Записки Ленинградского Ордена Ленина Горного Института. Том XIX, 1946
Annales de l'Institut des Mines à Leningrad. Vol. XIX, 1946

Классификация систем разработки рудных месторождений

Проф. *Н. И. Трушков*

Classification of ore mining methods

Prof. *N. I. Trushkov*

Общие положения

Ввиду различия не только в собственно методах и их деталях, но и в принципах разработки рудных и каменноугольных месторождений, составление единой классификации систем разработки для тех и других нецелесообразно.

Попытки составления такой общей классификации оказались, вследствие сложности и противоречий, неудачными, а предлагавшиеся классификации, в ущерб одной из специальностей, рудной или пластовой — практически неприемлемыми. Для систем разработки руд, являющейся в народном хозяйстве Союза уже давно самостоятельной и важнейшей отраслью горного дела, необходима простая самостоятельная классификация методов разработки руд.

Для составления любой классификации необходимо условиться, что понимать под системой или методом разработки в целом и способом очистной выемки в частности. Необходимо установить основной принцип, на котором должна базироваться реальная и практически полезная для производства и теории классификация систем, учитывая при этом особенности разработки рудных месторождений в части геологии и элементов залегания рудных тел.

Принимаем следующие общие определения, относящиеся к классификации систем разработки рудных месторождений.

Системой разработки[1] месторождения называем *способ выемки руды из месторождения, включая подготовку, нарезку и очистную выемку*, за исключением вскрытия месторождения.

Очистные работы, или *очистная выемка* (совокупность работ по непосредственному извлечению руды из месторождения), определяется как *извлечение руды из недр в определенном порядке помощью серии горизонтальных, вертикальных* или *наклонных выработок*[2].

---

[1] В широком смысле — определенный порядок ведения горных работ в пространстве и времени при эксплоатации.

[2] В горной литературе по отношению к разработке руд понятие „система" и „метод" применяются обычно как синонимы. Основанием для той или иной „системы", являющейся соединением однородных знаний или объектов в одно целое, служит какое-либо единое начало или принцип. Более широкое понятие „метод", обозначающее обычно специальный путь исследования или работы, сообразующийся с тем объектом, к которому он применяется, в значительной степени учитывает и качество исследуемого объекта, наблюдения и опыта.

Под классификацией систем разработки понимаем *разделение различных* методов разработки *по одному основному принципу и определенным характеристическим признакам* и соединение в одну систему тех из них, которые имеют общие между собою признаки.

Система разработки, как таковая, характеризуется главным образом *способом очистной выемки,* в которой выявляются специфические черты данного метода. Поэтому, например, Горное Бюро США, давая по существу классификацию систем разработки, называет ее: „Classification of Stoping Methods" (Классификация методов очистной выемки).

Терминология различных систем разработки, применяющихся в современной практике рудного дела, в нашей и заграничной литературе и практике до сих пор точно не была установлена. Термин „система разработки", или „метод разработки", обозначает в практике горного дела различные черты и особенности, которые, взятые вместе, характеризуют данный способ разработки [1]. Систематическая разработка, как она ведется на современных рудниках, есть результат постепенной эволюции горного дела. Грубые и простые методы комбинировались и совершенствовались, и в каждом отдельном руднике, по мере вводимых изменений, возникали новые наименования. В результате в практике имеется большое количество названий и терминов, которые не всегда точно применяются и способны затруднить даже человека, хорошо знакомого с горным делом [1].

Главнейшими факторами, определяющими номенклатуру систем разработки рудных месторождений, являются: 1) метод поддержки выработанного пространства, 2) способ очистной выемки, или последовательность и направление выемки отдельных частей месторождения, на которые разбито месторождение при подготовке, и 3) способ отбойки руды.

1) Первый фактор — метод поддержки выработанного пространства — часто непосредственно определяет название системы разработки. Таковы, например, названия: разработка открытым забоем с оставлением столбов или целиков руды, с креплением квадратными окладами, с временной закладкой рудой, с закладкой пустой породой и т. д. Эти названия указывают, что способ поддержки выработанного пространства играет в названии соответствующего метода главную роль.

2) Второй фактор — способ очистной выемки в связи с последовательностью выемки отдельных слоев и блоков, на которые разделено месторождение при подготовке, и направление этой выемки — тоже является основным признаком в некоторых классификациях систем разработки, характеризуя специфические черты системы. Так, терминами выемка потолкоуступная, почвоуступная, выемка горизонтальными или наклонными слоями, поперечная выемка и др. часто целиком пользуются для обозначения метода разработки в целом. Рудные месторождения значительной мощности разделяются для выемки на отдельные участки, блоки или камеры и целики, которые вынимаются в определенном порядке последовательно один за другим, причем каждый, в свою очередь, может выниматься горизонтальными, вертикальными или наклонными слоями в восходящем или нисходящем порядке. Эти особенности послужили основанием для названий: выемка горизонтальными слоями снизу вверх, сверху вниз и т. д. Практика указывает на возможность, но и на затруднитель-

[1] Вопросом необходимости единства терминологии в горном деле, поднятом еще проф. Б. И. Бокием, в последние годы начал заниматься Институт Горного Дела Академии Наук, издающий специальные Бюллетени (по терминологии горного дела вышел бюллетень № 1, 1939 г., и № 2, 1941 г.). К сожалению, термины, предлагаемые Комиссией терминологии, в ряде случаев ориентированы лишь на каменноугольную специальность и не приняты в рудном деле, что нужно отнести на счет недостаточного привлечения к этому вопросу горняков-рудников.

