

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф.Горбачева"

На правах рукописи



СЕЛЮКОВ Алексей Владимирович

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ УГЛЕДОБЫЧИ НА КАРЬЕРНЫХ И  
ОТРАБОТАННЫХ ШАХТНЫХ ПОЛЯХ**

Специальность 25.00.22 «Геотехнология  
(подземная, открытая и строительная)»

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
**на соискание ученой степени**  
**доктора технических наук**

Кемерово 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                                                                                    | 6  |
| 1. АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ И<br>ТЕХНОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ НА ПРИ-<br>МЕРЕ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА.....                                       | 15 |
| 1.1. Горно-геологические условия залегания наклонных и крутопа-<br>дающих угольных залежей на примере Кузнецкого угольного бас-<br>сейна.....                                    | 15 |
| 1.2. Проработка базисов недостатков систем разработки и техноло-<br>гий производства открытой угледобычи.....                                                                    | 21 |
| 1.3. Внутреннее отвалообразования на угольных разрезах, проект-<br>ные решения и опыт практического применения .....                                                             | 29 |
| 1.4. Постановка проблемы диссертационной работы, цель, задачи<br>исследования .....                                                                                              | 37 |
| Выводы .....                                                                                                                                                                     | 45 |
| 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДА ОТ УГЛУБОЧ-<br>НЫХ ПРОДОЛЬНЫХ В СПЛОШНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ<br>РАЗРАБОТКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ КАРЬЕРНЫХ<br>ПОЛЕЙ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ..... | 47 |
| 2.1. Теория формирования очередностей отработки карьерных по-<br>лей.....                                                                                                        | 47 |
| 2.2. Развитие классификационных признаков выработанного про-<br>странства во взаимосвязи с типами залежей.....                                                                   | 67 |
| 2.3. Математические модели расчета параметров вариантов<br>поисковых решений.....                                                                                                | 77 |
| 2.4. Инструментарий уменьшения избыточного выработанного<br>пространства (ИВП), контурное развитие карьерного поля и<br>внешнего отвала в задачах сокращения ИВП.....            | 90 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5. Гистограммный способ определения местоположения емкости для внутреннего отвала, баланс распределения объемов вскрыши по отвалам и знакопеременность производственной мощности.....                                                                                | 99  |
| 2.6. Десятичная матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем открытой разработки.....                                                                                                                                                      | 117 |
| Выводы .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 131 |
| <br>3. КОНСТРУКТИВНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОРАБОТКИ ПО СКЛАДИРОВАНИЮ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТКРЫТОЙ УГЛЕДОБЫЧИ НА ПОЛЯХ ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТ (НА ПРИМЕРЕ ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА)... | 133 |
| 3.1. Общие положения .....                                                                                                                                                                                                                                             | 133 |
| 3.2. Обобщенная характеристика отработанных горизонтов верхних горизонтов шахтных полей. Горно-геометрический анализ запасов угля на полях ликвидированных шахт.....                                                                                                   | 139 |
| 3.3. Обоснование параметров технологических схем выемки угольных целиков.....                                                                                                                                                                                          | 146 |
| 3.4. Экспериментальные исследования процесса перемещения вскрышной породы автотранспортом в навал и дальнейшей перевалкой экскаватором драглайном.....                                                                                                                 | 167 |
| 3.5. Стендовый эксперимент исследования организации производства открытой угледобычи с использованием вариаций транспортной и бестранспортной технологий.....                                                                                                          | 172 |
| 3.6. Проектирование интервальными рядами динамики транспортной и бестранспортной технологий на примере Прокопьевско-Киселевского геолого-промышленного района.....                                                                                                     | 176 |
| Выводы .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 184 |

|                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА И ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ С ВНУТРЕННИМ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УГОЛЬНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ.....                                                      | 187 |
| 4.1. Общие положения.....                                                                                                                                                                             | 187 |
| 4.2. Блочнo-слоевая система разработки с комбинированной транспортно-бестранспортной технологией.....                                                                                                 | 188 |
| 4.3. Установление технической границы бестранспортной технологии .....                                                                                                                                | 200 |
| Выводы .....                                                                                                                                                                                          | 207 |
| 5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СКЛАДИРОВАНИЯ ВСКРЫШНОЙ ПОРОДЫ НА ВНЕШНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ НИЗКО ПРОФИЛЬНЫЙ ОТВАЛ.....                                                                                          | 209 |
| 5.1. Общие положения.....                                                                                                                                                                             | 209 |
| 5.2. Внешние отвалы угольных разрезов и рельефообразующие процессы с позиции науки «Геоморфологии».....                                                                                               | 211 |
| 5.3. Принципиальная схема складирования вскрышной породы на внешний автомобильный низко профильный отвал.....                                                                                         | 214 |
| 5.4. Обоснование параметров низкопрофильного отвала с использованием программного обеспечения (ПО) Autocad Civil 3D и Microsoft Office Excel на примере Терсинского геолого-промышленного района..... | 218 |
| 5.5. Эффективность технологии складирования вскрыши на внешний автомобильный низко профильный отвал.....                                                                                              | 231 |
| Выводы .....                                                                                                                                                                                          | 253 |

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6. СОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>ПРЕДЛАГАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ<br>ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....                   | 255 |
| 6.1. Общие положения .....                                                                                                                  | 255 |
| 6.2. Оценивание землеемкости угольных разрезов видоизменением<br>системы открытой разработки.....                                           | 256 |
| 6.3. Эффективность производства открытой угледобычи на полях<br>ликвидированных шахт.....                                                   | 267 |
| 6.4. Эффективность поперечных систем разработки с бестранс-<br>портной и комбинированной бестранспортно-транспортной техно-<br>логиями..... | 274 |
| 6.5 Масштаб возможного применения новых систем разработки,<br>технологий и объекты внедрения технологических решений.....                   | 280 |
| Выводы .....                                                                                                                                | 282 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                                                                             | 284 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                                                                      | 289 |

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность работы.**

За период 2000-2017гг. объемы добычи угля в Российской Федерации выросли в 1,6 раза, в Кузбассе в 2,2 раза. Если до 2014 г. ежегодный прирост объемов добычи угля составлял в среднем около 5 млн. т., то с 2015 г. он увеличился более чем в 2 раза, причем, главным образом, за счет увеличения доли угля, добываемого открытым способом до 166 млн. т. в 2018г. – 66% от общего объема.

В настоящее время при отработке преобладающих по численности наклонных и крутопадающих угольных месторождений Центрального и Северного Кузбасса используется углубочная продольная система открытой разработки с перемещением вскрышных пород на внешние отвалы по транспортной технологии. С момента ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов в конце 40-х годов прошлого столетия, применение такой системы разработки обуславливает долю внешнего отвалообразования до 80-85 % на более чем 50 карьерных полях и связанной с относительно большими занимаемыми площадями. Изъятие площадей в 3-4 раза выше, чем по другим угольным бассейнам Российской Федерации, что предопределяет землеемкость до 55 га/млн.т. При этом доля затрат на перемещение вскрышных пород весьма высока и превышает, как правило, 40 % от полной себестоимости добычи полезного ископаемого.

Один из путей снижения темпов изъятия земельных угодий при одновременном снижении затрат на разработку за счет сокращения расстояния перемещения вскрышных пород заключается в использовании сплошных поперечных систем открытой разработки со складированием вскрыши в выработанном пространстве.

Анализ фактического состояния горных работ и проектных решений по угольным разрезам Кузбасса в части управления техногенным ресурсом выработанного пространства показывает, что они реализованы в единичных

случаях. К тому же, с позиции обоснованности принятых решений они зачастую базируются на морально устаревших нормативно-правовых документах, которые приводят к «шаблонности» технологических решений в связи с чем отсутствует достаточно полная их реализация в практической деятельности угольных разрезов.

В научном плане состояние ресурсосберегающих технологий основывающихся на использовании выработанного пространства находится на концептуальном уровне и характеризуется не достаточно полной теоретической базой. Следует подчеркнуть, что известные технологические решения рассматривают нетронутые горными работами карьерные поля, либо в процессе эксплуатации фрагментарно используется блоковый порядок отработки с использованием колесных видов транспорта на перемещении вскрыши. Внешнее отвалообразование, как элемент ресурсосбережения, в целом не рассматривался до настоящего времени. Это является сдерживающим фактором внедрения ресурсосберегающих технологий, как в проектную, так и производственную практику.

В связи с этим комплексное обоснование вариантов развития ресурсосберегающих технологий открытой разработки угольных месторождений Кузбасса, ориентированных на рациональное размещение вскрышных пород применительно к существующим карьерным полям угольных разрезов, включая ликвидированные участки шахт, отрабатываемые открытым способом, а также к перспективным месторождениям следует считать своевременным. Технологические решения будут способствовать повышению технико-экономической эффективности открытых горных работ при одновременном снижении текущей землеемкости открытой угледобычи в Кузбассе.

Работа выполнена в соответствии с тематическими планами кафедры «Открытые горные работы» «Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева», научно-исследовательскими работами для угольных объединений ОАО УК «Кузбассразрезуголь» и ЗАО «Строй-

сервис» (НИР № 143-2008, № 104-2010, № 112-2011, № 113-2014, №117-2014).

**Целью работы** является развитие ресурсосберегающих технологий разработки угольных месторождений с наклонным и крутым залеганием пластов, обеспечивающих повышение технико-экономической эффективности открытых горных работ при одновременном снижении текущей землеемкости открытой угледобычи.

**Объект исследования** - системы и технологии открытой разработки наклонных и крутопадающих угольных месторождений.

**Предмет исследования** - пространственно-планировочные и организационно-технологические связи системы «карьерное поле - отвал вскрышных пород» при разработке угольных месторождений с наклонным и крутым залеганием пластов.

**Идея работы** заключается в использовании комплекса научных и технологических решений по управлению процессом функционирования объектов системы «карьерное поле - отвал вскрышных пород», оказывающих влияние на текущую землеемкость и технико-экономические показатели производства открытой угледобычи.

**Задачи исследования:**

- определить параметры технологического процесса перехода от углубочных продольных в сплошные поперечные системы разработки для условий действующих карьерных полей угольных разрезов;
- обосновать систему и технологию открытой разработки запасов на полях ликвидированных шахт с формированием внутренних отвалов;
- обосновать систему и технологию при проектировании блокового порядка открытой разработки перспективных угольных месторождений;
- установить параметры поэтапного складирования вскрышных пород во внешних низкопрофильных отвалах, обеспечивающих сокращение даль-



ности транспортирования, уменьшение текущей землеемкости и рациональное формирование рельефа;

- выполнить технико-экономическую оценку рекомендуемых технологических решений по складированию вскрышных пород в выработанном пространстве карьерных полей.

**Методы исследований.** Для решения поставленных задач использован комплекс методов, включающих системный анализ фактических и проектных данных, информации научно-технической литературы; аналитический и графоаналитический методы для исследования технологических схем, конструирование параметров систем разработки и технологий ведения горных работ с использованием средств Autocad Civil 3D и Microsoft Office Visio; технико-экономический анализ с использованием электронных таблиц Excel; натурные наблюдения с использованием фото и видеосъемки для проверки отдельных технологических решений; проверка разработанных методов и решений для реальных условий.

**Основные научные положения, выносимые на защиту:**

- параметры технологического процесса перехода от углубочных продольных к сплошным поперечным системам разработки наклонных и крутопадающих залежей в условиях действующих карьерных полей угольных разрезов определяются матрицей синхронизации систем, которая включает в себя в качестве элементов показатели фактического функционально-структурного состояния горных работ и возможные варианты их развития в переходный период;

- систематизированные варианты комбинированной транспортно-бестранспортной технологии перемещения вскрышной породы во внутренний отвал при углубочно-сплошной поперечной одно бортовой системе открытой разработки породугольного массива ликвидированных шахт, определяются интервальными рядами динамики диапазоном 142–680 тыс.м<sup>3</sup> при высоте рабочей зоны 30–120м.

- блочно-слоевая система разработки перспективных угольных залежей с автотранспортной перевозкой вскрыши на границу разделения забойной и отвальной сторон карьерного поля и дальнейшей перевалкой в выработанное пространство по бестранспортной технологии функционально устанавливается от параметров угленасыщенной зоны, что предопределяет отсыпку серийно изготавливаемыми драглайнами 2–5 ярусных отвалов с высотой 38–193м.

- в период эксплуатации карьерного поля складирование вскрышных пород во внешнем низкопрофильном отвале обеспечивает положительное преобразование естественного рельефа местности на территории горного отвода, что обуславливается выделением этапов отсыпки равными 1 году и способствует сокращению дальности транспортирования от первого к последнему году формирования искусственных насыпей и снижению эксплуатационной землеемкости;

- эффективность технологических решений обусловлена выделением этапов: 1 разработка карьерного поля с внешним отвалообразованием; 2 сооружение емкости под внутренний отвал; 3 внутреннее отвалообразование; совокупно оцениваемых величиной текущей землеемкости, на первом этапе экспоненциальной зависимой от возрастания годовой производственной мощности или убывающей только при низкопрофильном отвалообразовании, на втором этапе линейно убывающей в 1,5-2 раза относительно изначального уровня и минимальной на третьем этапе.

**Научная новизна** работы заключается в:

- обосновании методологии технологического процесса преобразования систем открытой разработки, развитии классификационных признаков выработанного пространства, способе определения местозаложения и параметров емкости под внутренний отвал, установлении последовательности отработки карьерного поля;

- разработке систематизации и обосновании параметров комбинированной транспортно-бестранспортной технологии при углубочно-сплошной поперечной одно бортовой системе разработки участков ликвидированных шахт, обосновании структуры и производительности технологических комплексов;

- разработки методики расчета параметров усовершенствованной блочной системы открытой разработки с увеличением долевого участия бестранспортной технологии и обоснованием последовательности перемещения вскрыши во внутренний отвал;

- разработки технологии формирования низкопрофильного внешнего автомобильного отвала, и доказательстве его эколого-экономической эффективности;

- разработке методики регулирования текущей землеемкости, для углубочной продольной и сплошной поперечной системе разработки в процессе их последовательного преобразования; обосновании использования более полного внутреннего отвалообразования на шахтных и карьерных полях.

**Личный вклад автора** заключается в постановке целей и задач исследования; формулировании основной идеи достижения цели; в анализе горно-геологических условий разработки наклонных и крутопадающих пластов на месторождениях Кузбасса; обобщении базисов недостатков систем и технологий разработки, осуществленном по материалам проектов и фактического состояния горных работ на угледобывающих предприятиях Кемеровской области; в разработке технологических схем внутреннего отвалообразования при различных сочетания технологических комплексов; в разработке методик расчета параметров и показателей технологического преобразования систем открытой разработки; в обосновании нового варианта складирования вскрышных пород во внешний отвал, а также в написании рукописей публикаций по теме диссертации.

**Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается: корректностью использования методов исследования; представительным объемом численного моделирования и оценкой результатов по критериям технико-экономического анализа; сходимостью результатов работы с исследованиями других авторов.

**Научное значение работы** состоит в обосновании развития теории систем открытой разработки на базе конструктивно-параметрических проработок технологии и комплексной механизации разработки наклонных и крутопадающих угольных месторождений.

**Практическая ценность** работы состоит в том, что ее результаты позволяют:

- разрабатывать технологический процесс преобразования углубочных продольных в поперечные сплошные системы разработки в зависимости от главного направления развития горных работ в карьерном поле и пространственного развития внешнего отвала;
- определять параметры технологических схем и возможную производительность по горной массе при производстве открытых горных работ на полях ликвидированных шахт;
- определять параметры технологической схемы и структуру рабочей зоны при последовательном перемещении вскрыши в забойной стороне по транспортной технологии и на отвальной по бестранспортной.
- обеспечить совершенствование технологии внешнего отвалообразования с использованием автомобильного транспорта и качества восстанавливаемых земель.

**Отличие от результатов других авторов** заключается в комплексном подходе совершенствования ресурсосберегающих технологий, внедрении обоснованных параметров технологических схем при использовании экскаваторно-транспортных, экскаваторно-отвальных и экскаваторно-

транспортно-отвальных технологических комплексов на различных этапах эксплуатации карьерных полей угольных разрезов; создании и обосновании параметров внешнего автомобильного отвала, как оптимального сочетания элементов технологии и экологии.

