

УДК 622.271

**Б.Р. Ракишев**

## **УПОРЯДОЧЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОНЯТИЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ В.В. РЖЕВСКОГО**

*Даны определения основных понятий геотехнологии: «разработка месторождений полезных ископаемых», «разработка полезных ископаемых», «вскрытие месторождений полезных ископаемых». Обосновано понятие «система открытой разработки полезных ископаемых». Приведена новая классификация систем открытой разработки.*

*Ключевые слова: разработка месторождений полезных ископаемых, разработка полезных ископаемых, вскрытие месторождения, классификация систем открытой разработки полезных ископаемых.*

**К** основным понятиям геотехнологии [1] относятся: «разработка месторождений полезных ископаемых», «разработка месторождения», «вскрытие месторождения», «система разработки месторождения», «технология горных работ» и др.

Согласно [2] «разработка месторождений полезных ископаемых – комплекс взаимосвязанных процессов горного производства по извлечению полезных ископаемых из недр Земли. Выделяются четыре основных способа разработки месторождения полезных ископаемых: шахтный – с помощью системы подземных горных выработок; карьерный, или открытый – с помощью системы открытых горных выработок; скважинный – с помощью системы эксплуатационных буровых скважин; морской, связанный с работами ниже уровня моря».

По акад. Л.Д. Шевякову «разработкой месторождения называется совокупность работ по вскрытию, подготовке и очистной выемке, осуществляемых в определенной последовательности».

«Вскрытием месторождения полезного ископаемого называется проходка выработок, открывающих доступ от земной поверхности к месторождению или его части, обеспечивающая возможность проведения главных (иначе этажных) штреков» [3].

Согласно проф. Е.Ф.Шешко «проведение капитальных траншей, открывающих доступ от поверхности земли к месторождению или от какой-либо разрабатываемой его части к другой, неразработанной части, и обеспечивающих возможность проведения разрезных траншей, представляет вскрытие месторождения» [4].

Как видно из приведенных определений, в работе [2] речь идет о разработке собственно полезных ископаемых, хотя такое понятие формально не оформлено, а в работе [3] – о разработке месторождения полезных ископаемых в целом. Эти понятия совершенно разные, несмотря на то, что многими специалистами они воспринимаются как синонимы. На самом деле понятие «разработка месторождений полезных ископаемых»

более высокого иерархического уровня, так как оно включает в свой состав еще работы по вскрытию месторождения [3]. В понятии «разработка полезных ископаемых» эта составляющая отсутствует.

О фактическом существовании понятия «разработка полезных ископаемых» свидетельствуют широко распространенные термины «разработка мощных залежей», «разработка сближенных пластов», «разработка крутопадающих жил», которые могут быть объединены в общее понятие «разработка полезных ископаемых».

Для выявления взаимосвязей между рассматриваемыми понятиями геотехнологии разработку месторождения полезных ископаемых рассмотрим как систему, состоящую из четырех элементов: «подготовка месторождения к работе», «вскрытие месторождения», «разработка полезных ископаемых» и «использование выработанного пространства и отходов производства» (рис.1). В целях исключения дублирования в названиях термин «разработка месторождения полезных ископаемых» заменен его иностранным эквивалентом «эксплуатация месторождения полезных ископаемых». Упомянутые элементы изучаемой системы функционально взаимосвязаны. Их суть раскрывают нижеприведенные определения, сформулированные автором на основе творческого переосмысления идей и подходов корифеев советской горной науки – академиков Л.Д. Шевякова [3], Н.В. Мельникова [6], В.В. Ржевского [5], М.И. Агошкова [7], О.А. Байконурова [8], К.Н. Трубецкого [9], профессоров Е.Ф. Шешко [4], А.И. Арсентьева [10] и др.

Эксплуатация месторождения полезных ископаемых – это освоение месторождения посредством подго-

товки его к разработке, вскрытия, извлечения горных пород из недр Земли различными способами (открытым, подземным, скважинным, подводным и комбинированным) и использования выработанного пространства и отходов производства.

Подготовка месторождения полезных ископаемых к работе – это выполнение комплекса работ по очистке поверхности от естественных, искусственных преград и осушению карьерного (шахтного) поля.

