

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВСКРЫТИЯ И РАЗРАБОТКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ЗЕМЛЕСБЕРЕЖЕНИЯ

*В.И. Прокопенко, Т.Н. Мормуль, Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Украина*

Определены классификационные признаки и систематизированы горно-геологические условия залегания месторождений, установлено их влияние на выбор систем вскрытия и разработки карьерных полей. Предложены методические подходы к развитию технологических схем горных работ на разных этапах отработки горизонтального месторождения.

Среди крупных источников отрицательного влияния на окружающую природу находятся горнодобывающие предприятия. Большая часть объема полезных ископаемых в настоящее время как в Украине, так и за рубежом добывается открытым способом. Его удельный вес в мировой добыче составляет 66%. Прогрессирующее развитие открытых разработок требует все большего по площади отвода земельных ресурсов, которые на длительное время выбывают из сельскохозяйственного использования. Значительная часть площади нарушенных земель не может быть восстановлена для использования по своему прежнему назначению.

Важное значение приобретает проблема бережного отношения к земельным ресурсам при разработке горизонтальных месторождений, когда создание новых промышленных комплексов требует отчуждения значительных площадей земель, ранее используемых в народном хозяйстве. Добыча полезных ископаемых открытым способом изменяет природный ландшафт, надолго или навсегда изымает из сельскохозяйственного использования продуктивные угодья. Степень изменения ландшафта зависит от размеров остаточных горных выработок, которые, в свою очередь, зависят от принятых для эксплуатации месторождения способа вскрытия и системы разработки

В период строительства карьера земли, в основном, нарушаются под капитальную и разрезную траншеи и строительный отвал. Решению этих вопросов посвящены труды [1,2], где рассмотрены принципиальные схемы проведения траншей. Важные результаты исследований технологии горно-строительных работ и параметров вскрывающих выработок для горизонтальных месторождений получили Барсуков М.И. и Барсуков И.М. [2]. Под научным руководством Новожилова М.Г. разработаны теоретические основы проектирования технологии строительства карьеров с применением техники непрерывного действия [3].

Барсуков М.И. и Шпортко В.П. [4] разработали систему вскрытия горизонтальных и пологих месторождений, которая за счет нового способа проведения капитальной траншеи, позволяет сократить объем горно-подготовительных работ и уменьшить площадь отчуждаемых земель. В работе [5] рекомендуется породы горно-капитальной вскрыши укладывать во временном внутреннем отвале, размещенном в контуре карьерного поля, а затем на этапе эксплуатации месторождения переваливать в выработанное пространство. Так уменьшается площадь отчуждаемых земель за контуром горного отвала.

Во многих научных работах площадь земель для въездной и разрезной траншей и отвала строительной вскрыши сокращается путем размещения этой вскрыши внутри траншей. В публикации [2] предложена технология строительства разрезной траншеи с внутренним отвалообразованием. Для этапа стабильной эксплуатации карьера автор работы [6] предложил погашение выездной траншеи, для чего в направлении подвигания фронта горных работ проводят опережающую выездную траншею, которую соединяют с поверхностью съездом.

Управление затратами земельных ресурсов также достигается на основе внутреннего отвалообразования, что ведет к уменьшению выработанного пространства. Развитие и практическое использование технологии размещения вскрыши в выработанном пространстве карьера осуществили ученые научной школы проф. М.Г. Новожилова [7].

Существенным недостатком существующей практики открытой разработки горизонтальных месторождений есть недостаточная мотивация горнодобывающих предприятий по сбе-

режению природных отводимых и восстановлению отработанных земель. Это объясняется небольшими для предприятий затратами на отвод земель и горнотехническую рекультивацию. Например, на Орджоникидзевском ГОКе эти затраты в себестоимости марганцевого концентрата составляют 1...2% [8].