ность пользования для точной классификации признаками, вводящими в название геометрическое положение целиков, также последовательность и направление их выемки.

3) Третий фактор — *способ* и приемы отбойки, в связи с расположением забоев, иногда в значительной степени определяет или уточняет название самого метода разработки. Например, магазинирование с отбойкой минными камерами, длинными скважинами. Отбойка или *подсечка* с последующим обрушением самой руды или покрывающей породы послужила основанием для обозначения ряда систем *разработки с обрушением*. Термин „с обрушением" (caving) применялся раньше довольно произвольно; поэтому в последнее время предложено давать ему более точное определение, добавляя *„с обрушением покрывающих пород"*, *„с обрушением кровли"* или *„с обрушением руды"*.

Кроме прямого или косвенного указания на один из приведенных трех признаков, метод разработки часто определяют указанием на характер подготовительных работ (разработка подъэтажными штреками), на лицо, введшее ту или иную систему в практику (система Митчеля), или на местность, где таковая применяется (метод Кимберли).

При разработке правильных пластовых жил и пластов руды к рудным месторождениям в соответствующих условиях применяются методы разработки каменноугольных месторождений с теми или иными изменениями, в зависимости от характера залежи и уклонения ее от правильной пластообразной формы.

В заграничной и русской литературе предложено много различных классификаций подземной разработки рудных месторождений, объединяющих до 175 различных методов разработки, не считая многочисленных мелких вариантов. За последнее время отдается определенное предпочтение наиболее простым классификациям основных (руководящих) систем, имеющих существенные отличия; прочие рассматриваются как варианты основных.

Часть классификаций, в особенности европейских авторов, является общей для систем разработки рудных и каменноугольных месторождений и более ориентирована на эксплоатацию каменного угля, чем руды. Как уже упомянуто, целесообразнее иметь отдельные классификации для систем разработки пластовых (каменноугольных) и разработки рудных месторождений. Составление единой классификации систем разработок[1] весьма осложняется ввиду большой разницы в методах разработки тех и других и делает общие классификации мало пригодными для использования в деле разработки руд. Общие классификации методов разработки каменноугольных и рудных месторождений недостаточно учитывают условия разработки или рудных или каменноугольных месторождений, или тех и других вместе.

Из всех предложенных до сих пор классификаций систем разработки рудных месторождений наиболее обоснованными и практически приемлемыми являются классификации американских авторов. Это вполне понятно; США накопили громадный опыт и материал в практике и изучении разработки руд и стоят на первом месте в мировой добыче руд как по общему тоннажу, так и по масштабам разработки отдельных месторождений.

Приводим ряд классификаций современных авторов, относящихся к системам разработки рудных месторождений.

---

[1] Как видно из классификации, предложенной проф. Г. А. Цулукидзе („Общая классификация подземных методов разработки месторождений полезных ископаемых". Тбилиси. 1940 г.) и еще более из классификации, предложенной проф. И. А. Кузнецовым (*Горн. журнал*).

Классификации различных авторов.

1. Профессор горного искусства в университете штата Миннесота Д. Д. Юнг (G. J. Young) в 1916 г. предложил [1] одну из первых классификаций методов разработки месторождений полезных ископаемых с выделением в ней методов, применяемых при разработке пластовых месторождений. В основу классификации вошли все упомянутые выше признаки, характеризующие способ поддержки выработанного пространства, последовательность и направление выемки и способ отбойки [2] (табл. 1).

Таблица 1

Классификация методов разработки, предложенная проф. Д. Д. Юнгом в 1916 г.

I. Системы подземных разработок

1. Почвоуступная	A. Без поддержки выработанного пространства (открытый забой) B. С поддержкой выработанного пространства (закрытый забой): a) с оставлением столбов; b) с применением распорной крепи; c) с частичной закладкой
2. Потолкоуступная	A. Без поддержки выработанного пространства (открытый забой) B. С поддержкой выработанного пространства (закрытый забой): a) с закладкой; b) с применением распорной крепи; c) с оставлением столбов
3. Комбинированная	A. Без поддержки выработанного пространства (открытый забой). B. С поддержкой выработанного пространства (закрытый забой): a) с оставлением столбов; b) с распорной крепью; c) с частичной закладкой
4. Пирамидальная (диагональная)	A. Без поддержки выработанного пространства (открытый забой) B. С закладкой (закрытый забой)
5. Разработка скреплением квадратными окладами	a) Без закладки b) С частичной закладкой c) С полной закладкой d) Вертикальными слоями почвоуступно e) Вертикальными слоями потолкоуступно f) С перемежающимися столбами
6. Разработка с временным оставлением в забое руды	a) Без скатов для руды b) Со скатами для руды c) С перемежающимися столбами
7. Выемка последовательными горизонтальными слоями сверху вниз, с обрушением налегающих пород (слоевое обрушение)	a) Штреками b) Камерами

8. Комбинированная разработка горизонтальными слоями сверху вниз с временным оставлением руды в забое (способы 6-й и 7-й)
9. Разработка горизонтальными слоями сверху вниз с частичным обрушением руды
10. Разработка с обрушением подготовленных целиков руды (блоковое обрушение)
11. Комбинированная разработка с временным оставлением руды в забое и обрушением промежуточных целиков руды

[1] G. J. Young. Eng. Min. J., July 1916, Vol. 102, № 4, p. 175.