### **Реализация результатов работы.**

Результаты работы и ее отдельные части использовались:

- методические положения изложенные в диссертационной работе одобрены к внедрению в проекты открытых горных работ Сибирского института по проектированию шахт, разрезов и обогатительных фабрик ОАО «Сибгипрошахт» (г.Новосибирск);

- в разработанном «Руководстве по определению параметров внешних автомобильных отвалов вскрышных пород», утверждено ООО «Кузнецкая проектная компания» (г.Кемерово);

- в основе научно-методических и учебных материалов по дисциплине «Ресурсосберегающие технологии открытых горных работ» и при дипломном проектировании по образовательной программе КузГТУ «Открытые горные работы».

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на 53,55,56 научно-технической конференции студентов, аспирантов, сотрудников научно-исследовательского сектора и профессорско-преподавательского состава ГУ КузГТУ (2008, 2010, 2011, Кемерово); на X, XI Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности» (2008, 2009, Кемерово); на XII, XIII Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (2008, 2010 Кемерово); на II Международной научно-практической конференции «Инновации - основа комплексного развития угольной промышленности в регионах России и странах СНГ» (2009, Прокопьевск); на Международной научно-практической конфе-

ренции «Наукоемкие технологии разработки использования минеральных ресурсов» (2009, Новокузнецк); на Инновационном конвенте «Кузбасс: образование, наука, инновации» (2016, Кемерово), на V Международном инженерном чемпионате «Case-in» (направление «Горное дело») (2017, Москва).

Отдельные работы, выполненные при участии автора, включающих основные результаты диссертации, удостоены дипломов международной выставки-ярмарки «ЭКСПО-УГОЛЬ» (г.Кемерово) за лучшие экспонаты и доклады (2009,2010,2011,2013). На Всероссийской научной конференции-конкурсе в Минерально-сырьевом университете «Горный», секция «Разработка месторождений полезных ископаемых» доклад на тему «Ресурсосберегающая блочная технология отработки угольных месторождений Кузбасса», завоевал III призовое место (2014, Санкт-Петербург).

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 23 статьи в изданиях аннотированных ВАК РФ, 4 в изданиях перечня Scopus и Web of Science, 2 монографии, 16 в материалах конференций и сборниках научных трудов, получен 1 патент на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертация включает введение, шесть глав, заключение и приложения, изложена на 308 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц, 100 рисунков и список литературы из 189 наименований.

Автор выражает искреннюю благодарность за ценные советы и обсуждение основных положений диссертации, признательность за постоянное внимание к работе профессору, д.т.н. Корякину А.И., с.н.с., д.т.н. Ермолаеву В.А., профессору, д.т.н. Сысоеву А.А., профессору д.т.н. Колесникову В.Ф., а так же коллективу кафедры «Открытые горные работы» КузГТУ за оказанную помощь при выполнении работы.

## **Глава 1. Анализ применяемых и перспективных систем и технологий разработки карьерных полей Кемеровской области**

### **1.1. Горно-геологические условия залегания наклонных и крутых угольных залежей на месторождениях Кемеровской области**

Природные условия формирования угольных месторождений в различных регионах земного шара одинаковы, все они относятся к пластовым осадочным месторождениям и отличаются только степенью метаморфизма и тектонических нарушений. В этом отношении уникальными являются месторождения каменных углей Кузнецкого бассейна, не имеющие аналогов в природе. Здесь представлены всевозможные варианты залегания угольных пластов как по их мощности, углу падения, их количеству, так и степени нарушенности пликативными и дизъюнктивными нарушениями. Полученные выводы и рекомендации для условий месторождений Кемеровской области могут быть обобщены и распространены и на другие месторождения каменного угля.

Исследование выполняется на примере месторождений Кемеровской области с залеганием угольных пластов в свите наклонного и крутого падения, что позволяет проанализировать возможности применения предлагаемых технологических решений в самом широком диапазоне конкретных горно-геологических условий.

Поскольку элементом объекта исследования диссертационной работы обозначены наклонные и крутопадающие угольные месторождения, следует определиться с границами по видам этих залежей. В общепринятой классификации типов разрабатываемых месторождений В. В. Ржевского по признаку «угол падения» все залежи разделены на группы [115]:

- горизонтальные и пологие (от  $0^\circ$  до  $8-10^\circ$ );
- наклонные (от  $8-10^\circ$  до  $25-30^\circ$ );
- крутонаклонные (от  $25-30^\circ$  до  $55^\circ$ );

- крутые ( $56-90^\circ$ );
- сложного залегания (антиклинальные и синклиналильные складки).

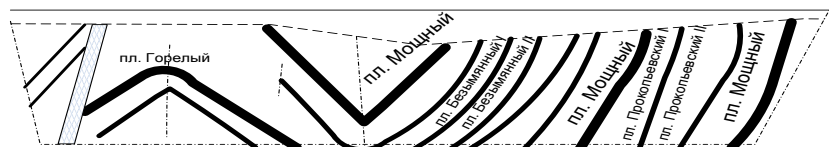
Для диссертационной работы необходимо уточнить значения нижней границы наклонных залежей. В классификации В. В. Ржевского условием для разделения групп «пологие залежи» и «наклонные залежи» является возможность размещения внутренних отвалов в выработанном пространстве. В тот период, когда автором создавалась классификация, предельным углом наклона основания внутреннего отвала (угол наклона отрабатываемого пласта) считался угол, равный  $8-10^\circ$ . Однако опыт работы угольных разрезов Кузбасса показал возможность размещения вскрышных пород во внутренних отвалах с углом наклона основания  $18-20^\circ$  при использовании комплекса мероприятий по обеспечению их устойчивости. Это даёт основание отнести к группе «наклонных» залежи при углах падения  $20-40^\circ$  [115].

Таким образом, в работе принимается следующее разделение залежей на группы по углу падения: наклонные ( $20-40^\circ$ ); крутопадающие ( $40-90^\circ$ ); сложного залегания (антиклинальные и синклиналильные складки).

С учётом вышесказанного приводится характеристика горно-геологических условий угольных месторождений Кузбасса (рис.1.1.1. и рис.1.1.2). Показатели этих характеристик являются исходной базой исследования, так как позволяют рассмотреть группы залежей в реальных горно-геологических условиях.

Район                      Геологические профили угольных залежей наклонного и крутого падения

Бачатский





Кондомский

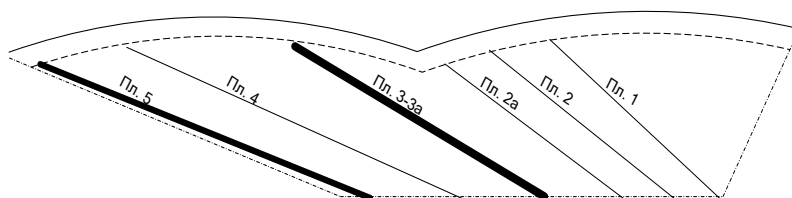
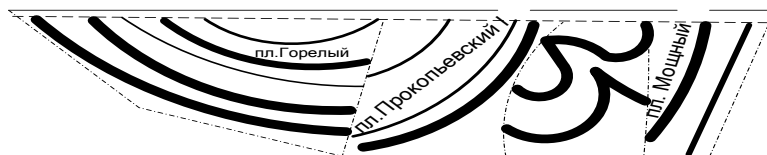
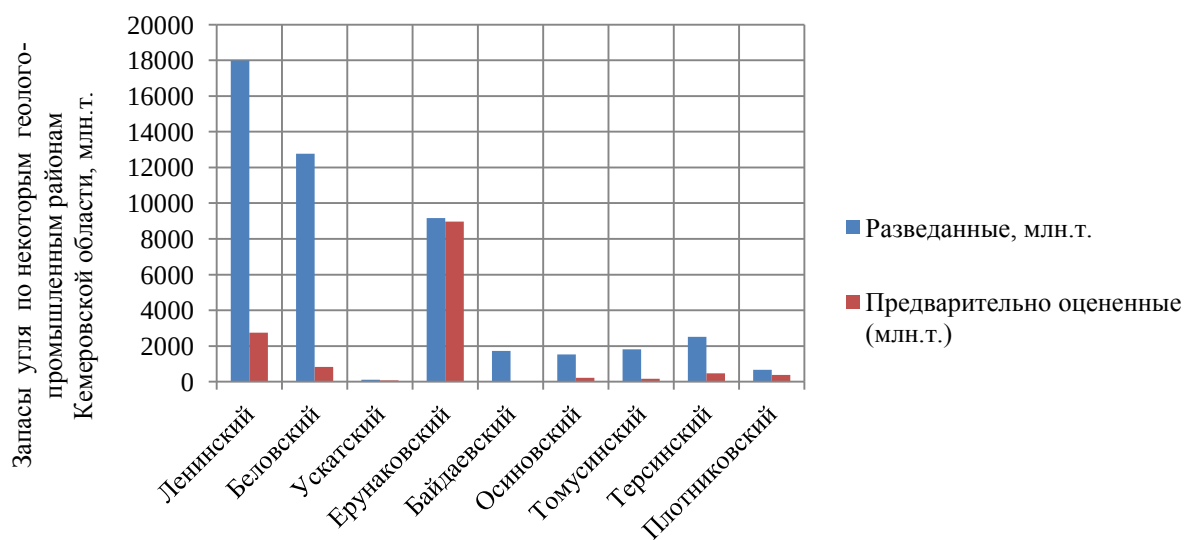
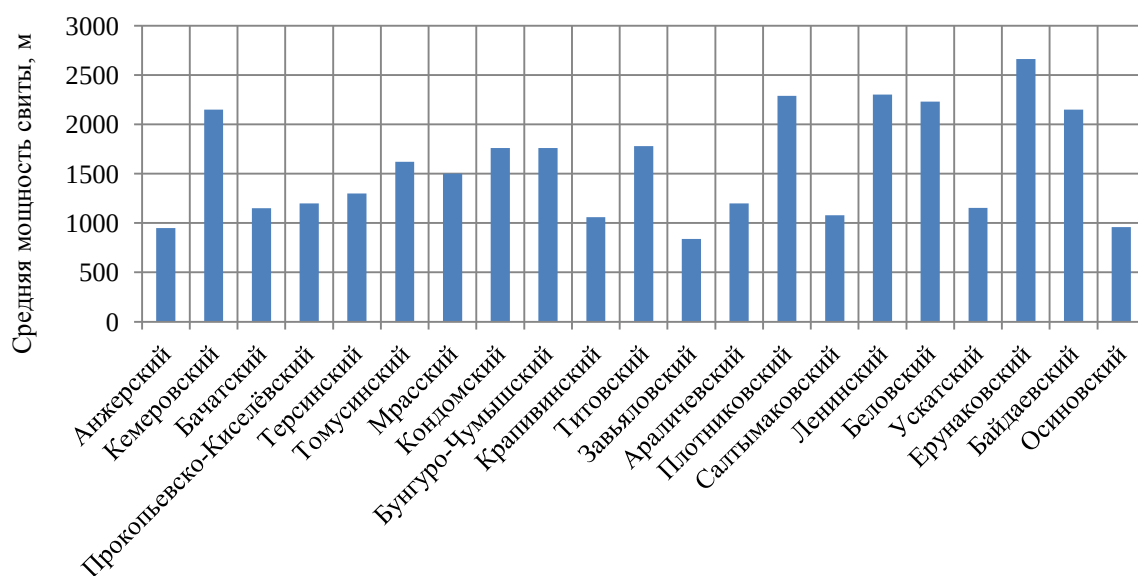
Прокопьевско-  
Киселевский

Рис.1.1.1. Примеры геологических профилей угольных месторождений на-  
клонного и крутого падения в Кемеровской области.

а)



б)

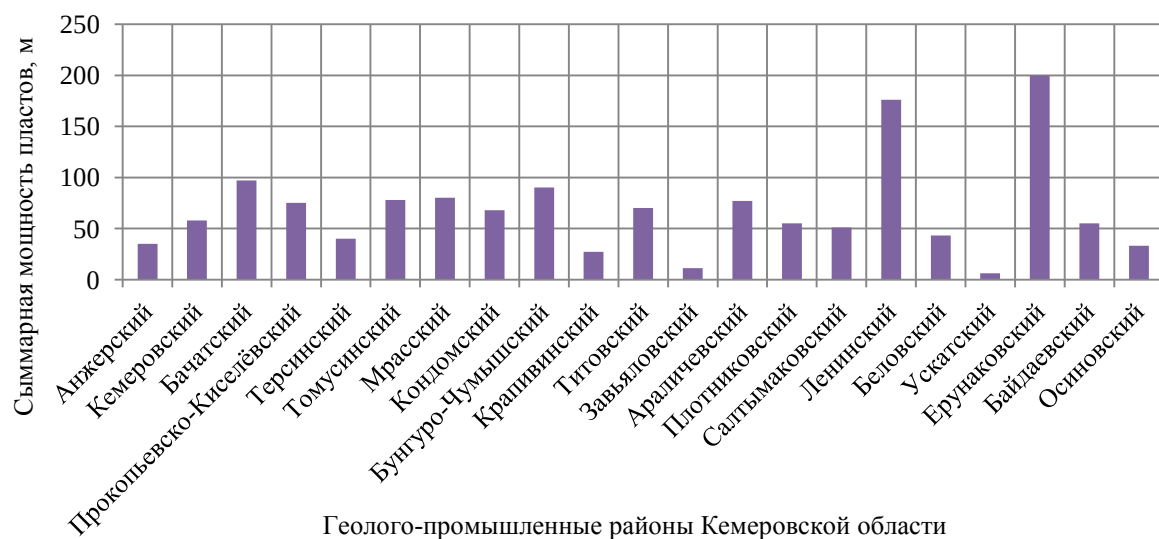


Геолого-промышленные районы Кемеровской области

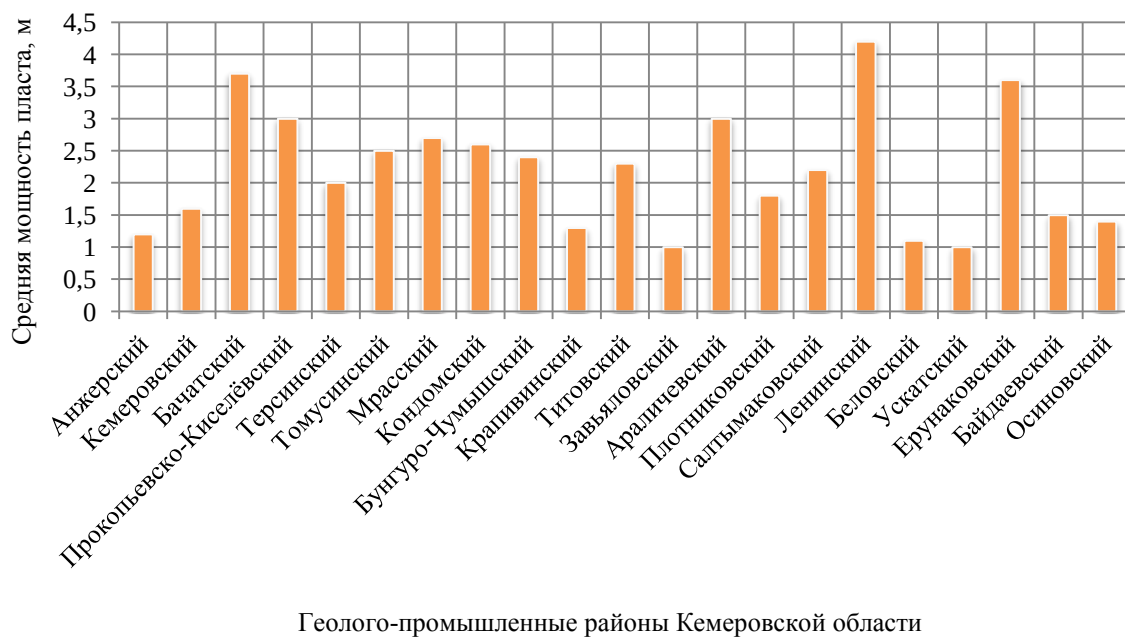
в)