Вскрытие месторождения полезных ископаемых – это обеспечение доступа от поверхности Земли к различным участкам месторождения посредством проходки капитальных горных выработок, создающих возможность проведения подготовительных выработок. При открытом способе разработки к капитальным выработкам относятся вскрывающие наклонные траншеи, подземные выработки и т.д., а к подготовительным – разрезные траншеи, котлованы.

Разработка полезных ископаемых – это извлечение горных пород (полезного ископаемого, включая нефть, газ, воды) из недр Земли различными способами (открытым, подземным, скважинным, подводным и комбинированным) после вскрытия месторождения. При открытом способе разработки оно осуществляется проведением разрезных траншей (котлованов) из уже пройденных капитальных выработок и удалением вскрышных пород и выемкой полезного ископаемого.

Открытая разработка полезных ископаемых – это извлечение горных пород из недр Земли некоторой заданной совокупностью подготовительных, вскрышных и добычных выработок, проведенных в карьерном поле.

Четвертая составляющая «эксплуатации месторождения» - «использова-



**Рис. 1. Структура системы «эксплуатация месторождения полезных ископаемых»**

ние выработанного пространства и отходов производства» не требует определения ввиду ясности и четкости поставленных целей.

Если при подземной, скважинной и подводной разработке из недр Земли извлекаются в основном собственно полезные ископаемые, то при открытой разработке в достаточном объеме извлекаются еще вскрышные породы, естественно связанные с первыми и относящиеся к ним.

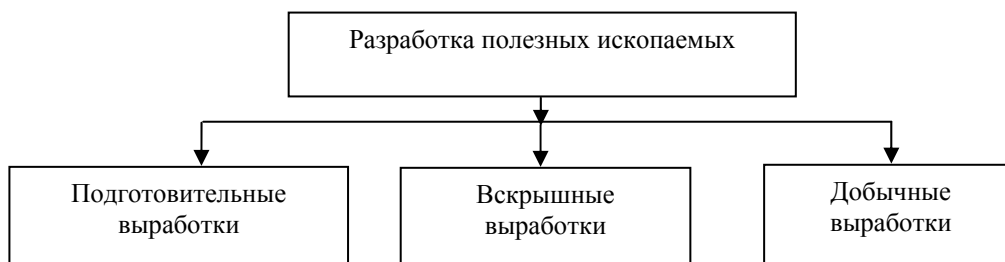
«Разработка полезных ископаемых» является главным, определяющим элементом системы «эксплуатация месторождения полезных ископаемых», так как он преследует конечную цель производства – получение нужной для общества продукции необходимого количества и качества. Все остальные элементы взаимодействуя с упомянутым, обслуживают его (см. рис. 1).

В свою очередь «разработка полезных ископаемых» может рассматриваться как самостоятельная система следующего нижнего уровня. Это допускает понятие «системы». Как известно, «система (от греческого *systema* - целое, составленное из частей; соединение) – множество (совокупность) элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство. Поскольку понятие системы имеет чрезвычайно широкую область применения (практи-

чески каждый объект может быть рассмотрен как система), постольку его достаточно полное понимание предполагает построение семейства соответствующих определений – как содержательных, так и формальных. Лишь в рамках такого семейства определений удастся выразить основные системные принципы: целостности, структурности, взаимозависимости системы и среды, иерархичности, множественности описания каждой системы и др.» [12].

На практике вследствие необоснованного принятия в качестве определяющих признаков различных характеристик, несоответствующих номенклатуре составляющих элементов понятие «система разработки полезных ископаемых» трактуется по разному.

Так, акад. Л.Д. Шевяков отмечает, что до начала очистных работ в том или другом месте шахтного поля необходимо проводить к этим местам подготовительные выработки из уже проведенных для вскрытия месторождения капитальных выработок. «Подготовительные работы определенным образом должны предшествовать очистным работам и сочетаться с ними. Такой определенный порядок проведения подготовительных и очистных выработок, увязанный в пространстве и времени называется системой разработки месторождения (или его части)» [3].