12. Разработка с обрушением скатов
13. Разработка подъэтажными штреками с подработкой потолочной толщи и почвы для пластообразных залежей и пластов —
14. Сплошная система разработки, или „лонгуоль" (longwall method) { a) от шахты — наступающая; b) к шахте — отступающая
15. Разработка длинными камерами с оставлением столбов (room and pillar method), или камерно-столбовая, с получением 50% и более ископаемого в стадии подготовительных работ (камеры)
16. Столбовая выемка (board and pillar m.) с получением подготовительными работами менее 50% ископаемого { a) длинными столбами; b) короткими столбами

II. Системы открытых разработок

17. Разработка уступами (с предварительной вскрышей или без таковой)
18. Разработка „мельницами" (комбинированная)
19. Разработка штольнями с уровня почвы открытого разреза

Как видно из классификации, основанием названия первых четырех систем — почвоуступной, потолкоуступной, комбинированной и пирамидальной — служит расположение забоя при очистной выемке. Означенные термины характеризуют очистную выемку, в которой каждый отдельный метод определяется более детально подразделением на выемку без поддержки выработанного пространства и с поддержкой путем оставления столбов, применения распорной крепи или закладки. Таким образом, окончательное определение метода дается по признаку поддержки выработанного пространства. Распорная крепь и закладка могут применяться как при почвоуступной, так и при потолкоуступной системах работ, но первая является характерной особенностью почвоуступной, а вторая — потолкоуступной. В методах 5 и 6 основанием номенклатуры служит способ поддержки выработанного пространства. Методы 7 по 13 включительно — все с обрушением кровли и налегающих пород или самой руды; основанием для детальной характеристики их является последовательность подготовки и выемки отдельных участков месторождения и способ обрушения выработанного пространства или подготовленных масс руды.

Системы 14, 15 и 16 применяются при разработке пластовых месторождений — пластовых (пологопадающих) жил, пластов и залежей; основанием для классификации их служит процентное отношение количества подготовительных работ к очистным и направление очистной выемки; в системе 14 вся руда, или почти 100% добычи, при выемке от шахты к границе поля (longwall advancing) получается, по существу говоря, без подготовительных и нарезных работ. Классификация проф. Д. Д. Юнга включает и системы открытых разработок — методы 17, 18 и 19.

В последующее время проф. Юнг рекомендует классификацию, предложенную Американским Институтом Горных Инженеров в 1925 г.

Аналогичная классификация методов разработки предложена в 1917 г. проф. горного колледжа штата Мичиган Сперром (F. W. Sperr) [1]. Классификация Сперра обнимает разработку рудных месторождений подземными работами и основана на разделении всех методов на две группы — с поддержкой выработанного пространства и с обрушением его [3].

2. Классификация методов, предложенная проф. высшей горной школы штата Пенсильвания В. Р. Крэйном (W. R. Crane), основана главным образом на формах и размере месторождения. В порядке его классификации (табл. 2) проф. Крэйн изложил описание систем разработки в своей книге Ore Mining Methods (Методы разработки руд).

[1] См. Eng. Min. J. Vol. 103, April 7, 1913, № 14.

Таблица 2

Классификация проф. В. Р. Крэйна

I. Подземные работы

A. Разработка жил узких, малой и средней мощности и пластообразных залежей.
1. Разработка пластовых залежей с применением стоек.
2. Разработка минеральных жил с применением распорной крепи.
3. Разработка минеральных жил с применением квадратных окладов.
4. Разработка минеральных жил с применением закладки пустой породой.
5. Разработка пластообразных залежей с обрушением кровли.

B. Разработка мощных жил и массивных месторождений.
1. Разработка с магазинированием руды.
2. Методы с креплением квадратными окладами.
3. Методы с закладкой пустой породой.
4. Методы с обрушением.

II. Открытые работы

1. Открытые работы при ручной отбойке.
2. Открытые работы с применением скреперов.
3. Открытые разработки паровыми лопатами.
4. Разработка „мельницами".

Как видно из табл. 2, принцип классификации и здесь в сущности тот же. В каждом отделе подземных разработок как при разработке узких жил и пластообразных залежей (группа А), так и при разработке мощных месторождений (группа В), сначала перечисляются методы с поддержкой выработанного пространства, затем способы с обрушением [4, 5].

Хотя классификация Крэйна и представляет большую простоту, но деление месторождений по применяемым системам на узкие, малой и средней мощности, также пластообразные залежи, с отнесением их в одну группу А, и на мощные жилы, также массивные месторождения, с отнесением их в группу В, слишком обще и недостаточно определенно. Так, по его классификации система с магазинированием применяется только для месторождений группы В — мощных жил и массивных, в то время как на практике она применяется и для жил средней и даже малой мощности, т. е. группы А.