г)



д)



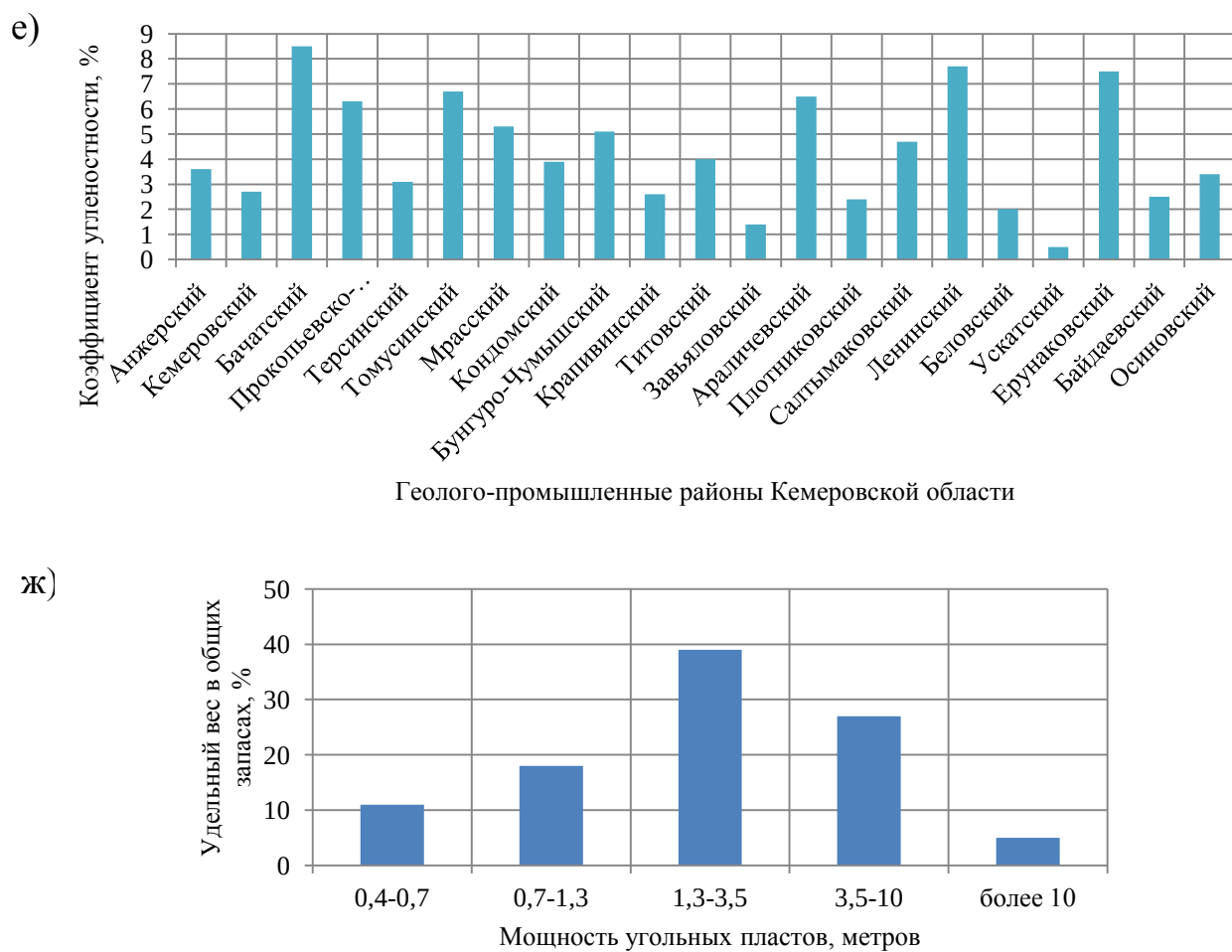


Рис.1.1.2. Характеристика горно-геологических условий залегания наклонных и крутопадающих залежей по геолого-промышленным районам Кемеровской области: а) разведанные и предварительно оцененные запасы; б) средняя мощность свиты; в) число угольных пластов в свите; г) суммарная мощность пластов в свите; д) суммарная мощность пласта; е) коэффициент угленостности; ж) удельный вес угольных пластов (по мощности) в общих запасах.

Анализ данных представленных на рис.1.1.2а-ж позволяет заключить следующее. Совокупно по данным работ [30,31,75] и рис.1.1.1а уточненные по Кузбассу запасы каменного угля составляют 55-57млрд.т, в том числе для открытых горных работ 11 млрд.т. При годовой добыче 200 млн.т. устойчивая добыча обеспечена на 200-220лет. Диапазон колебаний различных параметров, характеризующий свиту пластов следующий:

- мощность свиты изменяется от 700м. (Завьяловский район) до 2500м. (Ерунаковский район);
- число угольных пластов в свите от 7 (Ускатский район) до 60 (Ерунаковский район);
- суммарная мощность угольных пластов в свите от 6м. (Ускатский район) до 200м. (Ерунаковский район);
- средняя мощность угольного пласта 1м. (Завьяловский, Беловский и Ускатский районы) до 4,3м. (Ленинский район);
- коэффициент угленостности от 0,2 (Ускатский район) до 8,3 (Бачатский район);
- удельный вес в общих запасах по угольным пластам различной мощности изменяется в пределах от 5% (10м) и 38% (1,3-3,5м).

При этом с позиции технологии производства открытых горных работ такие месторождения считаются сложнострутурными.

Для угольных месторождений Кузбасса характерно наличие угленасыщенных зон, представленных чередующимися пластами угля и породными междупластьями, в общем объеме горной массы угленасыщенные зоны составляют около 70 %. Наличие таких зон значительно осложняет технологию извлечения угольных пластов. В среднем на одном разрезе отрабатывается 9 угольных пластов и 8 междупластий породы с предельными колебаниями их количества от 2 до 17. При разработке пластов сложного строения, доля которых в целом по бассейну составляет около 50 %, доля отдельно извлекаемых частей горного массива возрастает до 100-150.

Угли Кузбасса являются преимущественно гумусовыми каменными углями, весьма разнообразными по качеству, связанному главным образом с их петрографическим составом и степенью метаморфизма.

По петрографическому составу угли делят на две группы: блестящие (витрено-клареновые угли); матовые и полуматовые (дюреновые угли).

По степени метаморфизма угли колеблются от длиннопламенных до тощих. На месторождениях Кузбасса вскрышные породы разрезов представлены в основном песчаниками и в меньшей степени аргиллитами и алевролитами. Все месторождения покрыты толщей четвертичных отложений, представленных суглинками. Мощность этих отложений изменяется от 2-8 до 10-25 м. и, как исключение, до 40-45 м. (Бачатский и Ерунаковский районы).

Таким образом, приведенные выше сведения о геологическом строении наклонных и крутопадающих залежей Кузнецкого угольного бассейна позволяют отметить, что угольные месторождения, разрабатываемые открытым способом, характеризуются сложными условиями и имеют следующие особенности:

- большую протяженность залежей при значительных глубинах залегания;
- свитовое залегание пластов различной мощности;
- различные углы падения пластов;
- значительное количество нарушений по падению и простиранию;
- различную мощность рыхлых отложений;
- большой диапазон значений крепости вмещающих пород.

Разнообразие горно-геологических условий залегания угольных пластов на месторождениях Кузбасса предопределяет различие технологических вариантов их разработки.

## **1.2. Проработка базисов недостатков систем разработки и технологий производства открытой угледобычи**

Основными предпосылками к порядку формированию систем и технологий разработки месторождений Кемеровской области являются горно-геологические условия залегания угольных пластов.

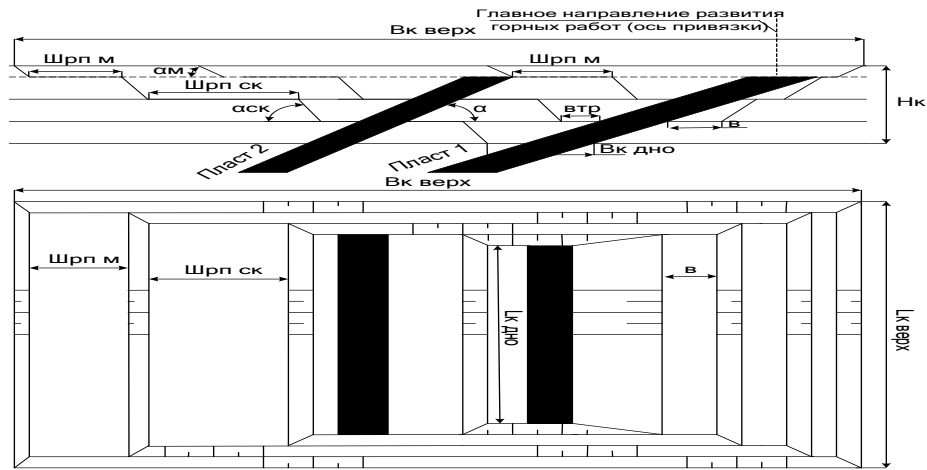
В практике производства открытой угледобычи, в Кемеровской области начиная с момента ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов “Бачатский”, “Краснобродский” и других до настоящего времени, преимущественно имела и имеет место углубочная продольная одно или двух бортовая система разработки (отсюда и далее классификация систем открытой разработки по акад. В.В. Ржевскому [114,115]) (рис.1.2.1а,б,в).

В основу УД закладывается развитие горных работ по падению угольных пластов, а приращение рабочей зоны в плане горных работ является производным от первоначального главного развития горных работ по глубине. Дело в том, что при такой системе разработки вскрытие и подготовка месторождения к выемке угля осуществляются применительно к одному наиболее мощному пласту свиты (см .рис.1.2.1а,б), а остальные пласты отрабатываются попутно с подходом фронта работ к ним в большинстве случаев со стороны лежачего бока наиболее неблагоприятного по условиям их выемки.

Использование УД приводит к необходимости размещения пород вскрыши на внешних отвалах, что влечет за собой ухудшение нагрузки на окружающую природную среду и увеличению ресурсозатрат.

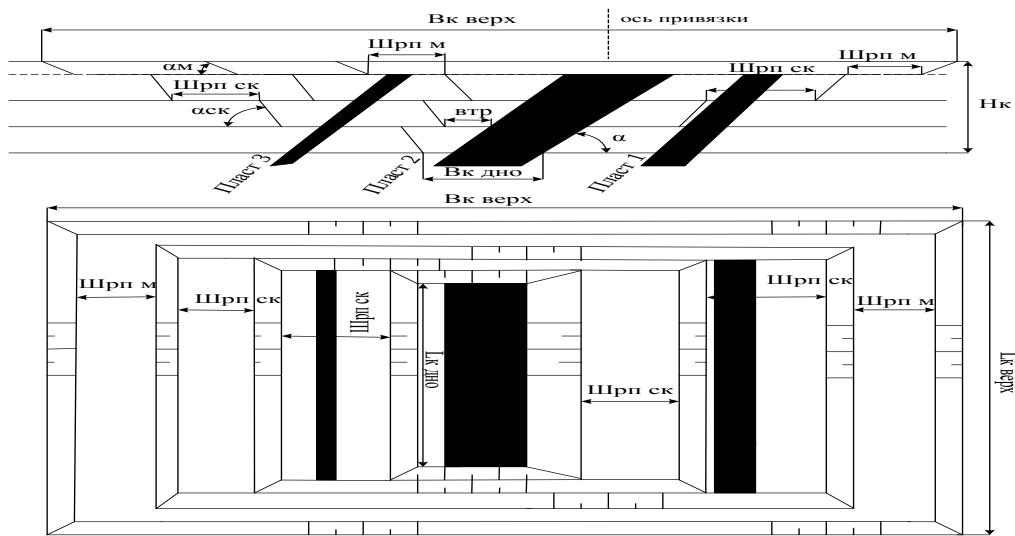
Перемещение огромных объемов вскрыши на внешние отвалы, расположенные, как правило, на значительном расстоянии от забоев приводит к росту количества транспортных средств и вспомогательного оборудования. Следовательно, применяемая в настоящее время УД не полностью соответствует условиям залегания угольных пластов и необходимо изыскивать более совершенные технологические решения. Эти системы разработки базируются на технологиях с применением традиционных технических средств, причем перемещение породы из забоя в отвал осуществляется с помощью колесных средств транспорта, т.е. преобладающим является транспортная технология (рис.1.2.2). Однако в последнее десятилетие в проектной документации стали появляться технологические решения, направленные на снижение некоторых негативных последствий производства открытой угледобычи.

а)



однобор-  
товая сис-  
тема раз-  
работки  
(УДО) на-  
клонных  
пластов

б)



двухбор-  
товая сис-  
тема раз-  
работки  
(УДД)  
крутопа-  
дающих  
пластов

в)



панорам-  
ная аэро-  
фото-  
съемка  
угольного  
разреза  
«Бачат-  
ский» -  
(УДД).

Рис. 1.2.1. Общий вид углубочной продольной системы разработки  
На рис.1.2.1. приняты следующие обозначения: Нк –глубина карьера, м.; Лк.  
верх – длина карьера по верху, м.; Лк. дно – длина карьера по дну, м.; втр –

ширина дна разрезной траншеи, м.; Вк.верх – ширина карьерного поля по верху, м.; Вк.дно – ширина карьерного поля по дну, м.; в – ширина бермы, м.; Шрп.м – ширина рабочей площадки по мягким породам, м.; Шрп.ск – ширина рабочей площадки по скальным породам, м.;  $\alpha$ м – угол откоса уступа по мягким породам, град.;  $\alpha$ ск – угол откоса уступа по скальным породам, град.; ось привязки – главное направление развития горных работ в карьере

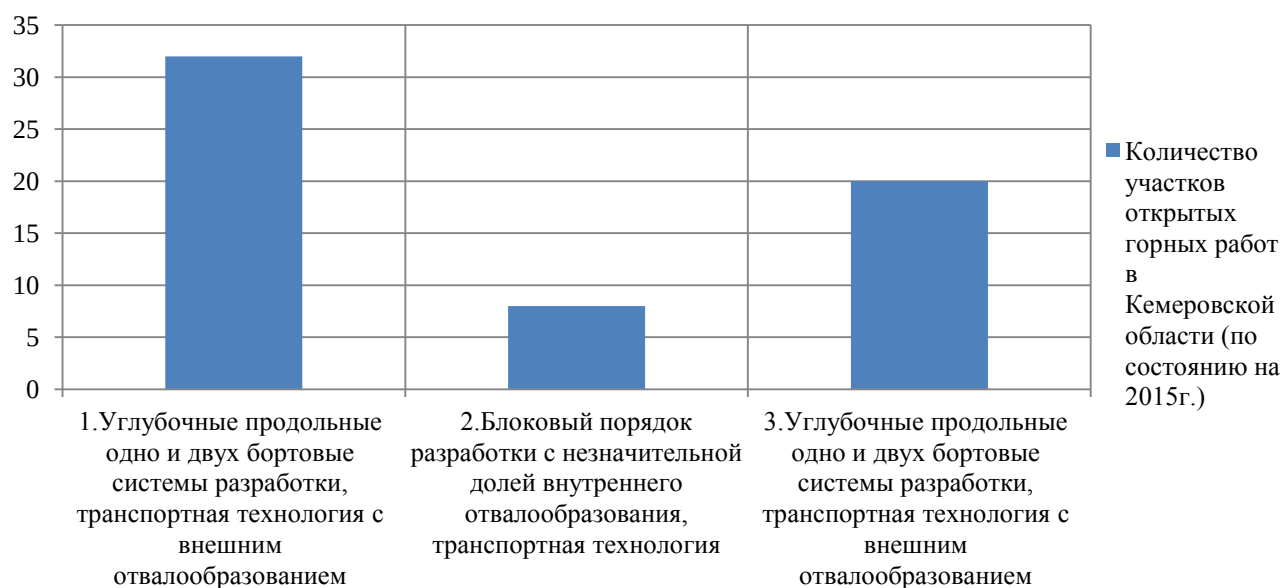


Рис.1.2.2. Гистограмма количественного распределения систем открытой разработки по угольным разрезам Кемеровской области: 1 - углубочные продольные односторонние и двусторонние; 2 – блочная система разработки (по Б.Т. Рутковскому); 3 – участки открытых горных работ на полях ликвидированных шахт

К числу таких решений можно отнести внедрение блочных технологий отработки карьерного поля. Сущность технологии состоит в делении карьерного пространства на блоки, из которых первоначально отработывается до проектной глубины с размещением вскрышных пород на внешнем отвале, а затем по мере образования выработанного пространства последующие блоки отработываются с размещением вскрыши в образовавшемся пространстве предыдущего [119].