**Рис. 2. Структура системы «разработка полезных ископаемых»**

Проф. Е.Ф. Шешко «под системой разработки месторождения понимает безопасные и экономичные способы осуществления определенного комплекса вскрышных, траншейных и добычных работ, обеспечивающие плановую разработку карьерного поля» [4].

По акад. В.В. Ржевскому «под системой разработки месторождения понимается порядок и последовательность выполнения открытых горных работ в пределах карьерного поля или его участка. В общем случае горные работы включают добычные, вскрышные и горно-подготовительные работы» [5].

Акад. Н.В. Мельников отмечает, что «система разработки определяется порядком ведения подготовительных и очистных работ или способом перемещения пустых пород в отвалы и типом применяемого горнотранспортного оборудования» [6].

Приведенные определения понятия «система разработки» показывают, что они имеют различное смысловое оформление, которое не соответствует общепринятому понятию «система». Принимая во внимание это, и опираясь на сформулированное выше определение открытой разработки полезных ископаемых и общепринятое понятие «система», можно дать следующее аргументированное определение системы открытой разработки [11].

Система открытой разработки полезных ископаемых – это совокупность взаимозависимых и взаимосвя-

занных между собой подготовительных, вскрышных и добычных выработок в карьерном поле, предназначенных для извлечения полезных ископаемых из недр Земли (рис. 2).

Указанные выработки, т.е. разрезные траншеи (котлованы), вскрышные и добычные уступы, находятся в постоянном движении пока не достигнут своего предельного (или промежуточного) положения, предусмотренного проектом разработки месторождения. Следовательно, и система разработки является подвижным, динамичным объектом карьера.

В определении системы разработки нет необходимости указывать порядок и последовательность проведения горных выработок в пространстве и времени, так как они автоматически предусматриваются взаимозависимостью элементов друг от друга.

Исключение из определения системы разработки выражения «порядок и последовательность выполнения горных работ», которое обычно ассоциируется с технологией горных работ, способствует разграничению понятий «система разработки» и «технология горных работ». Поскольку подготовительные, вскрышные и добычные выработки являются оболочкой горных работ, а последние осуществляются посредством горных технологий, то становится очевидной грань между системой разработки и технологией горных работ.

Для предлагаемой системы разработки, как и для любой системы в общепринятом смысле, присущи организация, структура, связи и функции.

Организация, как известно, выражает комплекс свойств, характеризующих определенную упорядоченность элементов в системе и их взаимодействие. Например, подготовительные выработки предшествуют очистным и они не могут располагаться в карьерном поле произвольно. Они размещаются по определенным правилам и нормативам, вследствие чего обеспечивается нормальное функционирование системы. Любой организации присуща иерархия уровней. В рассматриваемом случае система - эта «система разработки полезных ископаемых», а ее элементы: подготовительные и очистные выработки, т.е. разрезные траншеи (котлованы) и рабочие уступы.

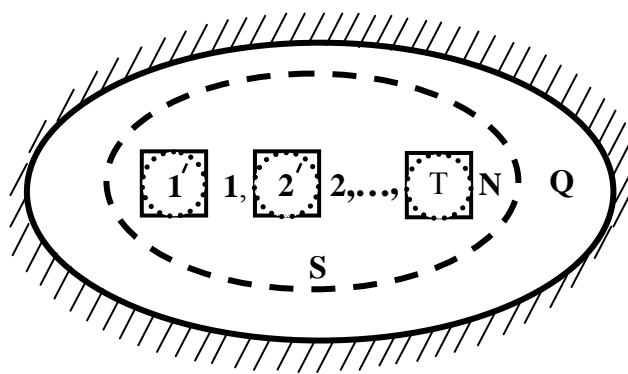
Под структурой понимается совокупность элементов и способов их объединения в единое целое (это механическая связь между элементами). В системе разработки полезных ископаемых в таком качестве выступают рабочие площадки. На всех рабочих уступах их размеры должны быть не меньше некоторого их минимального значения, необходимого для обеспечения нормального функционирования системы.