3. Учитывая важность и трудность правильного выбора системы разработки для данных условий, Американский институт горных инженеров избрал в 1922 г. специальную комиссию по системам разработки, главным образом рудных месторождений, результатом работ которой явился 72-й том „Известий Института", посвященный системам разработки, опробованию и подсчету запасов месторождений руд и частью каменного угля. Одновременно означенная комиссия разработала классификацию систем разработки рудных месторождений полезных ископаемых, одобренную в свое время Институтом, которая приводится в табл. 3.

Как видно из табл. 3, системы разработки открытым способом разделяются на три главные группы, а системы подземных работ — на шесть основных групп, которые в свою очередь подразделяются на подгруппы, в зависимости от характера забоя, способа отбойки и способа крепления [6, 7].

Основой классификации Американского института горных инженеров (АИГИ) по подземным работам является характер очистной выемки (методы I—III—сплошная, потолкоуступная, почвоуступная) и наличие или отсутствие (открытый забой, забои с поддержкой, методы с обрушением) поддержки выработанного пространства (методы IV—V), также комбинированные способы.

Эту классификацию приводит проф. Дж. Дж. Юнг в своем труде The Working of Unstratified Mineral Deposits, N. Y., 1927, на стр. 62, вместо предложенной им ранее.

Таблица 3

Классификация систем разработок рудных месторождений, принятая Американским институтом горных инженеров в 1925 г.

- **Открытые работы с вскрышей или без вскрыши**
  - I. Разработка уступами
  - II. „Глори Хооль" и разработка мельницами или воронками
  - III. Разработка россыпей
    1. Ручная промывка (вашгерды)
    2. Драгирование
    3. Гидравлический способ
- **Подземные работы**
  - I. Сплошная выемка (пластообразные пологопадающие залежи или пласты)
    1. Непрерывный горизонт
    2. Нерегулярные столбы
    3. Камеры с оставлением столбов
  - II. Почвоуступная выемка (мощные жилы и массы)
    1. Глори Хооль и воронки
    2. Открытый забой
       - С оставлением столбов
       - С распорной крепью
       - С креплением квадратными окладами
  - III. Потолкоуступная выемка (крутопадающие жилы или массы)
    1. Открытый забой
       - С оставлением столбов
       - С распорной крепью
       - С креплением квадратными окладами
    2. Забой с закладкой
       - Горизонтальный забой („флатбак")
       - Диагональный забой („рилл")
       - С креплением квадратными окладами
       - С предварительным вскрытием жилы по пустой породе
    3. Магазинирование руды
    4. Разработка подъэтажными штреками
  - IV. Слоевое обрушение (мощные жилы и массы)
    1. Непрерывный горизонт
    2. Слоевое обрушение участками
    3. Слоевое обрушение блоками
    4. Наклонные слои
  - V. Системы с обрушением руды (массивные м-ния)
    1. Слоевое обрушение с частичным обрушением руды
    2. Этажное (блоковое) обрушение
       - Подсечка с основного горизонта
       - Подсечка с подъэтажных штреков
       - Обрушение в скаты
       - Обрушение в ответвляющиеся восстающие
  - VI. Комбинированные методы (массивные месторождения)
    1. Камеры с магазинированием руды и промежуточными целиками
       Выемка целиков:
       - Слоевым обрушением
       - Слоевым обрушением с частичным обрушением руды
       - Этажным обрушением
    2. Камеры с креплением квадратными окладами и закладкой.
       Выемка целиков:
       - Слоевым обрушением
       - С креплением квадратными окладами

4. В 1928 г. американским горным инженером Ч. Митке предложена классификация подземных методов разработки руд, которую автор называет классификацией современных методов очистной выемки, характеризуя си-

стему разработки способом поддержки выработанного пространства или обрушением и способом очистной выемки. Классификация Митке приведена в табл. 4. В последней, вертикальной, графе таблицы указываются районы или рудники США, где применяются системы, указанные классификацией [7, 8].