К числу угольных разрезов с блоковой системой разработки можно, к примеру, отнести действующие разрезы “Виноградовский” и “Прокопьевский”.

Как показывает анализ систем разработки и технологий (рис.1.2.1 и 1.2.2) преимущественное распространение получили УДО и УДД (более 50 угольных разрезов), а блоковый порядок разработки с внутренним отвалообразованием практически мало реализован (не более 10 угольных разрезов). В добавление к сказанному, такие системы разработки и технологии производства способствует прогрессирующему темпу отчуждения земель, которые подчас важны для сельскохозяйственного назначения и в связи с территориальной ограниченностью Кемеровской области (землеемкость открытых горных работ в Кемеровской области достигает до 55Га/млн.т.).

Детальное представление по нарушаемым территориям земной поверхности при открытой угледобыче, тенденции снижения площадей земель сельскохозяйственного назначения и прогноз развития уровня добычи в Кемеровской области без существенного влияния на экологию приведены далее (рис.1.2.3) [35].



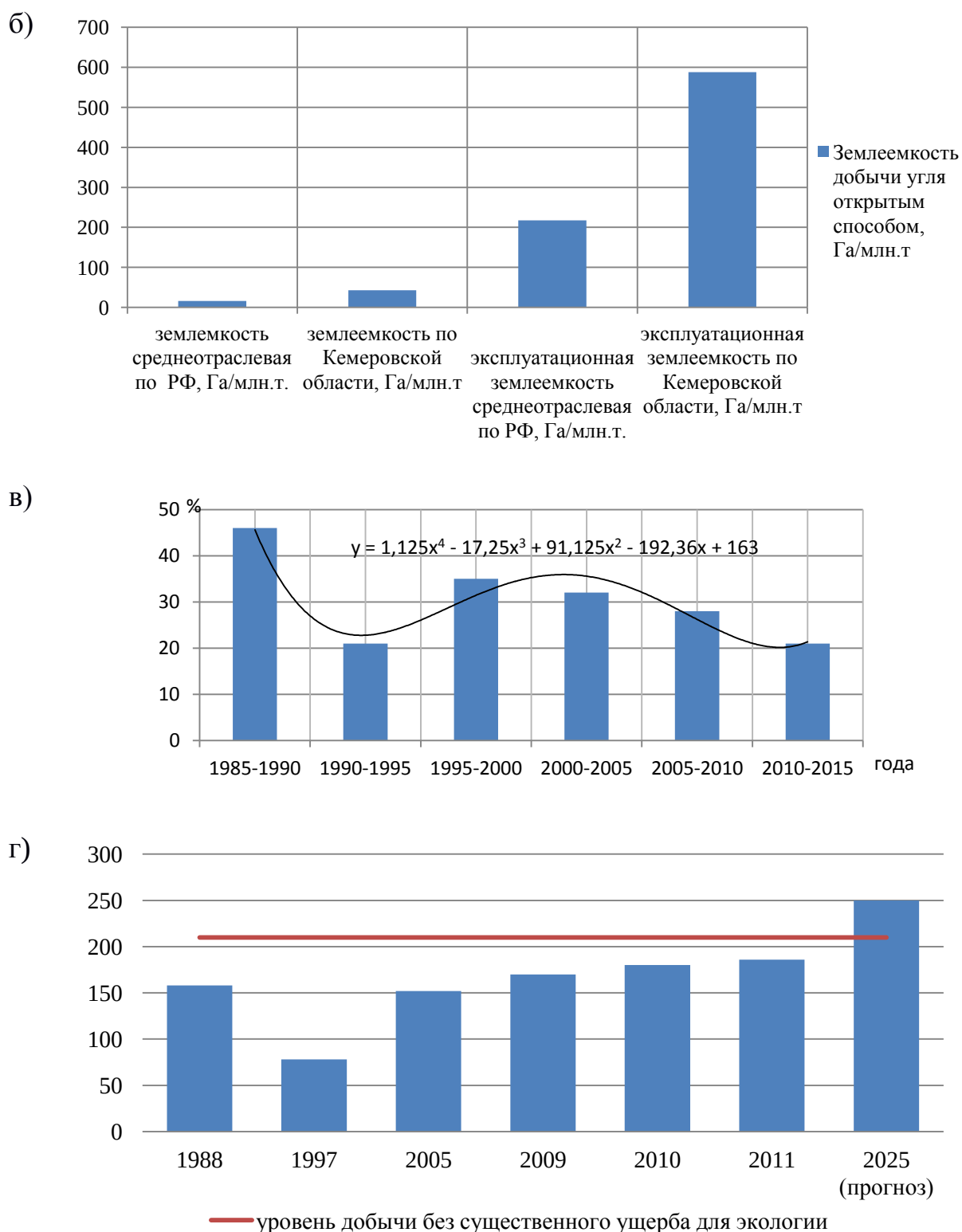


Рис.1.2.3. Воздействие открытой угледобычи: а) поэлементное нарушение площади земной поверхности; б) средняя и эксплуатационная землеёмкость; в) тенденция снижения земель сельхозназначения в Кемеровской области; г) уровень добычи угля без существенного ущерба для экологии (по аналитическим данным интернет ресурса “Эксперт-Сибирь”) [35]

Примерно паритетное соотношение в структуре площадей нарушаемых земель (рис.1.2.3а) говорит о том, что негативное влияние на прогрессивные темпы оказывает порядок отработки угольного разреза – УД, а именно значительную долю нарушаемых территорий занимает карьерное поле (до 33%) и внешний отвал (до 42%). По этой причине землеемкость добычи угля в Кузбассе превышает среднеотраслевую почти в 3 раза (рис.1.2.3б) и вместе с тем, Кемеровская область имеет ограниченные сельскохозяйственные ресурсы (рис.1.2.3в).

В конечном итоге при такой тенденции (рис.1.2.3г) могут быть негативные последствия по увеличению экологической нагрузки на Кемеровскую область [132-145].

Как отмечается в работе [178] по комплексному анализу систем разработки и технологий, применяемых на действующих разрезах Кузбасса, разрабатывающих свиты угольных пластов наклонного и крутого падения, позволил выявить ряд негативных сторон, снижающих эффективность угледобычи:

- большая дальность транспортирования вскрыши на внешние отвалы (до 6км.);
- многомиллионные объемы вскрыши, размещаемые во внешних отвалах (рис.1.2.4а);
- высокий текущий коэффициент вскрыши (рис.1.2.4б);
- отчуждение земель под внешние отвалы; невозможность качественной подготовки маломощных угольных пластов к выемке;
- ограниченное пространство для маневрирования выемочного и транспортного оборудования при попутной выемке угольных пластов свиты;
- невозможность применения бестранспортного перемещения пород в выработанное пространство и т.п.

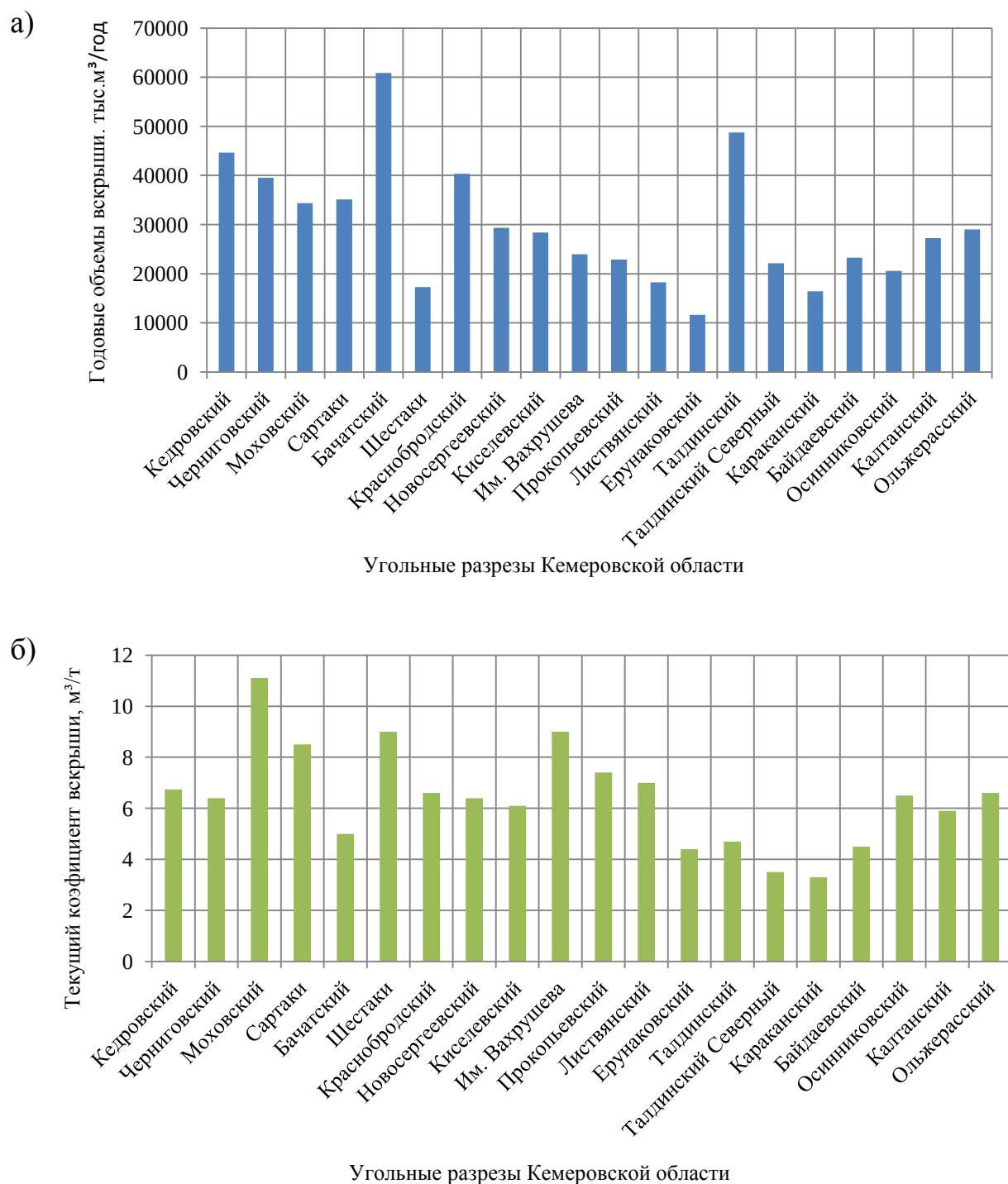


Рис.1.2.4. Динамика ежегодных объемов вскрышных работ по угольным разрезам Кемеровской области (а) и величина текущего коэффициента вскрыши (б)

Резюмируя вышесказанное, можно привести выражение академика Л.Н. Добрецова (Председатель объединенного ученого совета СО РАН «Наука о земле») [175] «отвалы – это бомба замедленного действия, вред от них не сразу проявляется».

### **1.3. Внутреннее отвалообразования на разрезах, проектные решения и опыт практического применения**

Как уже отмечалось в п. 1.2 в настоящее время при отработке угольных месторождений применяется в основном УДО, УДД, реже блоковая. Образуется техногенный ландшафт, представляющий собой чередование карьерных выемок различной глубины с отвалами вскрышных горных пород. Продольная система разработки наиболее полно отражает (соответствует) простым построению месторождениям, представленным одиночными пластами горизонтального и пологого залегания, когда обеспечивается полнота и качество выемки вследствие привязки вскрытия и развития фронта работ к одному пласту. При этом обеспечивается возможность размещения всего объема пород или значительной его части в выработанном пространстве (к примеру, как на угольных разрезах Южного Кузбасса).

Анализ практического опыта и проектного материала по размещению вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля позволил получить следующие выводы: для условий УДО и УДД, реализация в промышленных масштабах горных предприятий затруднена по нескольким основным предпосылкам.

Причина первая - порядок развития рабочей зоны в карьерном поле (зона углубляется постоянно, до момента затухания горных работ в карьере) (рис.1.3.1) т.е. при углублении горных работ увеличивается объем выработанного пространства и вместе с ней доля выработанного пространства карьера (рис.1.3.2), одновременно выработанное пространство, как потенциальная емкость для складирования вскрышных пород используется только к завершающемуся периоду эксплуатации карьера, иными словами недостатком является сама система разработки.

Причина вторая - известные теоретические проработки по размещению вскрышных пород в выработанном пространстве малочисленно реализо-

ваны применительно к режиму действующих карьерных полей и участков открытых горных работ на ликвидированных шахтных полях, т.е. должен быть системный (не единичный) подход по увеличению долевого участия внутреннего отвалообразования применительно к режиму действующего карьерного поля.

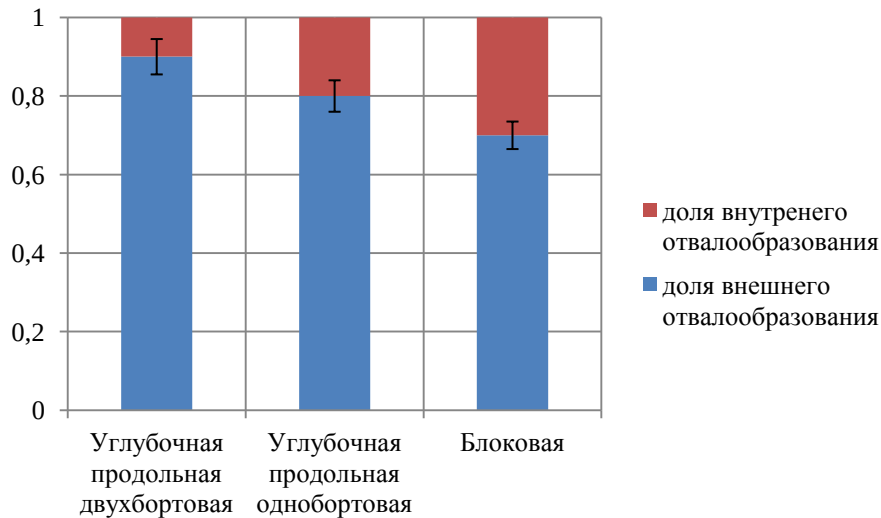


Рис. 1.3.1. Укрупненные пропорции внешнего и внутреннего отвалообразования при углубочных продольных и блоковой системе разработки

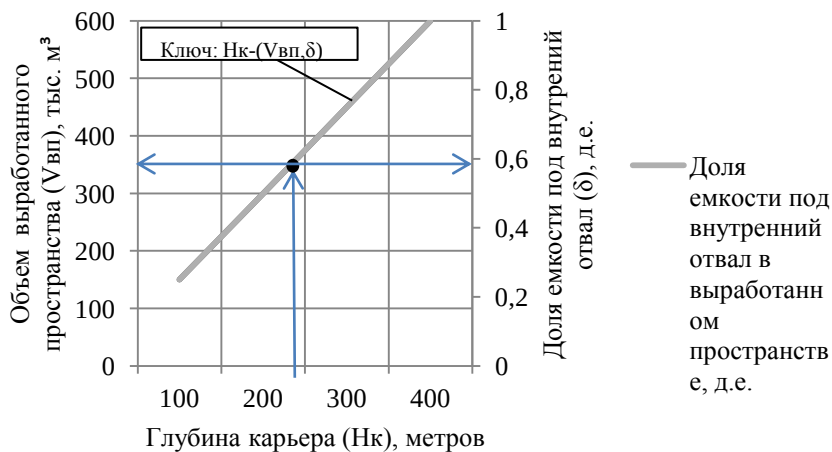


Рис. 1.3.2. Зависимость доли выработанного пространства карьера (д.е.) от его глубины (м) и объема выработанного пространства (тыс.м<sup>3</sup>)

Из рис.1.3.1. видно, что долевое участие внутреннего отвалообразования очень низкое и объясняется тем, фактом, что оно приурочено к моменту

затухания горных работ в карьерном поле и составляет с учетом планки погрешностей (см. рис. 1.3.1) для УПД – 10-15%, УПО – 15-20%. При блоковой системе разработки доля несколько выше и достигает до 20-25% - такой дисбаланс пропорций внешнего и внутреннего отвалообразования поясняется следующим фактом.