Из анализа научно-технической литературы и проектных решений по открытой разработке рудных пластов следует, что вопросы технологического и технического обеспечения охраны земельных ресурсов рассматриваются упрощенно в общем виде с другими ресурсами и не предусматривают оптимизацию размеров карьерного поля, исходя из минимума потребляемых земельных площадей. В связи с вышеизложенным, целью настоящих исследований является обобщение технологических схем вскрытия и разработки карьерных полей при эксплуатации горизонтальных месторождений и установление методических основ развития этих схем с целью сбережения земельных ресурсов.

Развитие технологических схем горных работ базируется на таком подходе авторов. Системы вскрывающих трасс и разработки месторождения, которые могут иметь различный порядок и последовательность развития горных работ в границах карьерного поля или его участка, следует принимать с учетом их взаимосвязи с площадью использованных природных и возвращаемых рекультивированных земель на всех этапах эксплуатации месторождения. Эти системы на каждом последующем этапе эксплуатации зависят от систем, принятых на предшествующих этапах. Таким же образом зависят друг от друга площади земель, отводимых для разработки месторождения на каждом этапе его эксплуатации. Следовательно, если будет выполняться указанное выше условие, то совокупность принятых систем вскрытия и разработки в течение всего периода отработки залежи полезного ископаемого будет обеспечивать наименьшую площадь использованных природных земель и наибольшую площадь их горнотехнической рекультивации.

Следующий этап по совершенствованию технологических схем горных работ с целью землесбережения связан с анализом условий залегания горизонтальных месторождений, определяющих форму и размеры карьерных полей, а также с обоснованием критериев землесбережения, что необходимо для принятия рациональных решений по системам вскрытия и разработки залежи, как факторов интенсивности нарушения природных земель. Форма и размеры участков залежи, где ведутся горные работы, обуславливают систему их вскрывающих трасс и разработки и тем самым влияют на размеры отводимых и восстановленных участков. Значит, между технологической схемой вскрытия и разработки карьерного поля и площадью использованных для разработки месторождения и рекультивированных земель имеется определенная зависимость, которую следует представить в общем виде. Необходимо также предложить оценку эффективности землесбережения на основе экономических критериев, что повышает заинтересованность горнодобывающих предприятий в сбережении земельных ресурсов. Эти критерии в аналитической форме изложены в работе авторов [9].

Теоретические взаимосвязи между системами вскрывающих трасс и разработки месторождения, с одной стороны, и площадью использованных и возвращаемых народному хозяйству земель, с другой, составляют основу совершенствования систем вскрытия и разработки карьерного поля во времени и по этапам в его пространстве за период отработки горизонтального месторождения в целом (рис. 1).

Названные выше взаимосвязи составляют методические основы выбора технологических схем разработки горизонтальных пластов в различных условиях залегания. Предложено взаимосвязанное решение вопросов подготовки карьерного поля, его вскрытия, системы разработки и основных производственных процессов, создающих поток полезного ископаемого. Эти основы предусматривают использование экономических критериев эффективности землесбережения и направлены на снижение площади отводимых плодородных и восстановленных земель. Площади земель будут уменьшены, с одной стороны, путем выбора рациональной технологической схемы вскрытия и разработки карьерного поля, с другой, - путем управления размерами в плане выработанного пространства карьера на разных этапах его развития и погашения. Авторы предусматривают усовершенствование технологических схем

с использованием обоих подходов.

