

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ И СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

А. И. Арсентьев

Два способа разработки месторождений полезных ископаемых — подземный и открытый (наземный) — постоянно совершенствуются и конкурируют между собой. В последнее время появляется тенденция обособления третьего способа разработки — подводного. С начала XX в. наибольшее развитие получил открытый способ разработки, и в последующие десятилетия область его применения будет непрерывно расширяться. В связи с этим усовершенствованы как теория, так и практика открытых работ и все настоятельнее требуются наиболее полные и точные классификации тех методов, которые созданы для наземной разработки месторождений. В статье делается попытка усовершенствовать классификации способов вскрытия и систем разработки на основе использования всего, на наш взгляд, наиболее ценного, что дано другими исследователями, и некоторых предложений автора.

Горные работы по формированию карьерного пространства можно разделить на два вида: 1) вскрытие месторождения; 2) создание рабочих зоны карьера для производства вскрышных и добычных работ, т. е. системы разработки.

Способы вскрытия. Под вскрытием месторождения понимается проведение горных выработок или сооружение подходов, открывающих транспортный доступ от поверхности земли (от промышленной площадки карьера) к месторождению или ст какой-либо одной (разрабатываемой) его части к другой (неразработанной) и обеспечивающих возможность подготовки фронта работ.

Над созданием научных классификаций способов вскрытия работали и работают многие ученые. Не останавливаясь на анализе всех классификаций, отметим, что большинство их не было всеобъемлющими и относилось только к одной из областей открытых работ.

Основным признаком классификации известных способов вскрытия П. Э. Зурков предложил считать наличие и тип вскрывающих выработок [4, стр. 46]. Если воспользоваться этим признаком, то можно выделить вскрытие: 1) наземными выработками (Н); 2) при помощи земляных сооружений (С); 3) подземными выработками (П); 4) комбинированное (К).

В качестве дополнительного признака траншейных способов вскрытия принимается взаимное расположение траншей.

Нельзя признать удачным термин «капитальные» траншеи [6, 9]. Лучше слово «капитальный» связывать с капиталовложениями, а многие въездные траншеи (и стационарные, и временные) финансируются

за счет эксплуатационных затрат. Нецелесообразно также применение терминов «групповые» и «общие» траншеи, так как это создает неопределенность и трудность точного различия. В обоих случаях мы имеем дело с системой траншей и нет необходимости вводить какие-либо другие термины. Вместо введенного В. В. Ржевским термина «скользящие» съезды [6, стр. 35] мы предлагаем пользоваться более общим и точным термином *временные съезды*, поскольку скользящие съезды являются одной из разновидностей временных. Термин «спиральные» траншеи предлагается заменить более широким — *поступательные* траншеи. Все способы вскрытия различаются также по месту заложения выработок относительно контуров карьера, их стационарности, характеру движения транспортных средств [6, стр. 36].

В предлагаемой классификации способов вскрытия (табл. 1) главное внимание уделено признаку, по которому формируется название способа вскрытия. Дополнительные признаки привлекаются по мере необходимости. Примеры названий способов вскрытия: 1) временными тупиковыми траншеями; 2) внешними поступательными полутраншеями; 3) штольней и внешним рудоспуском; 4) отдельными внутренними траншеями.

Таблица 1

Классификация способов вскрытия карьерных полей

Виды вскрытия	Способы вскрытия	Дополнительные признаки
Наземными горными выработками (Н)	Отдельными траншеями (полутраншеями) Системой поступательных (спиральных) траншей (полутраншей) Системой тупиковых (петлевых) траншей (полутраншей) Котлованами Комбинацией наземных горных выработок	Внешние
При помощи земляных сооружений (С)	Плотинами Перемычками Насыпями Каналами Комбинацией земляных сооружений	Внутренние Постоянные Временные
Подземными горными выработками (П)	Штольнями и рудоспусками Штольнями (туннелями) Вертикальными шахтными стволами Наклонными шахтными стволами Комбинацией подземных горных выработок	
Комбинированное (К)	Комбинацией наземных, подземных горных выработок и земляных сооружений	

Системы разработки. Есть множество определений термина «система разработки» [8]. Укажем только наиболее типичные, на наш взгляд, и получившие широкое распространение.