Таблица 4

Классификация современных методов разработки руд горн. инж. Ч. Митке

Подземные системы разработок	Открытые забои (Методы при твердых рудах)	Открытые забои (без столбов или других форм поддержки)	Открытые забои в месторождениях *малого* размера	Томбстон — Аризона Примеры в большинстве *горных округов*
			Забои с магазинированием в узких крутопадающих жилах и линзах	Крипль Крик — Колорадо. Ярбридж — Невада. Серебряные и оловянные рудники Боливии и др.
			Разработка подъэтажными штреками узких жил в крепкой руде и боках	Округа Гогебик и Миномини — Мичиган
		Открытые забои (со столбами или другой формой поддержки, но без закладки)	Камерно-столбовая система. Пологопадающие пласты малой мощности	Бирмингам — Алабама. Калумет и Гекла, Мичиган. Грасс Вэлли, Калифорния. Ранд — Южная Африка
			Открытый забой с оставлением столбов. Месторождения средней мощности	Свинцово-цинковые рудники шт. Миссури, Оклахома и Висконсин. Мэскотт — Тенесси
			Забои с магазинированием и оставлением промежуточных столбов. Мощные месторождения	Грэнби, Киркланд—Бр. Кол. Ст. Евлалия — Мексика. Нек. жел. р-ки Мичигана. Известняк — Калифорния и Пенсильвания. Соль — Мичиган, Алабама, Канзас
	Забои с закладкой (применяются, когда нельзя допустить обрушения поверхности или подземных выработок)	Квадратные оклады (мягкая руда и бока)	Горизонтальные слои	Бьют, Кэр д'Ален, Джером. Бисби, Модзер Лод-Калиф. Эль Оро, Мек-ка
			Наклонные слои или „рилл стопинг“	Церро Хилль—Перу, Бисби. Глоб Бьют; Бирма — Индия
			Комбинированная потолкоуступная и почвоуступная выемка (сист. Митчеля)	О-во Магма; нек. забои Об-ва Калумет и Аризона. Бисби
		Забои с закладкой (порода средней крепости)	Горизонтальный забой с закладкой	Накозари, Пачука — Мексика. Юнайтэд Вердэ, Ариз. Пэйнсдэл — Мичиган.
			„Рилл стопинг“ без крепи	Калумет и Аризона, Бисби
		Магазинирование с последующей закладкой (крепкая руда и бока)	С оставлением столбов	Хомстэйк, Южная Дакота. Нью-Джерси
			Без оставления столбов	Поркьюпайн; Ледвилль; Канаиа

Продолжение табл. 4.

Забои с обрушением	Методы с обрушением (обрушение руды и налегающих пород или только налегающей толщи)	Обрушение наклонными восстающими	Различные варианты	Инспирэйшен, Миами, Моренси — Аризона. Рут-Невада. Андэс Коппер Ко, Чили
			Подъэтажное обрушение с наклонными восстающими	Мичиган
		Комбинированные системы с магазинированием и обрушением	Магазинирование участками с обрушением кровли	Рэй, Аризона; мягкая руда
			Магазинирование камер	Брадэн; Аляска—Джюно, Рэй—твердая руда; Моренси; Крейтон-Сэдбери, Канада; Битсон — Аляска
		Прочие методы, комбинированные с обрушением	Разработка подъэтажными штреками с обрушением	Мичиган
			Слоевое и подъэтажное обрушение	
		Слоевое обрушение	Горизонтальными слоями	Этенс, шт. Мичиган.
			Наклонными слоями	Коронадо — Аризона Коппер Ко.

Классификация Ч. Митке является шагом вперед в смысле уточнения основных признаков различных систем.

5. Проф. Д. Ф. Мак Клеланд (J. F. Mc Clelland) в справочной книге Р. Пиля (2-е изд., стр. 538), учитывая сложность факторов, влияющих на выбор метода работ, предложил краткую классификацию систем разработки руд по способу поддержки выработанного пространства. Все системы подземных работ в его классификации разделяются на шесть главных групп, подразделяющихся по более детальным второстепенным признакам аналогично предыдущим классификациям. Классификация Мак Клеланда приведена в табл. 5.

Таблица 5

Классификация проф. Мак Клеланд подземных методов разработки месторождений металлических руд

I. Открытые забои.
II. Закрепленные забои.
III. Забои с закладкой.
IV. Забои с магазинированием.
V. Методы с обрушением.
VI. Комбинированные методы.

Каждый из шести названных методов разделяется в зависимости от формы и элементов залегания месторождения на группы. Так, например, метод открытого забоя (open stope) подразделяется на 1) сплошную выемку, 2) камерно-столбовую, 3) почвоуступную, включая подземную „глори-хол", 4) потолкоуступную (узкие жилы), 5) разработку камерами, 6) подъэтажные штреки. Закрепленные забои и забои с закладкой тоже имеют ряд подразделений.

6. На табл. 6 представлена классификация систем разработки, предложенная в 1928 г. горн. инж. Ч. У. Райтом и одобренная Горным Бюро США. Означенная классификация, так же как по существу и классификация Юнга, Крэйна, АИГИ, Митке и Мак Клеланда, основывается на принципе поддержки выработанного пространства.

Основными признаками системы, вообще говоря, являются состояние очистного пространства забоя и в связи с этим главная

операция по выемке. В силу этого система разработки рудного месторождения определяется главным образом факторами, обусловливающими размер площади и пролета кровли или боков месторождения, которые могут быть оставлены без поддержки во время выемки руды — иногда даже независимо от размера месторождения в целом, его конфигурации и угла падения. Последние обстоятельства определяют разновидности системы, но основным фактором, с которым при разработке руд приходится считаться, все же является поддержка очистного (выработанного) пространства. Поэтому и наиболее логичным основанием любой классификации методов разработки руд является способ поддержки кровли и боков выработанного пространства при извлечении руды [10, 11, 12].

Классификация Райта разделяет системы подземной разработки рудных месторождений на 4 основные группы: забои с естественной поддержкой, с искусственной, без поддержки выработанного пространства и комбинированные забои с поддержкой и без поддержки.

Таблица 6

Классификация систем разработки рудных месторождений Чарльза Райта

А. Подземные работы

I. Забои с естественной поддержкой:

1) Метод открытого забоя — со случайными или правильно расположенными столбами, также редкой временной крепью.

II. Забои с искусственной поддержкой:

2) Квадратные оклады или распорная крепь.
3) Разработка с закладкой, с временной крепью или без нее.
4) Магазинирование руды с оставлением или без оставления целиков.