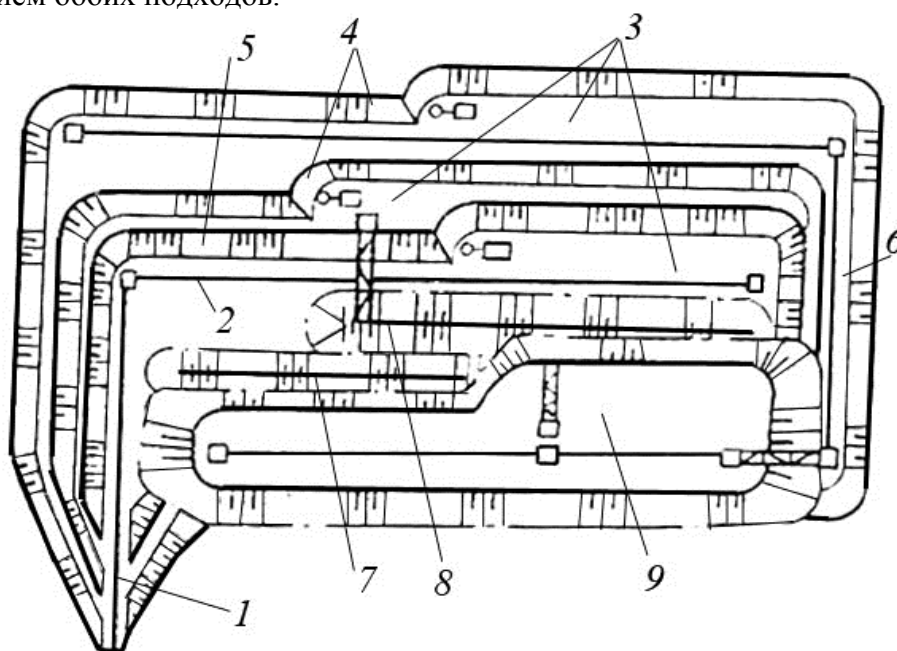


Рис. 1. Схема вскрывающих выработок карьерного поля при разработке горизонтального месторождения: 1,2 – система вскрывающих трасс по капитальной и разрезной траншеям; 3 – рабочие горизонты; 4,5 – система разработки вскрышных и добычных уступов; 6 – транспортная площадка; 7,8,9 – нижний, средний и верхний ярусы системы отвалообразования

Указанные технологические решения зависят от горно-геологических условий залегания месторождений и поэтому, прежде всего, проанализированы эти условия. На основе классификационных признаков, предложенных акад. Ржевским В.В. [10], применительно к решаемой научной задаче, приведены в табл. 1. Систематизированы по классификационным признакам горно-геологические условия залегания месторождений, выделены характерные группы условий и отмечено влияние каждой из групп на технологию их разработки. Основными условиями, определяющими выбор систем вскрытия и разработки с целью уменьшения площади земельного отвода, а также улучшения условий рекультивации нарушенных земель, являются форма и размеры месторождения в плане и по глубине залегания. Систему вскрытия и разработки карьерных полей следует создавать применительно к размерам этих полей, которые разделяются на обширные и вытянутые. Для отмеченных в таблице характерных особенностей горизонтального месторождения и их влияния на технологию горных работ определены направления развития существующих схем вскрытия и разработки карьерных полей (табл. 2).

Исследования по указанной теме выполнены применительно ко всем этапам отработки месторождения (табл. 2). В процессе эксплуатации для снижения площади отводимых земель и увеличения площади рекультивированных земель предусмотрено использование разрезной траншеи, как отвальной емкости, разделение вскрывающих траншей на перемещаемые полутраншеи (съезды), а также торцевое погашение выработанного пространства. Технологические решения по управлению размерами в плане открытых горных выработок на разных этапах разработки горизонтальных пластов предусматривают совместное изменение способа размещения выездной и разрезной траншей относительно друг друга и порядка подвигания фронта горных работ.