Совместный анализ работы Рутковского Б.Т. [120] и графика (рис.1.3.2) зависимости доли выработанного пространства карьера от его глубины и объема выработанного пространства позволяет сказать о том, что реализация блоковой системы разработки помогает увеличить долю. Вместе с тем некоторые угольные разрезы эксплуатируются более 50 лет, а единичное внедрение происходит только в последнее время (5-8лет).

В конечном итоге временной разрыв от начала эксплуатации действующих карьерных полей и моменту внедрения процесса заполнения выработанного пространства карьерного поля вскрышей приводит к незначительности процесса внутреннего отвалообразования.

Внешний отвал вскрышных пород как объект всегда динамично развивается во времени и пространстве. Основополагающий момент по формированию отвала (ов) основывается на пункте “Правил.....” [44]: Местоположение, количество, порядок формирования и эксплуатации внутренних и внешних отвалов, их параметры определяются проектом”.

Анализ проектной документации по угольным разрезам позволил выделить признаки функционирования внешних отвалов: «расположение и развитие контуров» (рис.1.3.3) [134].

По количеству отвалов:

- один;
- два и более.

Пространственное расположение:

- по периметру вдоль длиной оси карьерного поля;
- по периметру в торце карьерного поля;

- смешанное расположение отвалов.

Развитие контуров внешних отвалов:

- в сторону карьерного поля;
- от карьерного поля;
- комбинированное направление развития контуров отвала

Значительный удельный вес расположения внешних отвалов вскрышных пород приходится, когда они расположены по периметру карьерного поля вдоль длинной оси карьерного поля (рис.1.3.3а), реже по торцам и смешанное расположение, по направлению развития контуров в основном однонаправленное развитие внешнего отвала и контуров карьерного поля (рис.1.3.3б).

Из этого следует причина третья – значительная доля расположения внешних отвалов вскрышных пород по периметру карьерного поля и направленность контурного развития совокупной системы «карьер - внешний отвал» навстречу друг другу будут являться ограничителем развития карьерного поля в плоскости пространственного расположения и развития внешнего отвала.

Целесообразность внедрения систем разработки и технологий с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля рассматривалась в трудах ученых-горняков нашей страны Шешко Е.Ф., Ржевского В. В., Трубецкого К. Н., Арсентьева А. А., Богданюка В. Е., Васильева Е. И., Томакова П. И., Коваленко В. С., Косолапова А. И., Дриженко А. Ю., Истомина В. В., Корякина А. И., Ермолаева В. А., Михальченко В. В., Прокопенко С. А., Пронозы В. Г. Цепилова И. И., Колесникова В. Ф., Рутковского Б. Т., Меньшонка П. П., Ческидова В. И., Саканцева Г. Г. Ненашева А. С., Анистратова Ю. И., Бубиса Ю. В., Истомина В. В., Медникова Н. Н., Холоднякова Г. А., Хролина В. А., Пастихина Д. В., Таланина В. В. и многих других [11,15,17,29,38,40,45-47,49,54,59-61,66,68-71,76,81,84,85-87,89,103,112,117,119,124,131,143,145,147-162,164,170,178,182].



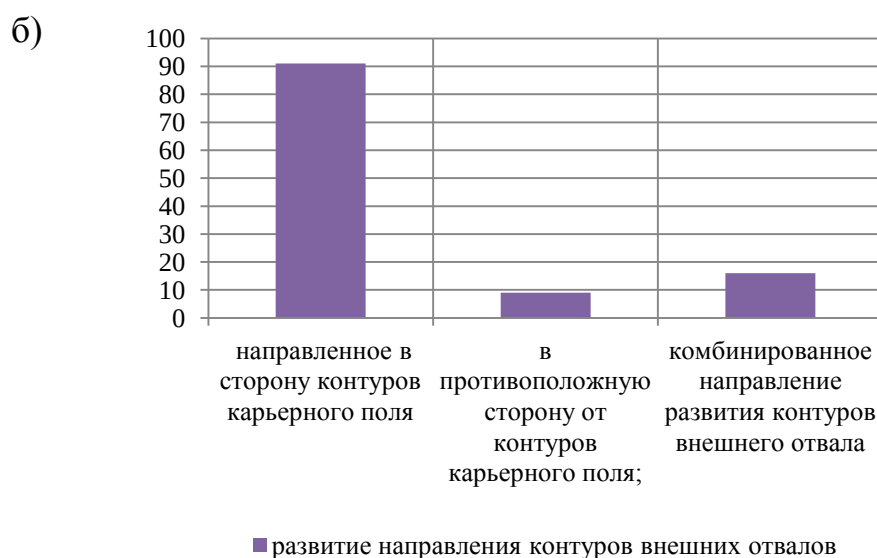


Рис.1.3.3.  
Оценка динамики внешних отвалов вскрышных пород на разрезах Кемеровской области: а) расположение внешних отвалов; б) направление развития контуров внешнего отвала; в) панорамная фотосъемка внешнего отвала и карьерного поля

Разработка карьерных полей блоками рассматривалась в работах Рутковского Б.Т. [119], сущность заключается в предварительном разделении

карьерного поля на отдельные блоки, разрабатываемые последовательно (рис.1.3.4).

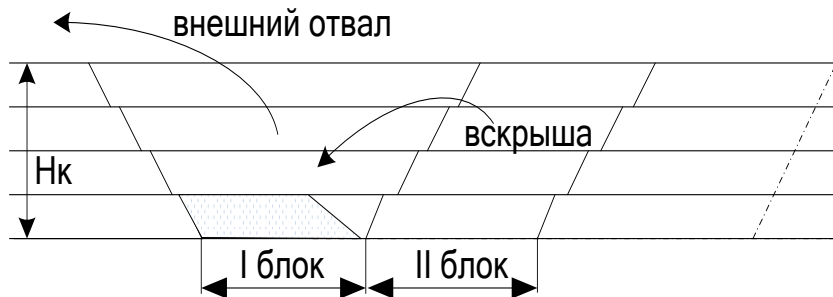


Рис. 1.3.4. Блокная система разработки по Б.Т. Рутковскому.

На рис. Нк - глубина карьера, м.

Причем отработка первоочередного блока осуществляется по продольной углубочной системе разработки с транспортной технологией и вывозкой всего объема вскрыши на внешние отвалы. Затем последующий блок отрабатывается по той же технологии, что и первый, но вскрыша вывозится в выработанное пространство от первого блока. Этому варианту блочной технологии присущи большинство недостатков традиционной технологии. Вся порода во внутренний отвал размещается с применением транспортной технологии.

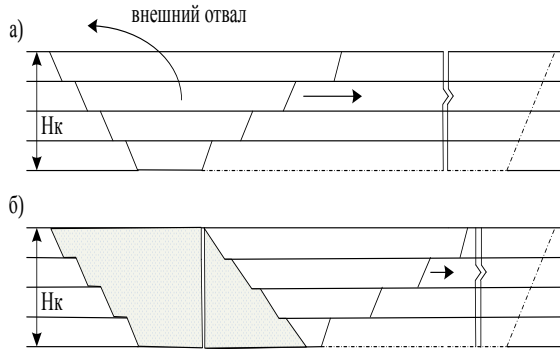
Из научных публикаций [11,15,17,29,38,40,45-47,49,54,59-61,66,68-71,76,81,84,85-87,89,103,112,117,119,124,131,143,145,147-162,164,170,178,182]. известно, что при разработке наклонных и крутопадающих угольных залежей могут применяться следующие виды поперечных систем разработки: углубочно-сплошная (УС), поэтапно-углубочная (ПУ), блочно-слоевая (БС), челночно-слоевая (ЧС) (рис.1.3.5).

Эти системы разработки характеризуется следующими этапами развития горных работ:

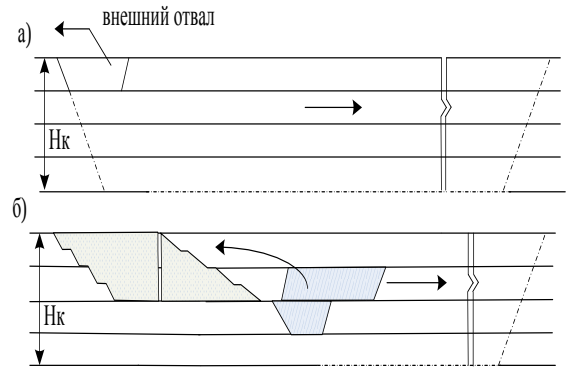
- формирование первоначальной емкости в границах карьерного поля для внутренних отвалов;

- отработка основной части карьерного поля со складированием вскрышных пород в выработанном пространстве карьера.

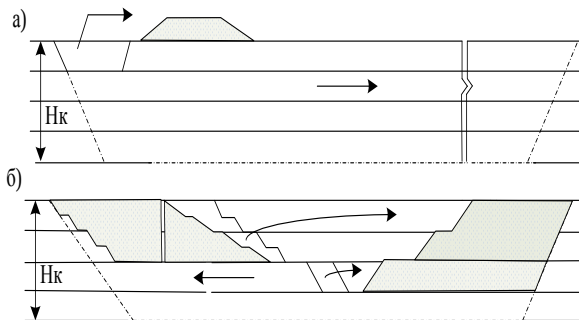
Поперечная система разработки угольных месторождений с созданием карьера первой очереди (к.т.н. Томаков П.И.)



Поэтапно-углубочная система разработки угольных месторождений (д.т.н. Коваленко В.С.)



Челночно-слоевая система разработки угольных месторождений (Кемеровский филиал НИИОГР)



Поперечная блочно-слоевая система разработки угольных месторождений (д.т.н. Корякин А.И.)

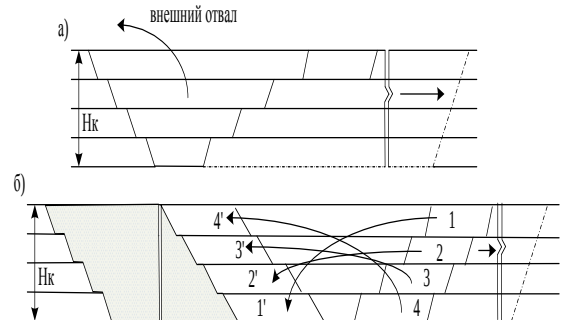


Рис. 1.3.5. Поперечные системы разработки наклонных и крутопадающих угольных месторождений

На рисунке приняты следующее обозначение: Нк –глубина карьера, м.; 1,2,3,4 – порядковый номер отработки слоя на забойной стороне карьерного поля; 1',2',3',4' - порядковый номер яруса на отвальной стороне карьерного поля.

В настоящее время отдельные элементы систем разработки с внутренним отвалообразованием находят применение при составлении проектной документации разрезов “Кедровский”, “Виноградовский” и др. Однако, как показывает комплексный анализ проектного материала, внедрение в проектную практику таких систем разработки происходит не с позиции их комплексной реализации, а лишь фрагментарно. К примеру, по разрезу «Виноградовский» (Кузбасская топливная компания) проектные решения по разработке участка, выполнялись в 2004, 2007 и 2010 и постепенно совершенствовались [111]. Поле разреза длиной около 4,2км. и шириной около 1,3км. сразу было разделено на три блока с глубиной отработки 200м. Предусматривался переход от первоначально принятой и морально устаревшей блочной продольной двухбортной системы разработки к несколько более совершенной блочной комбинированной (продольно-поперечной). Но и этот комбинированный порядок разработки в проектом варианте остается полумерой и имеет низкую концентрацию горных работ. Осталась высокая дальность транспортирования пород вскрыши на отвалы, задерживалась формирование внутреннего отвала участка.

Остаются сложными технологии и организация переходов от продольной к поперечной системе разработки из блока в блок, а так же совмещение работ на рабочем борту с внутренним площадным отвалообразованием. Причиной этого, как показывает анализ последних проектных решений 2010г. является продолжающееся частичное применение проектами элементов продольных систем разработки на первоначальном этапе разработки каждого очередного блока.

Академик В. В. Ржевский в своих трудах предлагал разновидности УС и СП [114].

По Кемеровской области в диссертационной работе В.И. Кузнецова [75] приведены рекомендуемые системы разработки с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля.

В качестве примера практической реализации систем разработки с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве следует отметить использование поперечной сплошной однобортовой системы разработки в условиях разреза «Краснобродский» [40] .

Подводя итоги по пункту:

- к настоящему времени имеется большой теоретический задел доказывающий эффективность внедрения и реализации систем открытой разработки с внутренним отвалообразованием, в том числе, применительно к условиям разрезов Кемеровской области;
- стандартные проектные решения, базирующиеся на известных теоретических посылах и чисто формализованный подход к обоснованию тех или иных проектных проработок - “шаблонность”, подталкивает к фрагментарному, а не комплексному внедрению;
- внедрение в проектную практику должно сопровождаться дополнительным обоснованием параметров и области эффективного применения таких систем разработки, относительно конкретных горно-геологических и технологических условий действующего производства, т.е. должны дополнительно выполняться конструктивно-параметрические проработки применительно к условиям конкретного разреза.

#### **1.4. Постановка проблемы диссертационной работы, цель, задачи исследования**

Как отмечается в требованиях Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации диссертация на соискание ученой степени доктора наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

1 разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное достижение;

2 решена крупная научная проблема, имеющая важное социально-культурное или хозяйственное значение;

3 изложены научно обоснованные технические, экономические или технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны и повышение ее обороноспособности.

В разных научно-технических источниках литературы проблема исследования – есть логическое завершение описания актуальности темы исследования, где автор указывает на то, что его тема не может или не могла бы быть реализована без решения проблемы.

Проблема всегда появляется на стыке старого и нового знания: когда одно знание уже устарело, а новое еще не появилось (позиция 1); проблема может быть уже решена в науке, но не реализована на практике (позиция 2); моральное устаревание известных технологических решений (позиция 3).

Если рассмотреть значение термина «научная проблема», то приводится несколько трактовок, но наиболее подходящее из них гласит: выявление противоречий между существующими теоретическими предпосылками и вновь обнаруженными фактами, убедиться в невозможности разъяснить ситуацию на базе старой теории.

Применительно к диссертационной работе трактовка проблемы может быть построена на логической схеме укрупненной детализации объекта и предмета исследования, в части научно обоснованных технических, экономических или технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны (рис.1.4.1). Анализ логической схемы показывает, что стандартные проектные решения, базирующиеся на известных теоретических посылах ( углубочная продольная система разработки с блоковым порядком отработки карьерного поля) приводит к немногочисленному использованию процесса внутреннего отвалообразования (по-

перечные системы разработки), т.е. механизм реализации не носит системный характер.



Рис.1.4.1. Логическая схема детализации объекта и предмета при постановке проблемы диссертационного исследования

В добавление, как подчеркивалось в многочисленных трудах ученых горняков нашей страны «Весомой причиной, почему конструирование новых

видов систем разработки не находят повсеместного внедрения в проектную практику и последующее практическое применение в том, что основное отличие проектных работ от научно-исследовательских заключается в том, что в процессе проектирования не ищут новых методов, технологических или конструктивных решений, а используют уже известные стремясь добиваться при этом наилучшего результата» (позиция 1,2,3).

К тому же указанные выше отличительные особенности изготовления проектной документации от научно-исследовательской работы состоят в том, что в проектировании для того чтобы достичь максимальных результатов используют шаблонные технологические решения, при известных теоретических подходах. Следовательно, применяемые системы разработки не всегда отражают условиям современных требований, и необходимо изыскивать более совершенные технологические решения.

Следует сделать ремарку, что в перспективе применение более совершенных систем разработки и технологий позволят приблизиться к полному отказу от внешнего отвалообразования.