III. Забои без поддержки выработанного пространства:

Методы с обрушением:
5) Слоевое обрушение.
6) Подъэтажное обрушение.
7) Этажное обрушение.

IV. Комбинация забоев с поддержкой и без поддержки.

8) Комбинированные методы.

В. Открытые работы

7. В табл. 7 приведена последняя классификация систем разработки рудных месторождений, принятая Горным бюро США в 1928 г. и названная классификацией методов „очистной выемки" как определяющей систему в главном (напечатана в бюллетене U. S. Bureau of Mines № 390, 1936 г., и № 419, 1939 г.). Эта система предложена в США для руководства в вопросах систем разработки руд в трудах Горного Бюро, горно-технической литературе и на производстве. Классификация Горного Бюро США является развитием классификации Ч. Райта и разделяет методы подземной разработки руд на те же четыре главных группы с более детальным их подразделением на отдельные системы. Основой классификации является принцип поддержки очистного забоя [13].

Все методы очистной выемки подземной разработки по классификации Горного Бюро разделяются по состоянию очистного забоя на три главных класса: А — забои с естественной поддержкой, В — забои с искусственной поддержкой и С — забои с обрушением. Класс А включает две группы методов разработки или четыре системы; класс В включает четыре группы (3, 4, 5 и 6) и класс С — две группы (7 и 8). Каждая группа соответствует

одной или нескольким системам в собственном смысле слова, обозначенным в рубриках под буквами латинского алфавита — a, b, c.

По простоте, ясности и единому признаку построения — способу поддержки очистного пространства, классификация, принятая Горным Бюро США, является наиболее приемлемой для рассмотрения и изучения систем разработки рудных месторождений. Достоинства классификации:

1) единый основной принцип деления систем разработки на классы;
2) краткость изложения;
3) сжатость и ясность формулировок;
4) возможность и легкость вместить в рамки классификации любую систему подземной разработки.

По содержанию классификации можно сделать следующие замечания:

1) В системах с поддержкой очистного пространства в практических целях полезно ввести подразделение метода в зависимости от направления выемки слоев в очистном забое.

2) В группе С — забои с обрушением, правильнее сначала поставить слоевое обрушение и затем, в порядке естественного развития и увеличения толщины обрушаемого слоя, — подъэтажное и блоковое обрушение.

Таблица 7

Классификация методов очистной выемки Горного Бюро США

А. Забои с естественной поддержкой

1. Методы „открытого" забоя:
   a) Открытые забои в небольших рудных телах.
   b) Подъэтажная отбойка из штреков или ортов („подъэтажные штреки").
2. Открытые забои с оставлением столбов:
   a) Разработка со случайными столбами.
   b) Камерно-столбовая выемка с регулярно расположенными столбами.

В. Забои с искусственной поддержкой

3. Магазинирование руды:
   a) С целиками.
   b) Без целиков.
   c) С последующей закладкой пустой породой.
4. Разработка (слоями) с закладкой.
5. Разработка с распорной крепью маломощных жил.
6. Разработка с креплением квадратными окладами.

С. Забои с обрушением

7. Методы с обрушением руды (руда измельчается вследствие вызванного обрушения).
   a) Блоковое обрушение; включая обрушение до основного горизонта и обрушение в скаты или пальцевые (ответвляющиеся) восстающие.
   b) Подъэтажное обрушение.
8. Слоевое обрушение (отбойка под матом, который вместе с налегающими породами последовательно садится вслед за выемкой).

Комбинированные забои с поддержкой и обрушением (магазинирование с обрушением целиков, разработка камер с закладкой и последующим слоевым обрушением междукамерных целиков и т. п.).

Предлагаемая классификация

В табл. 8 представлена классификация, рекомендуемая автором для руководства и использования в нашей рудной промышленности, названная классификацией систем разработки, а не методов очистной выемки, поскольку последняя определяет основные признаки системы.

Таблица 8

Классификация систем подземной разработки рудных месторождений

A. Методы с естественным поддержанием очистного пространства

I. Методы „открытого" очистного пространства без оставления столбов.

1) Открытые забои в небольших рудных телах.
2) Система подъэтажных штреков (подъэтажная отбойка из штреков или ортов).

II. Методы открытого очистного пространства с оставлением столбов.

3) Система сплошной выемки с нерегулярными столбами.
4) Камерно-столбовая система с регулярно расположенными столбами.

B. Методы с искусственным поддержанием очистного пространства

5) Система с магазинированием руды.

a) Без последующей закладки { 1) с целиками, 2) без целиков.
b) С последующей закладкой.
c) Сплошное магазинирование этажа.

6) Система с закладкой (разработка слоями с одновременной закладкой).

a) Горизонтальные слои { 1) без крепления, 2) с креплением.
b) Наклонные слои { 1) без крепления, 2) с креплением.
c) Вертикальные слои (прирезки).
d) Сплошная выемка (лавой) пологопадающих залежей с закладкой.
e) Раздельная выемка.

7) Система с распорной крепью (узкие и средней мощности жилы).

a) Наклонная распорная крепь.
b) Горизонтальная распорная крепь.