## Систематизация месторождений полезных ископаемых как объектов открытой разработки

Классификационный признак	Группа	Характеристика	Влияние на технологию разработки
1. Форма залежи	Плитообразные	Вытянуты преимущественно в двух направлениях при относительно небольшой мощности	Предопределяет форму карьерного поля
2. Рельеф поверхности месторождения	Равнинный или холмистый	Имеется толща вскрышных пород примерно одинаковой мощности	Влияет на порядок разработки и средства механизации
3. Положение залежи относительно уровня поверхности	Поверхностного типа	Расположение под толщей вскрышных пород небольшой мощности (до 60-80 м)	Предопределяет размеры карьера по глубине и в плане, а также средства механизации
4. Угол падения залежи	Горизонтальные и пологие	Могут иметь на небольших участках слабый наклон (до 5-8°)	Обуславливает возможность размещения отвалов в выработанном прострэнстве карьера
5. Мощность залежи	Весьма маломощные и малой мощности	Зависит от числа одновременно разрабатываемых добычных уступов	Определяет условия и порядок разработки залежи в зависимости от ее строения
6. Преобладающий тип пород месторождения	Разнообразные вскрышные породы и полезное ископаемое	Месторождения рассыпные, строительных пород, угольные и некоторые рудные	Чаше мягкие и полускальные вскрышные породы определяют выбор средств механизации
7. Форма и размеры карьерного поля	Обширные	Относительно небольшая глубина (до 100 м) и большая площадь в плане (до 10-40 кв. км), примерно одинаковая ширина и длина	Влияют на размеры вскрывающих выработок, выбор системы разработки и средств механизации
8. Соотношение размеров карьерных полей и месторождения	Вытянутые	Большой размер по простиранию (до 3-8 км), в несколько раз превышающий размер вкрест простирания залежи	Определяют способ вскрытия и место расположения вскрывающих выработок, порядок отработки залежи
	Карьерное поле охватывает все месторождение	Размеры и форма поля в плане определяются размерами и формой залежи	Влияет на место расположения вскрывающих выработок и направление подвигания фронта вскрышных и добычных работ
	Карьерное поле охватывает часть месторождения	Месторождение в плане разделяется на несколько участков, которые разрабатывают смежными карьерными полями	Влияет на схемы раскройки месторождения на карьерные поля и последовательность отработки полей

Таблица 2

## Условия применения технологических схем при разработке горизонтальных месторождений

Технологический подход	Условия применения технологической схемы	Эффективность землесбережения
1	2	3
Заполнение провала между бортом разрезной траншеи и откосом внутреннего отвала	На этапе строительства карьера, глубина залегания пласта полезного ископаемого - 10...40 м, мощность пласта соизмерима с мощностью вскрыши. Мощное транспортно-отвальное оборудование.	Сокращается площадь земельного отвода под строительный отвал на 12,8 га, снижаются затраты на рекультивацию на 1024 тыс. грн.
Использование капитальных траншей внутреннего заложения	На этапе строительства, размещение съездов по длине разрезной траншеи. Глубина карьера - до 100 м Горно-транспортное оборудование циклического действия небольшой мощности	Площадь отвода земель под строительство карьера уменьшается на 20... 25 га, что снижает компенсационные платежи на 4000 тыс. грн
Засыпка нерабочего борта въездной траншеи. Использование перемещаемых полутраншей	На этапах строительства и эксплуатации, Глубина карьера - 40...100 м. Горно-транспортное оборудование циклического действия небольшой мощности	Дополнительно рекультивируется - 16...81,2 га. Сокращается срок возврата земель, увеличивается емкость отвала. Убыток снижается на 2219 тыс. грн
На основе торцевого погашения выработанного пространства <i>- при автомобильно-конвейерном транспорте</i>  <i>- при транспортировании вскрыши ленточными конвейерами</i>  <i>- продольного и торцевого отвалообразования вскрышных пород</i>	На этапе доработки карьерного поля.  Небольшая мощность пласта полезного ископаемого, мощность вскрыши - не более 80 м, длина разрезной траншеи – 1...1,5 км, достаточная несущая способность отвальных пород. Роторные комплексы, конвейерный и автомобильный транспорт.  Мощность вскрыши – не более 80 м, значительная мощность пласта полезного ископаемого. Транспортно-отвальное оборудование больших рабочих размеров.  Значительная мощность вскрыши и пласта полезного ископаемого. Большая длина разрезной траншеи (1,5 км и более) Роторные комплексы, конвейерный транспорт.	Дополнительно рекультивируется 105 га поверхности выработанного пространства. Коэффициент рекультивации - 0,765, экономическая эффективность землесбережения – 53,2% (на 27,6% выше, чем на карьерах ОГОКа). Экономическая эффективность рекультивации возрастает на 23,6% Обеспечивается устойчивость нижнего торцевого уступа большой высоты. Возможная площадь рекультивации остаточного выработанного пространства – до 55,5%. Формируется ровная поверхность отвала (без заполнения провалов). Снижается стоимость горно-технической рекультивации.
Увеличение результирующих углов откоса рабочего и отвального бортов карьера исходя из их кратковременной устойчивости	На этапе доработки. Глубина карьера – 40...60 м. Сниженная мощность карьера по полезному ископаемому. Транспортно-отвальное оборудование больших рабочих размеров.	Увеличивается площадь поверхности отвала для горно-технической рекультивации