Под термином связь в широком смысле понимается то, что объединяет отдельные элементы в систему. Связи многообразны по своим формам, значению, содержанию. Обычно выделяют энергетические, информационные и вещественные связи. В нашем случае отдельные элементы (рабочие уступы) в систему разработки полезных ис-

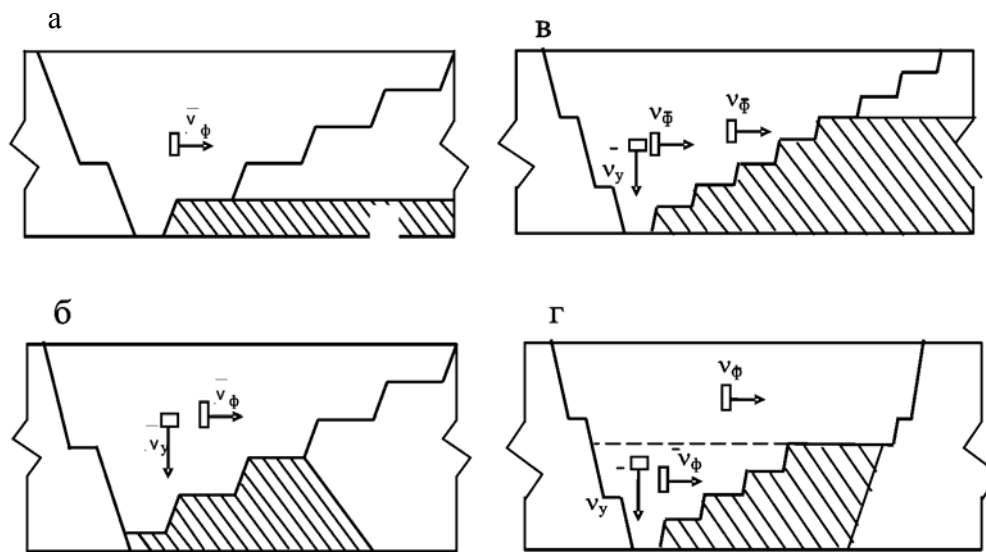
копаемых объединяет вещественная связь, т.е. требуемый объем горной массы заданного качества, извлекаемый из каждого рабочего горизонта (уступа). Эта связь является гибкой и изменяющейся в процессе функционирования системы.

Всякая система выполняет некоторые функции – просто существует, служит областью обитания другой системы, обслуживает систему более высокого уровня и т.д. Система разработки полезных ископаемых призвана обеспечить устойчивое извлечение горных пород заданного объема и требуемого качества из недр Земли за определенный промежуток времени. Она обслуживает систему более высокого уровня «эксплуатация месторождения полезных ископаемых» и одновременно служит областью обитания другой системы «технология горных работ».

Система разработки полезных ископаемых, как любая система может быть представлена структурной моделью, которая отображает только строение, устройство системы и взаимное расположение элементов в пространстве. На модели, представленной на рис. 3, элементы (рабочие уступы) 1, 2,...,N образуют систему разработки S, входящую как со-



**Рис. 3. Структурная модель системы «разработка полезных ископаемых»**



**Рис. 4. Системы открытой разработки:** а – сплошная; б – углубочная; в, г – комбинированная

ставная часть в окружающую среду (карьерное поле)  $Q$ . В системе  $S$  обитает другая система «технология горных работ» с элементами  $1, 2, \dots, T$ .

Таким образом, в предлагаемой формулировке системы открытой разработки полезных ископаемых полностью раскрывается суть изучаемого понятия открытых горных работ, соблюдаются все основные системные принципы: целостности, иерархичности, структурности, взаимозависимости элементов системы. Следовательно, данное определение находится в полном соответствии с общепринятым понятием «система».

Классификация систем открытой разработки полезных ископаемых должна базироваться на учете приведенных выше свойств. В качестве определяющего признака может быть принято направление подвигания горных работ, положенное В.В. Ржевским в основу классификации систем открытой разработки (см. табл. 1).

Согласно [5] при разработке горизонтальных и пологих залежей мощностью до 50 м по окончании горноподготовительных работ создается первичный фронт вскрышных и добычных работ карьера. В период эксплуатации месторождения откосы рабочих уступов практически постоянной высоты совершают плоскопараллельное или веерное движение относительно их первоначального положения. Такая совокупность вскрышных и добычных выработок образует *сплошную систему разработки* (рис. 4, а).