8) Система с креплением квадратными окладами.

a) С закладкой { 1) горизонтальные слои, 2) наклонные слои, 3) вертикальные прирезки.
b) Без закладки.

C. Методы с обрушением

9) Система слоевого обрушения (разработка последовательными слоями, сверху вниз с обрушением налегающих пород с применением „мата").
a) Заходками.
b) Лавами.
Системы с обрушением руды (руда измельчается вследствие вызванного обрушения).

10) Подъэтажное обрушение (разработка последовательными слоями сверху вниз с частичным обрушением руды).

11) Этажное или блоковое обрушение. { 1) до основного горизонта, 2) в скаты или пальцевые восстающие.

D. Комбинированные методы

Комбинация методов с поддержкой очистного пространства и методов с обрушением (большей частью при разработке мощных месторождений), например магазинирование с обрушением целиков или выемка камер с закладкой, а целиков слоевым обрушением и пр., причем каждый из них является необходимым для полной выемки рудного тела.
a) Комбинация подземных методов.
b) Комбинированная разработка подземным и открытым способом.

Предлагаемая классификация представляет в основном классификацию Горного Бюро США с некоторыми дополнениями и изменениями в соответствии с установившейся практикой разработки руд в СССР и порядком изложения систем разработки рудных месторождений в ведущих горных ВТУЗах Союза ССР. Богатый многолетний опыт в разработке руд позволил американским специалистам, с участием ряда научно-технических обществ, как Американский Институт Горных Инженеров, Американский Горный Конгресс и др., в течение ряда лет разработать классификацию систем разработок рудных месторождений, по существу вполне приемлемую для условий и нашей горнорудной практики. Введенные изменения и дополнения имеют в виду главным образом уточнение терминологии и разделение некоторых систем на отдельные группы по второстепенным признакам.

Все методы разработки по предлагаемой классификации разделяются по признаку поддержки очистного пространства на те же 3 основных класса: A — методы с естественной поддержкой очистного забоя; B — с искусственной поддержкой; C — без поддержки очистного пространства, т. е. системы с обрушением, и D — комбинированные системы, выделяемые в 4-й класс.

Методы с естественной поддержкой очистного забоя разделяются на две группы: группа I — методы так называемого „открытого" очистного пространства без крепи и без оставления столбов и группа II — методы тоже без крепи, но с оставлением столбов.

Группа методов без оставления столбов или постоянных целиков подразделяется на две системы. Первая — система открытого забоя в небольших рудных телах, где вырабатываемое пространство поддерживается лишь в силу достаточной крепости кровли и боков рудного тела, например разработки гнездовых бурых и шпатоватых железняков на Урале (каменские, синарские), также хоперские в средней полосе и т. п. По существу такой способ по своей примитивности даже не является системой в строгом смысле этого слова. Второй системой группы I методов будет известная весьма распространенная система подъэтажных штреков, часто называемая у нас, например в Кривом Роге, „стопинг" (по сокращенному английскому термину sublevel stoping). Система представляет подъэтажную отбойку из штреков или ортов в зависимости от мощности месторождения; при средней мощности, до 18—20 м, отбойка производится из штреков (Кривой Рог, Урал), при большой — из ортов, так как в этом случае месторождение разделяется на камеры и целики, располагаемые вкрест простирания (мощные залежи Кривого Рога, Дегтярки).

Методы открытого очистного пространства с оставлением столбов включают сплошную систему разработки с нерегулярно расположенными столбами (пологопадающие залежи цинково-свинцовых руд Миссури) и камерно-столбовую систему с регулярно (систематически) располагаемыми столбами, часть которых (а иногда и все) является потерянной (Джезказган, Миргалимсай). К камерно-столбовым системам можно причислить некоторые методы разработки пологопадающих рудных залежей пластового характера, например разработку длинными столбами с выемкой каждого столба лентами по восстанию, с оставлением между лентами целиков, частично или полностью погашенных, и т. п. (Джезказган, разработка богатых никелевых руд в Норильске и др.).

К методам с искусственной поддержкой очистного пространства относится прежде всего система с магазинированием руды, с тремя подразделениями — без последующей закладки, с целиками и без целиков (большинство кварцево-жильных рудников), с последующей закладкой (Хомстэйк) и сплошное магазинирование этажа блоками или панелями (Апатиты, Аляска-Джюно). Последнюю разновидность системы, обозначаемую американцами особым термином — induced caving forced caving — „вызванное обрушение", — необходимо выделить

в особую группу, так как этот способ по существу представляет комбинацию магазинирования и подъэтажного или блокового обрушения и некоторыми относится к комбинированным методам. (Вслед за выпуском всей руды из этажа поверхность над подземными работами дает осадку.)

В группе 4 класса — „Система с закладкой" — подразумевается закладка, одновременная с разработкой. Как таковая она может быть только последовательными слоями или участками. Поэтому в классификации в скобках поставлено пояснение „разработка слоями с одновременной закладкой", соответствующей английскому термину cut and fill. По направлению слоев разработка с закладкой подразделена в таблице на 3 группы — выемку горизонтальными, наклонными и вертикальными слоями; первая (a) и вторая (b), кроме того, на разработку с креплением и без крепления, в зависимости от характера кровли и боков. Четвертая в этой системе группа (d) вставлена для возможности вместить методы разработки пологопадающих пластообразных рудных залежей лавами с закладкой (из бутовых штреков).