1	2	3
<p>На основе изменения порядка отработки карьерного поля:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- совмещение выработанного пространства с выездной траншеей</li> <li>- погашение горных выработок при внешней выездной траншее</li> <li>- совмещение и погашение остаточного выработанного пространства при выездной траншее внутреннего заложения</li> </ul>	<p>На этапах строительства и эксплуатации. Отработка двух смежных карьерных полей или одного поля очередями (блоками). Мощность вскрыши – не более 50 м. Транспортно-отвальное оборудование больших рабочих размеров. На всех этапах эксплуатации. Отработка двух смежных карьерных полей или одного поля очередями (блоками). Губины карьера - 50...70 м. Вскрышные экскаваторы – драглайны, автотранспорт для поленого ископаемого. На этапах строительства и эксплуатации. Глубина карьера – 50 ...70 м Горно-транспортное оборудование цикличного действия.</p>	<p>Поверхность остаточных выработок уменьшается на 45...103 га. Затраты на компенсацию потерь сельскохозяйственного производства сокращаются на 67200 ...94200 грн</p> <p>Полное заполнение остаточных выработок. Нарушение земель уменьшается на 112... 157 га, затраты на горно-техническую рекультивацию снижаются на 10048 тыс. грн.</p> <p>Нарушение земель уменьшается на 112... 157 га. Компенсация потерь сельского хозяйства снижается на 67,2 ...94,2 тыс. грн, затраты на горно-техническую рекультивацию - на 7168... 10048 тыс. грн Экономическая эффективность рекультивации возрастает с 10,6% до 13,1% .</p>
<p>На основе разделения карьерного поля на два блока (участка)</p>	<p>На этапе доработки. Глубина карьера – 40...60 м. Длина разрезной траншеи – 1,5...2 км. Сниженная мощность карьера по полезному ископаемому. Транспортно-отвальное оборудование больших рабочих размеров.</p>	<p>Увеличивается вдвое площадь поверхности остаточного выработанного пространства для рекультивации. На карьере Чкаловский – 2 поверхность увеличивается на 159,2 га.</p>
<p>Путем последовательной отработки двух смежных карьерных полей (участков)</p>	<p>На этапе доработки. Глубина карьера – 40...60 м. Разделение месторождения на карьерные поля. Роторные транспортно-отвальные комплексы, конвейерный транспорт.</p>	<p>Смежный участок разрабатывается без выделения земельных площадей для отвалообразования вскрышных пород.</p>

Установление рациональных контуров месторождения и границ карьерного поля, правильное в его границах расположение открытых горных выработок, рациональные размеры рабочей зоны карьера обеспечивают существенное сокращение площади природных земель, отводимых для разработки месторождения. Другим важным направлением снижения потерь земельного фонда есть увеличение площади восстановленных земельных ресурсов путем заполнения остаточного выработанного пространства. После отработки месторождения это пространство должно быть рекультивировано для народнохозяйственного использования. Размеры остаточных выработок, степень их заполнения горными породами и рельеф поверхности определяют условия горнотехнической рекультивации и направление последующего использования восстановленных земель. Одним из эффективных способов заполнения выработанного пространства является разделение карьерного поля на смежные участки (блоки). На сегодняшний день технологическая схема доработки карьера при использовании указанно-

го способа не имеет достаточного обоснования в плане параметров рабочей зоны и организации горных работ. Поэтому следует обосновать технологическую схему и методические расчеты ее параметров для заполнения остаточного выработанного пространства на основе указанного подхода, что увеличивает площадь поверхности отвалов для их рекультивации.