У А. П. Зотова «системы разработок различаются по направлению подвигания забоев и по взаимному расположению главных откаточных и разрезных траншей» [3, стр. 112]. Развивая это определение, П. Э. Зур-

ков называет системой разработки «определенный порядок образования карьерного пространства в целях безопасной и экономичной добычи полезного ископаемого, обеспечивающий своевременную подготовку горизонтов и соразмерное развитие вскрышных и добычных работ в карьере» [4, стр. 386]. Похожие определения дают Г. П. Егурнов, М. Г. Новожилов, С. М. Шорохов и др.

Под системой разработки Е. Ф. Шешко понимает «безопасные и экономичные способы осуществления определенного комплекса вскрышных, добычных и других горных работ, обеспечивающие плановую производительность карьера при рациональном использовании запасов месторождения» [9].

Несколько видоизменил это определение В. В. Ржевский. У него «под системой открытых горных разработок понимается определенный порядок выполнения подготовительных, вскрышных и добычных работ, обеспечивающий для данного месторождения безопасную, экономичную и наиболее полную выемку кондиционных запасов полезного ископаемого» [6, стр. 19].

Система разработки, в исторически сложившемся виде, должна характеризовать развитие в карьере подготовительных и очистных работ. К подготовительным относятся работы по проходке разрезных траншей и котлованов, а также вскрышные работы; к очистным — добычные работы. Как вскрышные, так и добычные работы характеризуются двумя основными особенностями: типом и размерами применяемого технологического оборудования и характером продвижения забоев и фронта работ. Первая особенность определяет методы механизации выемки и доставки пород. С развитием техники и появлением новых машин и механизмов методы выемки и доставки претерпевают значительные изменения. Вторая особенность определяет систему разработки, характер развития горных работ в карьере. Конструктивные элементы систем разработки зависят от вида применяемого оборудования и, в свою очередь, влияют на эффективность работы оборудования. В отличие от способов выемки и доставки, системы разработки меньше подвержены изменениям во времени и с появлением новых машин только несколько видоизменяются, приобретая ряд особенностей. Следовательно, системы разработки и способы выемки и доставки (схемы механизации) являются двумя сторонами одного производственного процесса, взаимно дополняющими друг друга.

В определение термина «система разработки» нет оснований вводить условия безопасности, экономичности, полноты выемки. Это не признаки системы разработки, а признаки удачного или неудачного ее применения в данных условиях.

Начиная с 1950 г. мы занимались проблемами классификации систем разработки [2]. Но предложенные тогда нами определения, основанные на идеях А. П. Зотова, также нельзя признать удачными. Попытка дать наиболее общее определение предпринята в 1966 г. Г. В. Секисовым. Он считает, что «под системой открытой разработки следует понимать определенный технологический порядок производства вскрышных и добычных (эксплуатационных) работ в карьере при заданном типе основного горного оборудования» [8]. Это также недостаточно четкое и слишком общее определение.

Если признать, что система разработки отражает принятые решения по развитию рабочей зоны карьера, типу забоев, направлению их перемещения, взаимосвязи рабочих уступов, то более точным, на наш взгляд, является следующее предлагаемое нами определение. Система разработки — это порядок формирования рабочей зоны карьера в пространстве и времени, характеризующийся соразмерным развитием гор-

ных работ на уступах, конструкцией забоев и направлением их продвижения.

Предложено довольно много различных классификаций систем разработки. Наибольшее развитие получили два типа классификаций: 1) за основу взято направление подвигания забоев и конфигурация фронта работ (А. П. Зотов, С. М. Шорохов, А. И. Арсентьев, В. В. Ржевский и др.); 2) за основу взят способ производства вскрышных работ и механизация выемки и доставки пород (Е. Н. Барбот де-Марни, Е. Ф. Шешко, Н. В. Мельников, П. Э. Зурков, М. Г. Новожилов и др.).

До последнего времени наибольшее значение имели классификации А. П. Зотова, Е. Ф. Шешко и Н. В. Мельникова [5]. В 1968 г. выступил с новой классификацией В. В. Ржевский [7], которую он ввел в учебник [6]. Он предложил все системы разработки разделить на две группы: с постоянной (группа Г) и с переменной (группа К) рабочей зоной. Первая группа охватывает разработку горизонтальных и пологопадающих месторождений, вторая — наклонных и крутопадающих.