Разработка с креплением распорной крепью, применимая лишь для узких и средней мощности жил, разделена на две группы — с наклонной крепью для узких жил и с горизонтальной крепью для жил средней мощности (в последних крепь может быть составной).

Система с креплением квадратными окладами разделена на выемку с закладкой и без закладки, а первая — на выемку горизонтальными, наклонными и вертикальными слоями. Без закладки система редко применяется.

В группе С систем с обрушением слоевое обрушение (п. 9) разделено на выемку заходками и лавами, поскольку последняя имеет принципиальные отличия и имеются случаи применения ее в нашей практике на медноколчеданных рудниках Урала.

Методы с обрушением поставлены в порядке их постепенного и логического развития — слоевое, подъэтажное и этажное.

Системы разработки рудных месторождений пластового типа входят частью в предлагаемую классификацию по табл. 8 или могут рассматриваться по схеме, изложенной в пунктах 14, 15 и 16 классификации Д. Д. Юнга для пластообразных залежей и пластов применительно к каменному углю. Для пластов с правильным залеганием рекомендуем пользоваться классификацией систем разработки пластовых месторождений по курсу акад. проф. Л. Д. Шевякова.

К классу D — комбинированных методов — относятся системы, представляющие комбинацию двух (или более) различных методов, из которых один является методом с поддержкой выработанного пространства, а другой — методом с обрушением, или методом, совершенно различным от первого. Большей частью комбинированные методы применяются при разработке мощных месторождений при разделении рудного тела на камеры и целики. Камеры при этом вынимаются, например, методом с поддержкой очистного пространства (крепление, закладка, магазинированная руда), а целики одной из систем с обрушением — слоевое, этажное, подъэтажное. Если целики вынимаются тем же способом, как и камеры, то к комбинированным системам метод в целом уже не относится, например выемка и камер, и целиков квадратными окладами с закладкой, хотя бы в различное по последовательности время. Метод же, например, рудника Хомстэйк, где камеры вынимаются с магазинированием руды, затем закладываются, а целики берутся с креплением квадратными окладами, можно принять за комбинированный, хотя американцы часто относят его к системе с магазинированием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Трушков. Разработка рудных месторождений. Ч. III. Очистная выемка. Кубуч, Л., 1929.
2. G. J. Young. Classification of Mining Methods. Eng. Min. J. July 1916, Vol. 102, № 4, p. 175.

3. F. W. Sperr. Methods of Underground Metal Mining. Eng. Min. J., Vol. 103, № 14.
4. W. R. Crane. Ore Mining Methods. N. Y. 2-nd Ed. 1928.
5. В. Р. Крэйн. Методы разработки руд. Пер. с англ. под ред. проф. Н. И. Трушкова. ГНТИ, 1931, стр. 9.
6. Trans. of the A. J. M. M. E., vol. 72, 1925, p. 10.
7. C. A. Mitke. Mining Methods. N. J, 1930, p. 23—25.
8. Eng. Min. J. Vol. 124, 1927, Sept. 10p. 407.
9. R. Peele. Mining Engineers Handbook. 2-nd Edition, N. J. 1927, p. 537, 538.
10. C. W. Wright. Mining Methods and Costs at Metal Mines of the U. S.; J. C. 6503, U. S. B. of M. June 1931.
11. Ч. Райт. Сравнительное описание систем разработок и т.-экон. показатели их на реках США. ЦМИ, 1932. Пер. Р. Э. Джермен.
12. В. И. Грудев. Классификация систем разработки рудных месторождений. Горн. Журн., 1934., p. 11—24.
13. C. F. Jackson и E. D. Gardner. Stoping Methods an Costs Bull. 390 и 419. U. S. Bureau of Mines, 1936, p. 4.

Выводы

Вследствие различия не только в собственно методах и их деталях, но и в принципах разработки рудных и каменноугольных месторождений, автор считает целесообразным составление отдельной классификации разработки рудных месторождений. Наиболее приемлемым основным принципом классификации методов разработки руд является метод поддержки выработанного пространства в связи со способом очистной выемки, на котором основывается большинство разработанных классификаций. Автор предлагает для наших условий классификацию систем разработки рудных месторождений, разработанную Горным Бюро США с небольшими дополнениями и изменениями в соответствии с установившейся практикой разработки руд в СССР и порядком изложения систем разработки рудных месторождений в ведущих горных ВТУЗах Союза. Предложенная классификация рассмотрена Техническим советом Наркомцветмета и рекомендована, с некоторыми дополнениями, во всей горной, геологической и маркшейдерской документации, в технической отчетности, в проектных и научно-исследовательских работах, а также в учебных пособиях и при изложении горных дисциплин (НКЦМ, № Ф. 1536, 27/VII 1944 г.).

Summary

The author declares this as a most expedient an independent classification of stoping methods for ore mining. The best classifications of mining methods are based upon methods of support. The author proposes a classification of ore mining methods adopted by the Mining Division of the Bureau of Mines U. S. A. with a few changes and complements in accordance with our mining practice and order for describing methods in leading Russian mining shools.