Существенным резервом для уменьшения площади разрезной траншеи по поверхности на момент ее засыпки и более полного заполнения выработанного пространства вскрышной породой является создание дополнительной емкости по борту отвала, которая заполняется вскрышной породой из рабочего борта карьера и из верхнего яруса отвала. При этом принимается, что исходя из кратковременной устойчивости откосов рабочего и отвального бортов при доработке карьера, размеры остаточного выработанного пространства в плане могут быть уменьшены путем увеличения результирующих углов откосов рабочего борта карьера и внутреннего отвала.

В результате выполненных исследований установлено следующее.

1. Систематизированы по классификационным признакам горно-геологические условия залегания месторождений, выделены характерные группы условий и отмечено влияние каждой из групп на технологию их разработки. Основными условиями, определяющими выбор систем вскрытия и разработки с целью уменьшения площади земельного отвода, а также улучшения условий рекультивации нарушенных земель, являются форма и размеры месторождения в плане и по глубине залегания.

2. Системы вскрытия и разработки горизонтального месторождения в целом, которые принимаются исходя из критериев сбережения земельных ресурсов, базируются на теоретических взаимосвязях между системами вскрывающих трасс и разработки, с одной стороны, и площадью использованных и возвращаемых народному хозяйству земель, с другой. Эти взаимосвязи составляют основу выбора, с целью землесбережения, комбинации систем вскрытия и разработки рабочих горизонтов по этапам за период отработки месторождения.

3. Систему вскрытия и разработки карьерных полей следует создавать применительно к размерам этих полей, которые разделяются на обширные и вытянутые. С целью землесбережения предложены методические подходы к развитию технологических схем горных работ на разных этапах отработки месторождения.

#### Список литературы

1. Кононенко А.Е. Рекультивация нарушенных земель и строительство рекреационных зон / А.Е. Кононенко, А.В. Русский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1997. - №5. – С. 134-137.
2. Барсуков М.И. Охрана земель при открытой разработке месторождений / М.И. Барсуков, И.М. Барсуков. – К.: Техніка, 1987. – 150 с.
3. Новожилов М.Г. Проектирование технологии строительства карьеров при применении техники непрерывного действия / М.Г. Новожилов, Б.Н. Тартаковский, М.И. Барсуков. - М.: Наука, 1965. -112 с.
4. А.с.872758 (СССР) Способ вскрытия месторождений полезных ископаемых / М.И. Барсуков, В.П. Шпортко. – Оpubл. в Б.И., 1981, - 1981, - №38.
5. Теоретическое обоснование создания устойчивой экосистемы в горнопромышленных регионах при консервации и закрытии карьеров. Отчет о НИР / НГУ; Руководитель Гуменик И.Л. - № ГР 0103U01276. – Днепропетровск, 2005. – 154 с.
6. Про технолого-економічне забезпечення охорони природних ресурсів при відкритій розробці горизонтальних родовищ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. [ „Форум гірників 2009”], (Дніпропетровськ, 28 -30 верес. 2009 р.) / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ: НГУ, 2009.
7. Теоретическое обоснование создания устойчивой экосистемы в горнопромышленных регионах при консервации и закрытии карьеров: Отчет о НИР (промежуточный)/ НГУ; руководитель И.Л.Гуменик; исп. А.И. Панасенко [и др.]. – Днепропетровск, 2003. – 88 с. - № ГР 0103U001276.
8. Прокопенко В. І. Технологія і економіка гірничого землекористування / В.І. Прокопенко, В.І. Фененко, О.О. Кириченко. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – 270 с.
9. Прокопенко В.І. Розвиток критеріїв оцінки ефективності землесбереження на відкритих гірничих розробках родовищ / В.І. Прокопенко, Т.М. Мормуль // Вісник НТТУ “КПІ”. Серія “Гірництво”: Зб. Наук. праць. – К.: НТТУ “КПІ”. – 2011. – Вип. 21. – С. 181-189.
10. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учеб. для вузов. Часть 2. Технология и комплексная механизация / В.В. Ржевский. – М.: Недра, 1985. – 549 с.