При разработке наклонных, крутых, а также мощных пологопадающих залежей подготовительные выработки проводятся как в период строительства, так и в период эксплуатации карьера. С вскрытием новых горизонтов появляются новые уступы в рабочей зоне. Откосы рабочих уступов в этом случае также перемещаются в горизонтальном направлении.

Таблица 1

**Классификация систем открытой разработки по В.В. Ржевскому**

Индекс группы	Группа систем	Индекс под-группы	Подгруппа	Индекс системы	Система разработки
С	Сплошные	СД	Сплошные продольные	СДО СДД	Сплошная продольная од- нобортовая То же, двухбортовая
		СП	Сплошные поперечные	СПО СПД	Сплошная поперечная од- нобортовая То же, двухбортовая
		СВ	Сплошные веерные	СВЦ СВР	Сплошная веерная цен- тральная То же, рассредоточенная
		СК	Сплошные кольцевые	СКЦ СКП	Сплошная кольцевая цен- тральная То же, периферийная
У	Углубочные	УД	Углубочные продольные	УДО УДД	Углубочная продольная однобортовая То же, двухбортовая
		УП	Углубочные поперечные	УПО УПД	Углубочная поперечная однобортовая То же, двухбортовая
		УВ	Углубочные веерные	УВР	Углубочная веерная рас- средоточенная
		УК	Углубочные кольцевые	УКЦ	Углубочная кольцевая центральная
УС	Смешанные (углубочно-сплошные)	-	То же, в различных сочетаниях		

*Примечание.* К наименованию системы добавляется: «с внешними или внутренними отвалами».

Данная совокупность взаимосвязанных между собой подготовительных, вскрышных и добычных выработок представляет *углубочную систему разработки* (рис. 4, б).

При разработке сложных по топографическим и горно-геологическим условиям месторождений в пределах одного карьерного поля в разные периоды эксплуатации могут найти применение обе разновидности рассматриваемых совокупностей горных выработок. Например, некоторая часть полезного ископаемого может извлекаться углубочной, остальная часть - сплошной системой разработки (рис.4в); или верхняя часть –

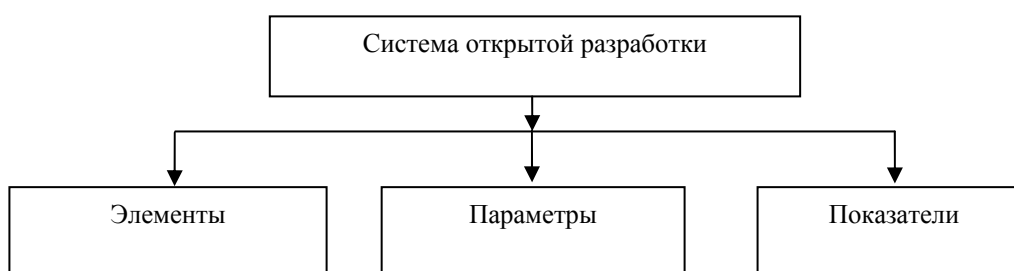
сплошной, а нижняя часть – углубочной системой разработки (рис.4г). В целом эксплуатация месторождения в данном случае осуществляется комбинацией сплошной и углубочной систем, т.е. *комбинированной системой разработки*.

Таким образом, по горно-геологическим условиям залегания полезных ископаемых и общему характеру перемещения заданной совокупности подготовительных, вскрышных и добычных выработок в карьерном поле можно выделить только три системы открытой разработки: *сплошную, углубочную и комбинированную*. Эти системы по направлению подвигания

Таблица 2

**Новая классификация систем открытой разработки**

Системы разработки	Подсистемы разработки
Сплошная	Сплошная продольная однобортовая или двухбортовая Сплошная поперечная однобортовая или двухбортовая Сплошная веерная центральная или рассредоточенная Сплошная кольцевая центральная или периферийная
Углубочная	Углубочная продольная однобортовая или двухбортовая Углубочная поперечная однобортовая или двухбортовая Углубочная веерная рассредоточенная Углубочная кольцевая центральная
Комбинированная	То же, в различных сочетаниях

**Рис. 5. Характеристики системы открытой разработки**

фронта рабочих уступов относительно осей и контура карьерного поля в соответствии с классификацией акад. В.В.Ржевского могут далее подразделяться на подсистемы: продольные, поперечные, веерные, кольцевые, дополнительно еще на однобортовые, двухбортовые и т.д.