Подобное разделение, безусловно, целесообразно, хотя название нельзя признать удачным. Рабочая зона карьера во всех случаях перемещается в пределах карьерного поля и изменяет свою форму и размеры, а поэтому нельзя ее делить на «постоянную» и «переменную».

Внутри каждой группы системы разработки различаются по направлению перемещения фронта (однобортового или двухбортового) относительно длинной оси карьерного поля. Различаются системы разработки: продольные, поперечные, веерные и кольцевые. Изучение чертежей и таблицы [6, стр. 24, рис. 116, стр. 250] показывает, что названия «продольная» и «поперечная» В. В. Ржевский фактически относит не к направлению перемещения фронта вскрышных и добычных работ, как он пишет в обосновании [6, стр. 2], а к направлению перемещения забоев экскаваторов, как это предлагалось А. П. Зотовым. Термин «веерная» применяется уже к направлению перемещения фронта.

В 1966 г. Г. В. Секисов предложил различать системы развития горных работ: с продольным, поперечным, диагональным, веерным и комбинированным перемещением фронта работ [8, стр. 131]. Кроме этого, им выделяется одностороннее, двустороннее и кольцевое развитие горных работ. В классификации А. П. Зотова рассматривалось направление перемещения забоев, а не фронтов работ. По этому признаку он различал: параллельное, веерообразное подвигание забоев. Форма фронта характеризовалась так: Т-образная, Г-образная и П-образная [3, стр. 112].

В нашем предложении также рассматривалось перемещение выемочных машин и забоев [2]. Выделено два вида забоев: заходка и лента. Различались продольные, поперечные и радиальные заходки (работа одноковшевых экскаваторов, драг, гидромониторов); продольные, поперечные и веерные ленты (работа тракторных скреперов, бульдозеров, многоковшевых экскаваторов). Кроме этого, различалась работа параллельными и радиальными ходами (работа бульдозеров и скреперов на горизонтальных участках). Анализируя снова этот вопрос, мы приходим к выводу, что указание на перемещение забоя более конкретно и наглядно, чем на перемещение фронта работ.

Следующим признаком систем В. В. Ржевский считает направление выемки по вертикали. Здесь различаются выемка слоями: горизонтальными, наклонными, крутыми. Если работа горизонтальными и слабонаклонными уступами действительно реально существует, то работа крутыми слоями нам неизвестна. То, что В. В. Ржевский понимает под «крутыми» слоями [4, стр. 21], является на самом деле работой горизонтальными слоями при малой ширине рабочих площадок.

В целом классификация В. В. Ржевского безусловно является шагом вперед в развитии теории открытых горных работ, хотя она и имеет целый ряд недостатков.

Нами сделана попытка составить классификацию систем разработки, в которой, наряду с нашими предложениями, были бы учтены наиболее интересные идеи предыдущих исследователей. В частности, использованы отдельные предложения А. П. Зотова, Е. Ф. Шешко, П. Э. Зуркова, Н. В. Мельникова, Г. В. Секисова и В. В. Ржевского.

По общему характеру развития горных работ все системы разработки (с учетом предложений П. Э. Зуркова и В. В. Ржевского) делятся на две группы: 1) при разработке неглубоко залегающих горизонтальных и пологопадающих залежей рабочая зона развивается в горизонтальном направлении и работы ведутся *без углубки* карьера; 2) при разработке крутопадающих и мощных пологопадающих залежей работы развиваются как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, т. е. осуществляется *углубка* карьера (табл. 2).

Таблица 2

Классификация систем разработки

Уступы	Отработка уступа	Направление перемещения забоя	Направление перемещения фронта работ	Место и характер отвалообразования	Состояние забоя
С углубкой карьера					
Горизонтальные Наклонные Комбинация горизонтальных и наклонных	Заходками Тонкими крутыми слоями Тонкими пологими слоями	Заходками (ходами) продольными поперечными диагональными радиальными круговыми комбинированными	Одностороннее от лежащего борта от висячего борта от торца карьера Двустороннее от лежащего бока от висячего бока от середины залежи от середины залежи к торцам Многостороннее	Внутренние отвалы Внешние отвалы	Сухой Затопленный
Без углубки карьера					
Горизонтальные Наклонные Комбинация горизонтальных и наклонных	Заходками Тонкими крутыми слоями Тонкими пологими слоями Тонкими горизонтальными слоями	Заходками (ходами) продольными поперечными диагональными радиальными круговыми комбинированными	Одностороннее параллельное веерное Двустороннее параллельное веерное Многостороннее По восстанию По падению	Внутренние отвалы непосредственная перевалка переземка консольные отвалообразователи транспортно-отвальный мост продольное перемещение пород Внешние отвалы	Сухой Затопленный

Далее, все системы разработки характеризуются формой забоя и направлением перемещения выемочного оборудования по отношению к элементам залегания залежи или длинной стороне карьерного поля. Различаются: продольные, поперечные, диагональные, круговые, комбинированные заходки и ходы. Заходками работают экскаваторы, гидромониторы и другие машины; ходами — бульдозеры, скреперы и т. д.