Таким образом, отсутствие более развитой теоретической базы по структурным схемам очередности в составе «гибких» [84] технологий для всех групп месторождений; на первоначальном этапе (на обобщающем уровне) учитывается общий для всех месторождений основной принцип — подход и дополнительные подходы к формированию схем.

Это, прежде всего, основные для структурных схем пространственно-планировочные, а также дополнительные организационные технологические решения. В совокупности основной и дополнительные подходы образуют новые признаки структурных схем очередности. К настоящему времени отсутствие таких подходов является еще одним моментом по сдерживанию повсеместного внедрения в проектную практику систем разработки с внутренним отвалообразованием.



Принимая во внимание эти факты, требуется модернизация теоретической базы поэтапной трансформации углубочных продольных в сплошные поперечные при конструктивно-параметрическом развитии известных: теоретических предпосылок и научных проработок; известных проектных решений и опыта практического применения.

Применительно к условиям разрезов Кузбасса автором в работе предложена модернизированная интерпретация к формированию структурных схем очередности отработки карьерных полей на основании конструктивно-параметрических проработок адаптации режима внутреннего отвалообразования.

Таблица 1.4.1

#### Логическая схема исследования

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Актуальность</b> - развитие систем и технологий открытой разработки с внутренними и внешними отвалами применительно к участкам ликвидированных шахт и карьерных полей угольных разрезов, комплексно обеспечивающих повышение эффективности открытых горных работ, снижению землеемкости открытой угледобычи и экологической нагрузки в Кемеровской области. |                                                                                                           |
| <b>Цель</b> - развитие ресурсосберегающих технологий разработки угольных месторождений с наклонным и крутым залеганием пластов                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Объект</b> - системы и технологии открытой разработки наклонных и крутопадающих угольных месторождений |
| <b>Предмет</b> - пространственно-планировочные и организационные технологические связи системы «карьерное поле - отвал вскрышных пород» при разработке угольных месторождений с наклонным и крутым залеганием пластов                                                                                                                                          |                                                                                                           |
| <b>Идея</b> - заключается в использовании комплекса научных и технологических решений по управлению процессом функционирования объектов «карьерное поле - отвал вскрышных пород», оказывающих влияние на текущую землеемкость и технико-экономические показатели производства открытой угледобычи                                                              |                                                                                                           |

| Задачи исследования                                                                                                                                                                   | Научные положения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.Определить параметры технологического процесса перехода от углубочных продольных в сплошные поперечные системы разработки для условий действующих карьерных полей угольных разрезов | параметры технологического процесса перехода от углубочных продольных к сплошным поперечным системам разработки наклонных и крутопадающих залежей в условиях действующих карьерных полей угольных разрезов определяются матрицей синхронизации систем, которая включает в себя в качестве элементов показатели фактического функционально-структурного состояния горных работ и возможные варианты их развития в переходный период |
| 2.Обосновать систему и технологию открытой разработки запасов на полях ликвидированных шахт с формированием внутренних отвалов                                                        | систематизированные варианты комбинированной транспортно-бестранспортной технологии перемещения вскрышной породы во внутренний отвал при углубочно-сплошной поперечной одно бортовой системе открытой разработки породугольного массива ликвидированных шахт, определяются интервальными рядами динамики диапазоном 142–680тыс.м <sup>3</sup> при высоте рабочей зоны 30–120м                                                      |
| 3. Обосновать систему и параметры технологии при проектировании блокового порядка открытой разработки перспективных угольных месторождений                                            | блочно-слоевая система разработки перспективных угольных залежей с автотранспортной перевозкой вскрыши на границу разделения забойной и отвальной сторон карьерного поля и дальнейшей перевалкой в выработанное пространство по бестранспортной технологии                                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                 | функционально устанавливается от параметров угленасыщенной зоны, что предопределяет отсыпку серийно изготавливаемыми драглайнами 2–5 ярусных отвалов с высотой 38–193м                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4. Установить параметры поэтапного складирования вскрышных пород во внешних низкопрофильных отвалах, обеспечивающих сокращение дальности транспортирования, уменьшение текущей землеемкости и рациональное формирование рельефа | - в период эксплуатации карьерного поля складирование вскрышных пород во внешнем низкопрофильном отвале обеспечивает положительное преобразование естественного рельефа местности на территории горного отвода, что обуславливается выделением этапов отсыпки равными 1 году и способствует сокращению дальности транспортирования от первого к последнему году формирования искусственных насыпей и снижению эксплуатационной землеемкости                                                                                             |
| 5. Выполнить технико-экономическую оценку рекомендуемых технологических решений по складированию вскрышных пород в выработанном пространстве карьерных полей                                                                    | эффективность технологических решений обусловлена выделением этапов: 1 разработка карьерного поля с внешним отвалообразованием; 2 сооружение емкости под внутренний отвал; 3 внутреннее отвалообразование; совокупно оцениваемых величиной текущей землеемкости, на первом этапе экспоненциальной зависимой от возрастания годовой производственной мощности или убывающей только при низкопрофильном отвалообразовании, на втором этапе линейно убывающей в 1,5-2 раза относительно изначального уровня и минимальной на третьем этапе |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Научная новизна | обосновании функционирования структуры технологического процесса преобразования систем открытой разработки, развитии классификационных признаков выработанного пространства, способе определения местозаложения и параметров емкости под внутренний отвал, установлении последовательности отработки карьерного поля взаимоувязанной с знакопеременными колебаниями производственной мощности |
|                 | разработке систематизации и обосновании параметров комбинированной транспортно-бестранспортной технологии при последовательном перемещении вскрышных пород в проектируемых конструкциях рабочей зоны углубочно-сплошной поперечной одно бортовой системе разработки, обосновании производительности технологических комплексов по горной массе, определяемой интервальными рядами динамики    |
|                 | обосновании параметров усовершенствованной блочной системы открытой разработки с увеличением долевого участия бестранспортной технологии и обоснованием последовательности перемещения вскрыши во внутренний отвал                                                                                                                                                                            |
|                 | установлении параметров низкопрофильного внешнего автомобильного отвала, выявлении дальности транспортирования в календарные периоды отсыпки, доказательстве эколого-экономической эффективности новой технологии внешнего отвалообразования                                                                                                                                                  |
|                 | прогнозе и регулировании текущей землеемкости, как отдельно для углубочной продольной и сплошной поперечной системе разработки, так и в процессе их последовательного преобразования; обосновании технико-экономической эффективности при использовании внутреннего отвалообразования на шахтных и карьерных полях                                                                            |

| <b>Практическая значимость</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">результаты позволяют:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- идентифицировать технологический процесс преобразования углубочных продольных в поперечные сплошные системы разработки в зависимости от главного направления развития горных работ в карьерном поле и пространственного развития внешнего отвала; - определять структуру технологических схем и соответствующую производительность по горной массе при производстве открытых горных работ на полях ликвидированных шахт;</li> <li>- определять технологическую схему и высоту рабочей зоны при последовательном перемещении вскрыши в забойной стороне по транспортной технологии и на отвальной по бестранспортной;</li> <li>- обеспечить соответствие технологии внешнего отвалообразования с использованием автомобильного транспорта и экологичности горного производства.</li> </ul> |

В свете изложенного, в работе доказательно обосновываются варианты развития систем и технологий открытой разработки с внутренними и внешними отвалами применительно к ликвидированным участкам шахт и карьерным полям угольных разрезов, развитие внешнего отвалообразования, комплексно обеспечивающих повышение технико-экономической эффективности открытых горных работ, снижению текущей землеемкости открытой угледобычи в Кемеровской области.

### **Выводы**

Угольные месторождения, разрабатываемые открытым способом, характеризуются сложными условиями и имеют следующие особенности: большую протяженность залежей при значительных глубинах залегания; свитовое залегание пластов различной мощности; различные углы падения пластов; значительное количество нарушений по падению простиранию; раз-

личную мощность рыхлых отложений; большой диапазон значений крепости вмещающих пород. Разнообразие горно-геологических условий залегания угольных пластов на месторождениях Кузбасса предопределяет различие технологических вариантов их разработки.

Наращивание производственных мощностей при отработке наклонных и крутопадающих угольных залежей и применение УД приводит к необходимости размещения пород вскрыши на внешних отвалах, что влечет за собой ухудшение экологии и увеличению отраслевой землеемкости открытых горных работ (до 55 Га/млн.т).

Карьерные поля Кемеровской области имеют преимущественно вытянутую и удлинённую форму в плане, т.е. обладают высоким потенциалом использования выработанного пространства, как емкости для складирования вскрышных пород.

Известные теоретические проработки показывают высокую эффективность использования внутреннего отвалообразования, включая применение для условий угольных разрезов Кемеровской области. Однако реализованные в проектах и внедренные в производство системы и технологии открытой разработки известны лишь в единичных случаях, т.е. отсутствие повсеместного внедрения известной теоретической базы. Стандартные проектные решения, базирующиеся на известных теоретических посылах и чисто формализованный подход к обоснованию тех или иных проектных проработок (шаблонность), подталкивает к фрагментарному, а не комплексному внедрению.

Внедрение в проектную практику должно сопровождаться дополнительным обоснованием параметров и области эффективного применения таких систем разработки, относительно конкретных горно-геологических и технологических условий действующего производства, т.е. должны дополнительно выполняться конструктивно-параметрические проработки.

## **Глава 2. Поисковые решения ресурсосберегающей направленности отработки карьерных полей**

### **2.1. Обоснование путей поиска систем разработки и технологий. Стратегия формирования очередностей отработки карьерных полей**

Одной из основных задач данной работы является усовершенствование и поэтапное преобразование углубочной продольной системы открытой разработки в поперечные, которые имеет большие потенциальные возможности и обеспечивает лучшие конечные результаты производства при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду и природные ресурсы.

В середине прошлого столетия, начиная с момента ввода первых угольных разрезов на территории СССР, параллельно развивались в различных научных и проектных организациях нашей страны (МГГУ, УГГУ, КузГТУ, ИПКОН РАН, НИИОГР и его филиалы, ИГД СО РАН, Сибгипрошахт, Кузбассгипрошахт и многие другие) научные и инженерные изыскания, которые в настоящее время оформились под общим названием "ресурсосберегающие, экологически безопасные (чистые) технологии производства".

Основы данного научного направления были заложены и получили развитие в трудах Шешко Е.Ф., Ржевского В.В. Трубецкого К.Н., Арсентьева А.А., Богданюка В.Е., Васильева Е.И., Томакова П.И., Коваленко В.С., Дриженко А.Ю., Истомина В.В., Корякина А.И., Ермолаева В.А., Романенко Д.В., Киковки В.Е., Кумченко Н.Н., Мацко Н.А., Михальченко В.В., Цепилова Н.Н., Колесникова В.Ф., Просандеева Н.И., Рутковского Б.Т., Муратова Х.Ш., Абдибекова Н.К, Заровненко О.В., Ненашева А.С., Барсукова М.И., Чиркова А.С., Анистратова Ю.И., Бубиса Ю.В, Медникова Н.Н., Холоднякова Г.А., Хролина В.А., Пастихина Д.В. Таланина В.В. и многих других [11,15,17,29,38,40,45-47,49,54,59-61,66,68-71,76,81,84,85-87,89,103,112,117,119,124,131,143,145,147-162,164,170,178,182] .

Принцип размещения вскрышных пород в выработанном пространстве карьера, том числе при использовании сочетаний, технологий и систем раз-

работки получил развитие в работах Мельникова Н.В., Ржевского В.В., Трубецкого К.Н., Богданюка В.Е., Гавришева С.Е., Вызова В.Ф., Васильева Е.И., Дриженко А.Ю., Зуркова П.Э., Истомина В.В., Косолапова А.И., Каплунова Д.Р., Киковки В.Е., Ковалевского В.А., Коваленко В.С., Кумченко Н.Н., Лажко В.Т., Майко Н.А., Михальченко В.В., Меньшонка П.П., Новожилова М.Г., Пешкова А.А., Просандеева Н.И., Рутковского Б.Т., Корякина А.И., Терентьева В.И., Шапаря А.Г., Ческидова В.И. и многих других [11,15,17,29,38,40,45-47,49,54,59-61,66,68,69-71,76,81,84-87, 89,103,112,117,119,124,131,142,145,147-162,164,170,178,182].

Одним из актуальных направлений исследований является обоснование систем разработки, их элементов и параметров, конструирования новых систем. Значительный вклад в развитие этого направления внесли исследования поперечной сплошной системы разработки П.И. Томакова, углубочно-сплошной системы разработки А.И. Корякин, В.С. Коваленко, а также В.Е. Агарков, Ю.И. Анистратов, С.Д. Коробов, В.В. Истомин, Д.В. Пастихин, Н.П. Сенаторов, В.А. Степанов, А.И. Тушов.

Необходимо отметить существенный вклад в развитие теории проектирования открытых горных работ результатов исследований, полученных А.А. Пешковым, В.Л. Яковлевым, Ю.И. Анистратовым, А.И. Арсентьевым, Д.Г. Букейхановым, С.Е. Гавришевым, М.В. Рыльниковой, В.А. Галкиным, А.М. Макаровым, С.Ж. Галиевым, А.В. Гальяновым, В.В.Истоминим, В.С. Коваленко, А.И. Косолаповым, Ю. И. Лелем, М. Г. Новожиловым, С.И. Поповым, М.Г. Потаповым, С.П. Решетняком, А.В. Соколовским, В.А. Пикаловым, А.С. Ташкиновым, П.И. Томаковым и другими. Проблемам конструирования систем разработки и управлению технологическим процессом внутреннего отвалообразования посвящались зарубежные исследования [1-10].

Принимая во внимание тот факт, что в теоретическом плане произведен значительный задел, посвященный рассматриваемому направлению, то следует отметить важный момент в технологическом формировании струк-



турных схем процесса внутреннего отвалообразования, это выделение 2-х основополагающих этапов развития горных работ:

1 сооружение выработки под внутренний отвал (первоначальной емкости для складирования вскрышных пород);

2 отработка карьерного поля с размещением вскрыши в выработанном пространстве карьерного поля.

В рассматриваемой работе применительно к углубочным продольным системам разработки действующих карьерных полей процесс преобразования одного вида системы разработки может быть представлен в виде их сочленения, целенаправленного выделения концентрации горных по этапам развития, возможных направлении подвигания фронта горных работ и конструирования систем разработки (рис.2.1.1).

Систематизация (рис.2.1.1) характеризующая сочленение двух систем разработки, строится, основываясь на нескольких уровнях:

1) углубочная продольная одно или двухбортная система разработки действующего разреза (формирование фронта работ при образовании первоначальных выработок под внутренний отвал);

2) все работы концентрируются на строительстве первоначальных горных выработок или работы ведутся одновременно, как при строительстве первоначальных горных выработок, так и на оставшейся части поля;

3) этапы развития горных работ;

4) одно или разнонаправленное подвигание фронта горных работ;

5) подвигание работ в угленасыщенной или безугольной зоне;

6) возможные варианты комбинаций продольного и поперечного подвигания уступов.

При соединении продольной и поперечной систем разработки на основании данных можно представить возможные вариации комбинированного сочетания систем разработки следующим образом.

.