На основе изложенной концепции предложена новая классификация систем открытой разработки полезных ископаемых (табл.2), которая по форме и структуре выгодно отличается от классификации акад. В.В. Ржевского (см. табл. 1): более компактна, конкретна и адресна [11].

Система разработки характеризуется элементами, параметрами и показателями (рис. 5). Элементы системы, как показано выше, представлены разрезной траншеей (котлованом), рабочими уступами.

Основными параметрами элементов системы разработки являются: высота уступа, ширина разрезной траншей (размеры котлована), углы откосов рабочих уступов, ширина заходки, ширина рабочей площадки, длина экскаваторного блока, длина фронта добычных и вскрышных блоков на уступе, число рабочих уступов, высота и ширина рабочей зоны, угол откоса рабочего борта карьера, протяженность рабочей зоны с видами пород.

Основные показатели системы разработки: скорость подвигания забоев, скорость подвигания фронта уступа, скорость углубки дна карьера, продолжительность подготовки нового нижележащего горизонта; объем пород на каждом блоке, на каждом уступе, в рабочей зоне; количество вскрытых и готовых к выемке запасов на каждом блоке, на каждом уступе, в



рабочей зоне; эксплуатационные потери и разубоживание руды.

Системы разработки предопределяются заданными конкретными горно-геологическими условиями залегания полезных ископаемых и характером развития горных выработок в карьерном поле. Подсистемы разработки назначаются исходя из формы, параметров залегания полезных ископаемых, физико-технических свойств пород, требуемого качества товарной продукции и экономических показателей работы предприятия.

Обоснование подсистем разработки предусматривает установление основных параметров их элементов в зависимости от перечисленных выше природных и технологических факто-

ров во взаимосвязке с рабочими параметрами и техническими характеристиками принимаемого комплекса горного и транспортного оборудования. Выбранная подсистема должна обеспечивать для конкретных условий максимально возможную по природным и техническим условиям производственную мощность карьера по полезному ископаемому при минимальных затратах на выполнение всех видов основных и вспомогательных работ, безопасную, ритмичную, экономичную и экологичную эксплуатацию месторождения с полным извлечением всех запасов из недр, полезных компонентов из руды, рациональное использование выработанного пространства и отходов производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горные науки*. Освоение и сохранение недр Земли. - М.: Изд-во Академии горных наук, 1997. - 478 с.
2. *Горная энциклопедия*. Т.4. С.301, Т.1, С. 439. Изд. «Советская энциклопедия». 1989.
3. *Шевяков Л.Д.* Разработка месторождений полезных ископаемых. М.: Углетехиздат, 1953 г. 756 с.
4. *Шешко Е.Ф.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. М-Харьков: Углетехиздат, 1951. 222 с.
5. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Ч.2.М.: Недра, 1985. 550с.
6. *Мельников Н.В.* Избранные труды: Состояние и проблемы развития горной науки и техники в СССР.М.: Наука, 1992. 230 с.
7. *Агошков М.И.* Разработка рудных месторождений. М.:Металлургиздат, 1954. 616 с.
8. *Байконуров О.А.* Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений. Алматы:Наука, 1969. 606 с.
9. *Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В.* Проектирование карьеров. М.: Из-во АГН, 2001. Т.1. 519 с.
10. *Арсентьев А.И., Холодняков Г.А.* Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений. М.: Недра, 1994. 336 с.
11. *Ракишев Б.Р.* Системы и технологии открытой разработки. Алматы:НИЦ «Гылым», 2003. 328с.
12. БСЭ. Т.21.С.301-307. Т.23. С.463-470. М.: Советская энциклопедия, 1976.

■ ■ ■ ■ ■

#### Коротко об авторе

*Ракишев Б.Р.* - заведующий кафедрой Открытых горных работ, доктор технических наук, академик НАН РК, b.rakishev@mail.ru