По месту и характеру отвалообразования различают применение внутреннего и внешнего отвалообразования. Учитывается также направление перемещения пород в отвалы. В этой части использованы классификации Е. Ф. Шешко и Н. В. Мельникова.

По направлению перемещения фронта работ (с учетом предложений Г. В. Секисова) различают перемещения: одностороннее, двустороннее, многостороннее, по восстанию, по падению.

Внутри признака уточняется исходное положение и характер перемещения фронта: параллельное, веерное, от лежачего борта и т. д.

И наконец, учитывается состояние забоя, осушенное или, наоборот, затопленное, когда породы вынимаются из-под воды.

В последнее время возрос интерес к месторождениям, залегающим на дне озер, морей и океанов. При небольшой глубине залегания (до 20—50 м) методы выемки типичны для открытого (наземного) способа разработки. С увеличением глубины появляется необходимость в создании особых методов выемки и можно говорить о развитии третьего, подводного способа разработки. Имеются уже предложения о классификации методов подводной разработки [1]. Мы рассматриваем только случаи неглубокого залегания месторождений под водой.

Итак, можно предложить следующие названия систем разработки, которые определяются основными ее признаками: 1) безуглубочная система разработки продольными заходками с непосредственной перевалкой пород во внутренние отвалы и односторонним параллельным развитием работ; 2) безуглубочная система разработки поперечными заходками в затопленном забое с развитием работ по восстанию; 3) безуглубочная система разработки радиальными ходами с развитием работ по падению; 4) углубочная система разработки продольными заходками с развитием работ от лежачего борта карьера; 5) углубочная система разработки поперечными заходками с двусторонним развитием работ от середины залежи.

Элементы и параметры систем разработки. В горной литературе нет полной ясности в вопросе элементов и параметров систем разработки. Мы предлагаем считать:

1) элементами системы разработки: рабочие уступы, заходки (ходы), рабочие площадки, разрезные траншеи, подготовительные котлованы, внутренние отвалы;

2) параметрами системы разработки: высоту рабочих уступов, угол откоса рабочих уступов, ширину заходов, ширину рабочих площадок, угол откоса рабочего борта, длину фронта работ на одну погрузочную машину (длина экскаваторных блоков), длину рудного, породного и общего фронтов, количество рабочих уступов;

3) основными показателями системы разработки: скорость подвигания забоев (м/мес), скорость подвигания рабочих уступов (м/год), скорость углубки карьера (м/год), скорость понижения добычных работ (м/год), производительность с единицы длины рудного, породного и общего фронтов в единицу времени ($\text{м}^3/\text{м}\cdot\text{год}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аленькин Я. Д., Масалова Т. В. Классификация комбинированной разработки. В сб. «Некоторые вопросы разработки месторождений в устойчивых контурах». Тр. Магнитогорск. ГМИ, вып. 55, 1970.
2. Арсентьев А. И. Классификация систем и методов открытой разработки россыпей. Тр. Криворожск. ГРИ, вып. 4, 1954.
3. Зотов А. П. Разработка полезных ископаемых открытыми работами. Ч. I. Госгориздат, 1932.
4. Зурков П. Э. Разработка рудных месторождений открытым способом. Metallurgizdat, 1953.
5. Мельников Н. В. Краткий справочник по открытым горным работам. 2-е изд. Недра, 1968.
6. Ржевский В. В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Недра, 1968.
7. Ржевский В. В. Принципы классификации систем разработок и структур комплексной механизации на карьерах. Горн. журн., 1968, № 2.
8. Секисов Г. В. Способы и системы открытой разработки месторождений. «Илим», Фрунзе, 1966.
9. Шешко Е. Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. 2-е изд. Углетехиздат, 1951.