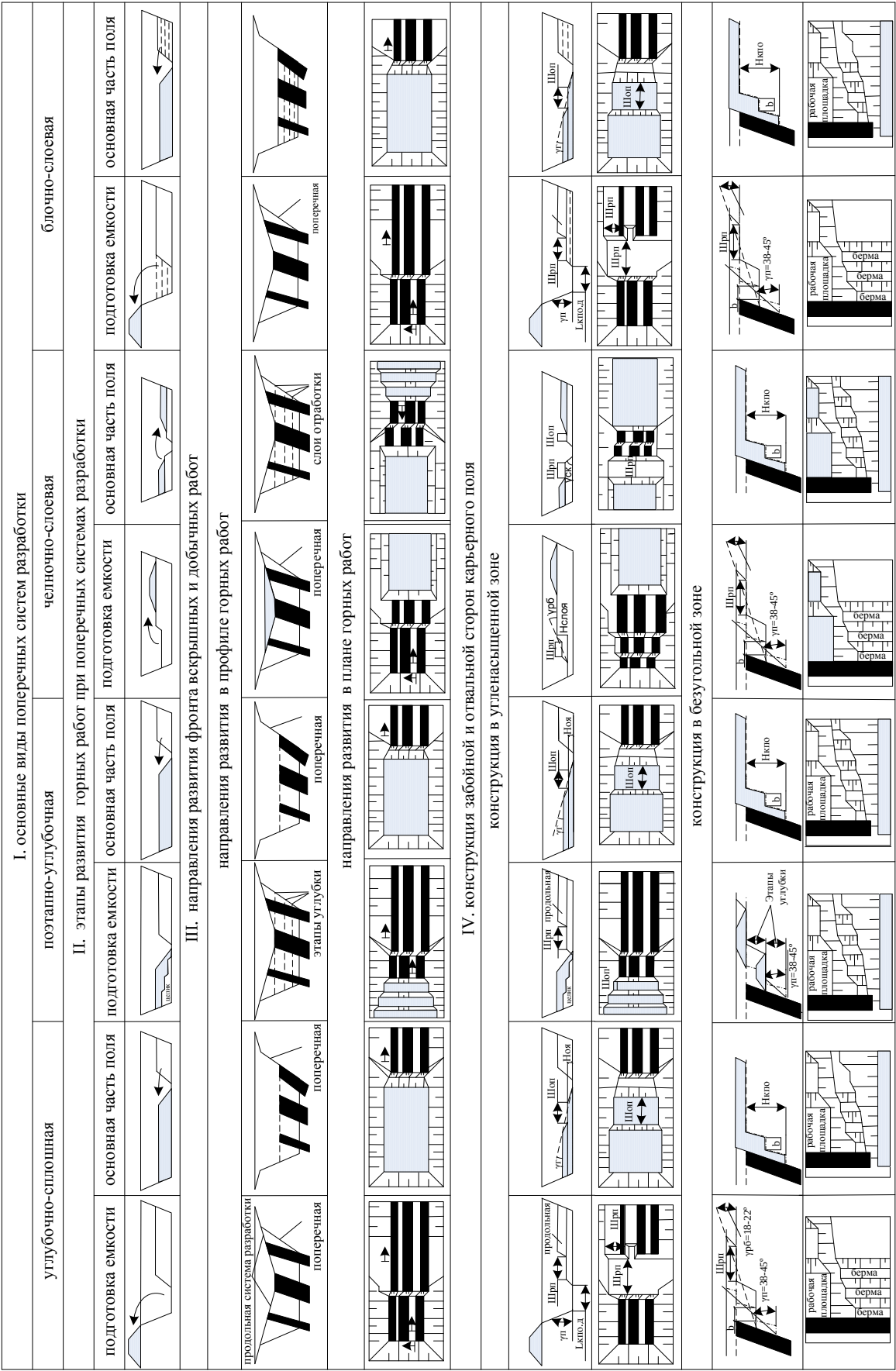


Рис. 2.1.1. Авторская интерпретация формирования рабочей зоны сплошных поперечных систем разработки в условиях углубочной продольной системы разработки для режима действующего карьерного поля

Комбинации основываются на логическом построении нескольких иерархических уровней (при их расположении от «простого» к «сложному»):

1) формирование разновидностей систем разработки с внутренним отвалообразованием (частичным или полным) для режима продольного фронта работ действующего разреза с наклонным и крутым залеганием свит пластов;

2) развитие рабочей зоны в карьерном пространстве от текущего положения горных работ на этапе создания первоначальных выработок и доработки основной части карьерного поля;

3) без выделения промежуточных контуров до конечных границ карьерного поля (создание карьера первой очереди в текущих или перспективных границах действующего разреза) или с выделением промежуточных контуров по блоку, слою, по площади;

4) без или с изменением направления подвигания фронта работ;

5) комбинации при различном сочетании систем разработки и технологий с одно и разнонаправленным подвиганием фронта работ.

Комбинации являются определяющими сочетание систем открытой разработки.

Дополнительно, принимая во внимание вышеизложенное, предварительно намечается в карьерном поле следующие этапы развития горных работ:

- технологический этап А - продольное развитие фронта работ (выработанное пространство);
- технологический этап А1 (производство горных работ в момент сооружения выработки под внутренний отвал и за ее пределами);
- этап В (1-ая очередь при формировании внутреннего отвала);
- этап С (2-ая очередь - отработка основной части карьерного поля).

В дальнейшем этапы используются в обосновании параметров комбинации систем разработки (п.2.3).

Добавочно предложены следующие сценарные варианты продольно-поперечных систем разработки и концентрационно-временные установки:

уровень I – все горные работы концентрируются на строительстве выработки под внутренний отвал; т.е. отработка основной части останавливается до момента завершения строительства емкости под внутренний отвал;

уровень II – горные работы концентрируются, как на строительстве емкости под внутренний отвал, так и за пределами первоначальной выработки на оставшейся части карьерного поля;

уровень III – происходит временной сдвиг горных работ на оставшейся части поля, относительно момента формирования выработки под внутренний отвал.

Уровни I, II, III используются при обосновании годовой производственной мощности.

Следует особо подчеркнуть, что в трудах ученых-горняков нашей страны при конструировании систем открытой разработки с внутренним отвалообразованием применительно к разработке наклонных и крутопадающих залежей в основном рассматривалась транспортная технология перемещения вскрышных пород из забоя в отвал, и условия когда карьерное поле считается нетронутым горными работами. Тем не менее, как отмечается в некоторых работах при поперечных системах разработки может использоваться ресурсосберегающая бестранспортная технология, а комбинация транспортно-бестранспортной технологии в таких условиях вообще малоизученна, не только в научно-технической литературе, но и в проектной и производственной практике. Тогда, очевидное преимущество бестранспортной технологии будут реализованы только в момент, когда уже сформируется емкость под внутренний отвал или требуются дополнительные вычисления для определения области применения бестранспортной технологии при углубочно-

сплошной поперечной системе разработки. Таким образом, на основании имеющихся данных предварительно получаем модернизированную комбинацию продольно-поперечных систем открытой разработки наклонных и крутых, при которых могут применяться транспортная, бестранспортная или комбинированная технологии.

#### Конструирование вариантов формирования систем разработки с внутренним отвалообразованием в условиях УД действующего разреза

Для трансформации одного вида системы разработки предлагается их сочленение на основе целенаправленного выделения концентрации горных по этапам развития и направлении подвигания фронта. В дальнейшем такая схема помогает отобразить детально процесс трансформации, при комбинированном соединении двух основных систем разработки (продольной и поперечной) наклонных и крутых угольных залежей. Для изменения одного вида системы разработки в другой детально процесс трансформации распределен по следующим уровням (рис.2.1.1):

I – основные виды поперечных систем разработки;

II – этапы развития горных работ при поперечных системах разработки (подготовка первоначальной горной выработки под внутренний отвал (ПГВ) и отработка основной части поля);

III – направления развития фронта вскрышных и добычных работ (в профиле и плане карьерного поля);

IV – конструкция забойной и отвальной сторон карьерного поля (в угленасыщенной и безугольной зонах).

Углубочно-сплошная система разработки. Сущность сооружения первоначальной горной выработки заключается в следующем. В одном из торцов залежи от текущей глубины сооружают карьер ограниченных размеров до проектной глубины - так называемый карьер первой очереди. Основное назначение этого карьера - создание первоначальной емкости для размеще-

ния вскрышных пород при отработке оставшейся части залежи. Причем, карьер первой очереди сооружают с формированием нерабочих бортов в торцевой и боковых частях карьерной выемки, а с противоположной торцевому борту стороны формируют рабочий борт карьера. После завершения строительства карьера первой очереди производят отработку оставшейся части залежи по простиранию с размещением пород вскрыши в выработанное пространство.

Перемещение пород осуществляют транспортными средствами по бермам, а полезное ископаемое (уголь) вывозят на поверхность в места складирования и переработки. Поскольку сооружение карьера первой очереди может вестись по различным уровням (I-III, т.е. ведется довольно длительное время), то с целью минимизации объема вскрышных пород, вывозимых на внешние отвалы, параметры этого карьера должны быть также наименьшими, за исключением глубины. После сооружения карьера первой очереди осуществляется переход на технологию с внутренним отвалообразованием.

Основными достоинствами рассмотренной технологии по сравнению с традиционной продольной углубочной являются: меньшая землеемкость угледобычи вследствие размещения части вскрышных пород в выработанном пространстве; снижение длины транспортирования вскрышных пород; возможность отработки всех пластов свиты со стороны всячего бока, позволяющая снизить потери угля в недрах. К недостаткам анализируемой технологии следует отнести ограниченность фронта горных работ и жесткую взаимозависимость забойной и отвальной зон.

Поэтапно-углубочная система разработки. Рассмотренная ранее поперечная углубочно-сплошная система разработки с карьером первой очереди хотя и повышает эффективность открытого способа угледобычи, по сравнению с традиционной, однако и она имеет ряд существенных недостатков. Наиболее весомым из них является необходимость строительства карьера первой очереди до граничной глубины, что удлиняет срок перехода на внут-

ренное отвалообразование и вызывает нарушение значительных площадей земной поверхности внешними отвалами. Кроме этого, возникают затруднения с реконструкцией карьера при изменении граничных контуров карьера. Сущность состоит в следующем. В одном из торцов угольной залежи сооружают от текущей глубины котлован вкрест простирания залежи на глубину, равную высоте уступа. Порода вскрыши вывозят на внешний отвал. После сооружения котлована породу от разработки первого горизонта размещают в выработанном пространстве. Последующую углубку карьера производят при отгонке верхнего (первого) уступа на величину, определяемую исходя из возможности размещения пород вскрыши от углубки на нижележащий горизонт на поверхности внутреннего отвала. Углубка горных работ ведется до проектной глубины карьера. После этого рабочая зона становится постоянной, и вся порода вскрыши перемещается во внутренний отвал. Угол углубки колеблется в пределах 16-18°, что определяет устойчивость внутреннего отвала и время достижения граничной глубины карьера, при которой начинается отработка залежи с полным размещением вскрышных пород во внутренний отвал. Использование данной технологии позволяет сократить объемы вскрышных пород, размещаемых на внешних отвалах, и, как следствие, снизить землеемкость угледобычи. Кроме этого сокращаются сроки строительства карьера и перехода на технологию с внутренним отвалообразованием.

При отработке возможно применение бестранспортной технологии. Появляется возможность рекультивации выработанного пространства вслед за подвиганием фронта горных работ, что обеспечивает снижение негативного влияния карьера на окружающую среду. Существенным недостатком технологии является консервация части запасов при углубке горных работ.

Возможной областью применения поэтапно-углубочной технологии является отработка свит угольных пластов наклонного и крутого падения большой протяженности по простиранию.

Блочно-слоевая система разработки. Сущность системы открытой разработки состоит в следующем.

Отличительная особенность данной технологии - деление всего месторождения по простиранию на блоки, включающие карьер первой очереди, и блоки, отрабатываемые на внутренний отвал. Оработку месторождения начинают с сооружения карьера первой очереди. Причем его параметры устанавливают исходя из возможности размещения в создаваемой горной выработке всех пород вскрыши соседнего блока. Параметры блока определяют исходя из следующих положений. Принимается, что один блок отрабатывается в течение одного года. При этом обеспечивается производственная мощность карьера.

Мощность горизонтального слоя в блоке устанавливается по условиям минимума потерь и разубоживания при отработке угольных пластов свиты. Слои в блоке отрабатывают последовательно в нисходящем порядке, начиная с верхнего горизонта. Пласты свиты отрабатывают экскаваторами типа прямая и обратная лопата со стороны висячего бока, что позволяет снизить потери угля и разубоживание его породой.

Укладку пород вскрыши в выработанное пространство осуществляют погоризонтно, начиная с нижнего отработанного слоя, или наклонными слоями под углом естественного откоса, отсыпаемыми по мере отработки. Положительными качествами технологии являются: обеспечение благоприятных условий извлечения всех пластов свиты; размещение пород вскрыши в выработанном пространстве; высокая маневренность горного оборудования в пределах слоя. К недостаткам следует отнести нестабильность текущего коэффициента вскрыши в течение года и большой объем вскрыши, вывозимой на внешние отвалы. Возможная область применения технологии – месторождения, представленные свитами угольных пластов сложного строения и залегания при достоверно установленных границах карьера.



Челночно-слоевая система разработки. Сущность заключается в отработке месторождения горизонтальными слоями с разнонаправленным продвижением фронта работ и размещением всех пород вскрыши в выработанном пространстве.

Отработку месторождения начинают с сооружения в одном из торцов карьерного поля поперечной карьерной выемки на глубину отрабатываемого слоя, определяемого по критерию транспортной работы при сравнении бестранспортной и транспортной технологий отработки породной части слоя. Вскрышные породы размещаются на поверхности карьерного поля. Возможная мощность отрабатываемого слоя достигает 100 м. Ширина выработки устанавливается исходя из возможности размещения пород вскрыши при отработке слоя в выработанном пространстве. Длину выработки по дну принимают равной горизонтальной мощности отрабатываемой залежи (свиты). После сооружения поперечной карьерной выемки в одном из торцов залежи начинают отработку оставшейся части горизонтального слоя. Отработку слоя производят одним высоким уступом с разбивкой его по высоте на подступы. Перемещение вскрышных пород во внутренний отвал ведут путем перевалки с помощью драглайнов, т.е. по бестранспортной технологии. Выемку угольных пластов производят гидравлическими экскаваторами с отгрузкой породы в сторону выработанного пространства с последующей переэкскавацией драглайнами во внутренний отвал. Отработку слоя ведут подступами в нисходящей последовательности, начиная с верхнего. Отработку подступа осуществляют поперечными экскаваторными заходками с опережающей выемкой угольных пластов свиты гидравлическими экскаваторами типа обратная лопата. После отработки первого слоя осуществляют подготовку к отработке нижележащего слоя. Для этого в первом слое породу в объеме с помощью транспортных средств перемещают на поверхность внутреннего отвала.

Таким образом, создается пространство для сооружения поперечной карьерной выработки для подготовки к отработке нижележащего слоя. При

этом сооружение подготовительной выработки ведут с вывозкой пород вскрыши также на поверхность внутреннего отвала. После сооружения подготовительной углубочной горной выработки на втором горизонте производят отработку второго горизонта (слоя) с размещением пород вскрыши в выработанном пространстве этого же горизонта. Породу вскрыши из внутреннего отвала первого горизонта перемещают во внутренний отвал этого же горизонта на поверхность внутреннего отвала нижележащего слоя. Таким направлением подвигания фронта работ меняется на противоположное направление, т.е. отработка нижнего слоя ведется в обратную сторону. После отработки второго слоя осуществляют, при необходимости, углубку на третий горизонт (слой) с соблюдением всех технологических операций, указанных при углубке на второй горизонт, и изменением подвигания фронта работ на противоположное направление. В такой последовательности отработку месторождения ведут до горизонта, на котором достигается равенство слоевого коэффициента вскрыши граничному. Особенностью челночно-слоевой технологии является наличие одного добычного слоя. Отработанные вышележащие слои представляют собой внутренние отвалы, периодически переэкскавируемые из одного положения в другое по мере отработки нижележащих породугольных слоев.

Положительными сторонами челночно-слоевой технологии являются: отсутствие внешних отвалов, что снижает землеемкость угледобычи; использование бестранспортной технологии при отработке породугольного слоя, что позволяет снизить затраты на добычу угля; размещение всех пород вскрыши в выработанном пространстве, что обуславливает сокращение длины транспортирования и, следовательно, снижение транспортных расходов.

Отрицательные стороны: необходимость многократной перевалки вскрышных пород внутреннего отвала, что приводит к увеличению текущего коэффициента вскрыши; жесткая взаимозависимость отработки подступов отработываемого слоя.

Возможной областью применения челночно-слоевой технологии являются угольные залежи большой протяженности по простиранию и высокой угленасыщенности.

При учете принципов I-IV обеспечивается оптимизация схем очередности разработки карьера и максимальная реализация преимуществ каждой из систем разработки с соответствующим улучшением всего комплекса технико-экономических и экологических показателей.

