вентиляции Соликамского, Березовского и других калийных рудников в течение последних 15 лет руководит воспитанник ЛГИ проф. И. И. Медведев.

Кафедра рудничной вентиляции и охраны труда ЛГИ проводит под руководством проф. П. И. Мустеля работы по вентиляции, направленные на улучшение санитарно-гигиенических условий в калийных рудниках Прикарпатского месторождения.

При участии профессоров Института В. Д. Слесарева и Д. Ф. Борисова еще в довоенные годы были установлены рациональные параметры разработки Соликамского рудника. Д. Ф. Борисов был одним из инициаторов постановки работ по применению длинных забоев для выемки сильвинита на Старобинском месторождении, руководил исследованиями по установлению безопасных параметров бесшахтной добычи солей подземным растворением.

В настоящее время в решении ряда актуальных вопросов активно участвует кафедра разработки пластовых месторождений, на которой исследуются вопросы горного давления и борьбы с газодинамическими проявлениями на калийных шахтах (доц. Н. М. Проскуряков); на кафедре разработки рудных месторождений и горной теплофизики совершенствуется технология горных работ в Прикарпатском бассейне (доц. К. А. Шванев); развитием конвейерного транспорта занимается кафедра горных машин и комплексов (доц. К. А. Васильев). Ряд кафедр проводит исследования по бесшахтному способу добычи калийного и каменносоляного сырья.