#### Углубочно-сплошная система разработки (патент РФ № 2637667)

Кафедра «Открытые горные работы» КузГТУ совместно с проектной организацией разработала методический подход по технологическому изменению проектной блочной продольной системы разработки с внутренним отвалообразованием на одноборттовую поперечную с внутренними отвалами. В качестве примера взяты условия действующего разреза, разрабатывающего свиту пластов угля крутого падения характерную для «Ерунаковского» геолого-промышленного района Кузбасса.

Проектные решения по разработке участка выполнялись в 2004, 2007 и 2010г.г. и постепенно совершенствовались. Поле разреза длиной около 4.2км. и шириной 1,3км. сразу было разделено на 3 блока с глубиной отработки до 200м. Предусматривался переход от первоначально принятой и морально устаревшей блочной продольной двухборттовой к несколько более совершенной блочной комбинированной (продольно-поперечной) системе разработки. Но и эта комбинированная система разработки в проектом варианте осталась полумерой и имеет низкую концентрацию горных работ. Осталась высокой дальность транспортирования пород вскрыши с подъемами и спусками на отвалы, задерживалось во времени формирование внутреннего отвала участка, не обеспечивалось размещение породы в отвалах по высоте в порядке ее естественного нахождения в массиве, устойчивость отвального массива пород. Остаются сложными технология и организация переходов от продольной к

поперечной системе разработки из блока в блок, а также совмещение работ на рабочем борту с внутренним площадным отвалообразованием. При вскрытии рабочих зон борта и отвала участка традиционно применяемыми скользящими съездами конструкция рабочего пространства разреза остается достаточно сложной, возникает множество проблем. В частности, применительно к участку по предыдущему проекту, постоянно в работе должны находиться до 25 съездов общей длиной 9,4 км переносимых регулярно до 2 раз в год. При этом возникает проблема образования дополнительных потерь угля при пересечении пластов съездами. Не всегда обеспечивается подготовка пластов со стороны кровли. План и профиль дорог для доставки пород на отвал с рабочего борта через выработку становятся чрезвычайно сложными, а дальность доставки остается высокой. Причиной этого, как показывает анализ последних проектных решений 2010 г. является продолжающееся частичное применение проектами элементов продольной системы разработки на первоначальном этапе разработки каждого очередного блока.

В результате анализа действующих проектных решений сформулированы дополнительные требования к системе и технологии разработки участка, заключающиеся в следующем:

- параметры системы разработки по сумме объемов выемочных блоков должны обеспечивать возможность поддержания трехмесячного запаса вскрытого угля;
- сокращение до минимума размеров карьера первой очереди и ускорить переход на полное внутреннее отвалообразование;
- создание возможности одновременной выемки запасов угля по пластам и горизонтам разработки;
- подготовку запасов к выемке производить по породам кровли пластов;
- обеспечение минимального или полного исключения скользящих съездов на рабочих бортах разреза и отвала;

- по возможности размещать литологические разности пород по высоте отвала в порядке их естественного расположения по высоте на рабочем борту;
- минимизация расстояний доставки пород в отвал автосамосвалами преимущественно под уклон в грузовом направлении и с минимальным количеством изменений направлений движения;
- направление, скорость подвигания и ширина заходки при перемещении фронта работ на отвале и рабочем борту должны быть одинаковыми, а разрыв фронтов работ в забоях и на отвале минимальный (на ширину заходки).

Обеспечить перечисленные дополнительные требования позволяет переход работы участка на чисто поперечную однобортную систему разработки широкими выемочными заходками (панелями) без какого либо предварительного деления поля участка на блоки и применения элементов продольной системы. В процессе проработки перспективных решений предусмотрена минимизация размера карьера первой очереди и ускоренное формирование внутреннего многоярусного отвала на полную глубину разработки по периферийной схеме с минимальным разрывом с рабочим бортом разреза. Необходимым условием выполнения основных из перечисленных выше требований является придание поперечному фронту работ на уступах уклонов от въезда в карьер к противоположному нерабочему борту, имеющему горизонтальные бермы для доставки породы автосамосвалами на внутренний отвал. В общем случае ярусы отвала могут иметь уклон для обеспечения выхода на нижележащие уступы рабочего борта через горизонтальные транспортные бермы другого нерабочего борта.

Принципиальная схема такого решения представлена на рисунке 2.1.2.

Изобретение относится к горному делу, в частности к разработке полезных ископаемых открытым способом, и может быть использовано при отработке угольных месторождений.

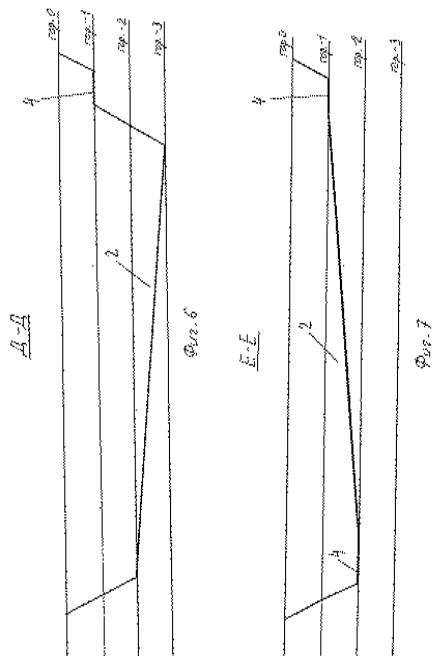
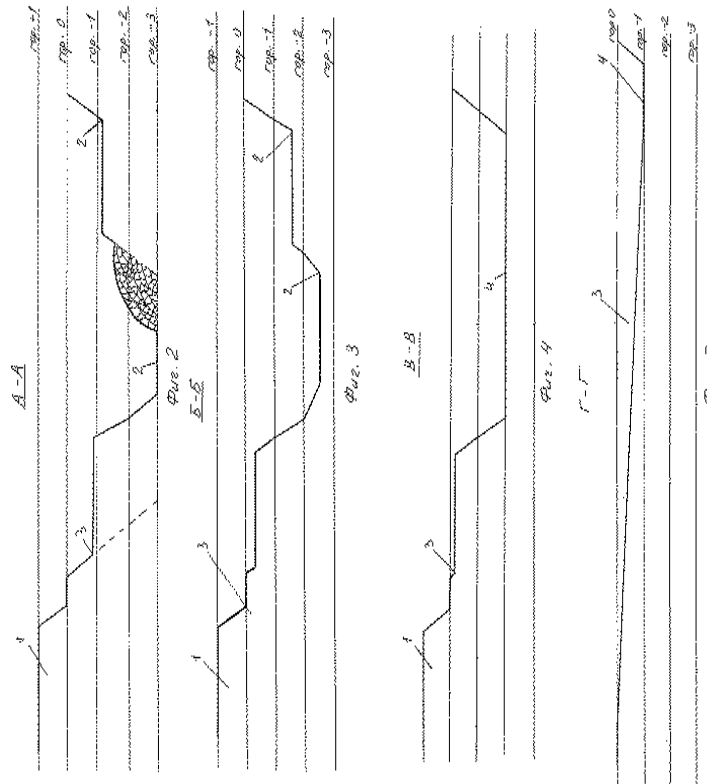
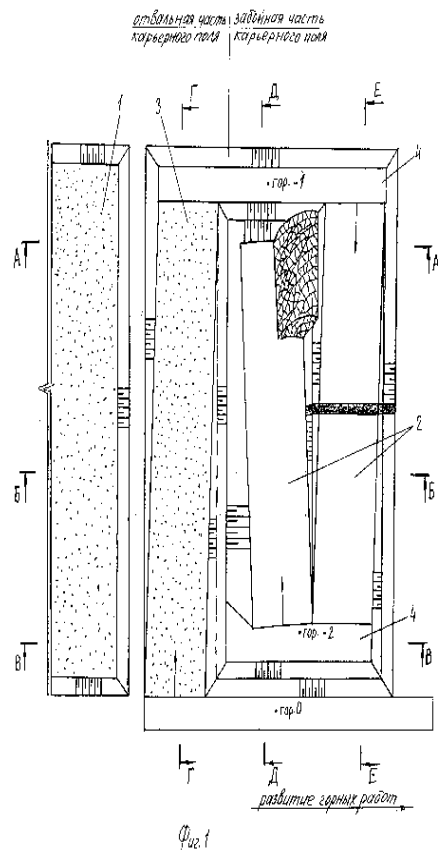


Рис. 2.1.2. Способ разработки месторождений полезных ископаемых (Патент 2637667 РФ, МПК E21C 41/26. Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых / № [2016142834](#); заявл. 31.10.2016; опубл. 06.12.2017, Бюл. № 34. – 6 с). [101].

Известный способ (по Томакову П.И.) позволяет отработать месторождение на полную глубину на всей его протяженности, обеспечивает снижение

землеемкости и сокращение дальности транспортирования за счет складирования вскрышных пород в выработанном пространстве. Недостатком известного способа является то, что отработку карьерного поля осуществляют этапами со складированием вскрышных пород каждого последующего этапа в выработанное пространство предыдущего. При этом отработка месторождения выполняется неритмично.

Этот недостаток обусловлен тем, что после строительства карьера первой очереди согласно известному способу последующую отработку месторождения выполняют этапами, при этом каждый этап отрабатывают как отдельный карьер с той разницей, что складирование породы осуществляют в выработанное пространство, образовавшееся после отработки предыдущего этапа.

То есть при отработке каждого этапа величина рабочей зоны увеличивается по мере углубления горных работ. Указанный технический результат достигается тем, что в способе открытой разработки месторождений полезных ископаемых, включающем строительство карьера первой очереди на полную глубину отработки залежи, размещение вскрышных пород из карьера первой очереди во внешний отвал, разделение карьерного поля на забойную и отвальную части, размещение вскрышных пород при последующей отработке месторождения во внутренний отвал, согласно изобретению забойную часть карьерного поля отрабатывают наклонными рабочими уступами, отвальную часть карьерного поля формируют наклонными отвальными ярусами, при этом наклон рабочих уступов и наклон отвальных ярусов выполняют во встречных направлениях, а грузотранспортную связь между одноименными рабочими уступами и отвальными ярусами осуществляют по горизонтальным транспортным бермам, выполненным в направлении простирания месторождения по краям карьерного поля.

Заявляемый способ поясняется чертежами, где на фиг. 1 схематично показано положение и направление развития горных работ при реализации

заявляемого способа, на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1 (разрез по самой глубокой точке); на фиг. 3 - разрез Б-Б на фиг. 1 (середина фронта горных работ); на фиг. 4 - разрез В-В на фиг. 1 (разрез по горизонтальной транспортной берме); на фиг. 5 - разрез Г-Г на фиг. 1 (сечение отвального фронта работ); на фиг. 6 - разрез Д-Д на фиг. 1 (сечение фронта работ в зоне сочленения вскрышной и отвальной зон); на фиг. 7 - разрез Е-Е на фиг. 1 (сечение вскрышного фронта работ).

Способ осуществляют следующим образом. Сначала выполняют строительство карьера первой очереди на полную глубину отработки месторождения. При этом вскрышные породы складировать во внешний отвал 1. Строительство карьера первой очереди выполняют по любой из известных и доступных технологий при соблюдении условий, заключающихся в том, что карьер первой очереди выполняют на полную глубину отработки залежи и вскрышные породы складировать во внешний отвал 1. Достижение конечной глубины при строительстве карьера первой очереди является необходимым, так как за счет этого обеспечивается полнота отработки месторождения по глубине. Складирование вскрышных пород из карьера первой очереди во внешний отвал 1 является значимым в силу того, что таким образом создается первоначальная емкость для последующего размещения внутреннего отвала. Определение физических параметров карьера первой очереди не является значимым в рамках описания заявляемого изобретения, значимым является только достижение конечной глубины отработки залежи и размещение вскрышных пород во внешний отвал 1, при этом указанные признаки относятся к общим признакам и напрямую не влияют на достижение заявленного технического результата. Затем в забойной части карьерного поля рабочий борт отрабатывают наклонными рабочими уступами 2, как показано на фиг. 1, фиг. 6 и фиг. 7. Согласно заявляемому изобретению фронт горных работ развивают вкрест простирания угольного пласта, при этом наклонные рабочие уступы 2 нарезают под наклоном таким образом, чтобы начало и конец



рабочего уступа 2 располагались на смежных горизонтах. Это обеспечивает грузотранспортную связь между смежными горизонтами. При этом отпадает необходимость сооружения и постоянного переноса скользящих съездов. В то же время в отвальной части карьерного поля под наклоном формируют отвальные ярусы 3, как показано на фиг. 1 и фиг. 5. Отвальные ярусы 3 аналогично наклонным рабочим уступам 2 выполнены под наклоном с тем отличием, что наклон наклонных рабочих уступов 2 и отвальных ярусов 3 выполняют во встречных направлениях. При этом для создания грузотранспортной связи по простиранию карьерного поля между одноименными горизонтами устраивают горизонтальные транспортные бермы 4, как показано на фиг. 1 и фиг. 4. Это позволяет минимизировать расстояние транспортирования вскрыши из забойной в отвальную зону, так как транспортирование осуществляется по кратчайшему пути. Общая совокупность отличительных признаков, таких как отработка забойной части наклонными рабочими уступами 2; формирование отвальной части наклонными отвальными ярусами 3; выполнение наклона наклонных рабочих уступов 2 и наклона отвальных ярусов 3 во встречном направлении; осуществление грузотранспортной связи между одноименными рабочими уступами 2 и отвальными ярусами 3 по транспортным бермам; выполнение горизонтальных транспортных берм 4 в направлении простирания месторождения по краям карьерного поля - обеспечивает достижение заявляемого технического результата ввиду следующего.

Описанные признаки позволяют поддерживать рабочее пространство карьера неизменным на протяжении всего срока отработки месторождения. Подвигание забойной и отвальной зон карьера происходит синхронно, так как порода из забойной части укладывается в отвальную часть на одноименном горизонте. Отсутствует деление карьерного поля на этапы, отсутствуют колебания объемов вскрыши и добычи во времени с момента завершения строительства карьера первой очереди до начала погашения горных работ и рекультивации карьерной выработки. Выполнение рабочих уступов 2 и от-

вальных ярусов 3 под наклоном позволяет отказаться от скользящих съездов и негативных эффектов, сопровождающих их перенос, таких как консервирование части фронта горных работ и отвлечение основного выемочно-погрузочного и горнотранспортного оборудования на выполнение вспомогательных работ.

Выполнение наклонных рабочих уступов 2 и отвальных ярусов 3 под наклоном исключает колебания объемов вскрыши и добычи во времени. Все это позволяет обеспечить ритмичность ведения горных работ, под которой понимается равномерность выемки объема вскрышных пород, а также объем добытого угля в каждый промежуток времени. Также заявляемый способ обеспечивает равномерность нагрузки на персонал и технику. Заявляемый способ был испытан в условиях разреза «Краснобродский», разрабатывающего свиту пластов угля крутого падения. На участке «Южный» длиной 4,2 километра и шириной 1,3 километра с глубиной отработки 180 метров в забойной части рабочие уступы отрабатывались под наклоном, при этом в отвальной части отвальные ярусы отсыпались также под наклоном. Наклон рабочих уступов и отвальных ярусов 3 был выполнен во встречном направлении. Грузотранспортная связь между смежными горизонтами осуществлялась по горизонтальным транспортным бермам по краям карьерного поля. Всего в работу согласно заявляемому способу было вовлечено 12 горизонтов.

До перехода на работу согласно заявляемому способу на участке «Южный» разреза «Краснобродский» колебания в границах одного календарного года между минимальными и максимальными месячными объемами вскрышных работ составляли 47,8%, добычных работ 24,1%. Имели место перемежающиеся периоды простоя и авральной работы персонала и карьерной техники. По итогам первого года работы было обеспечено уменьшение колебаний между минимальными и максимальными месячными объемами вскрышных работ до 6,3%, добычных работ до 4,7%.

По итогам второго года работы согласно заявляемому способу колебания между минимальными и максимальными месячными объемами вскрышных работ были снижены до 3,2%, добычных работ до 1,5%, работа приобрела равномерный характер, что свидетельствует о том, что заявляемый способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых обеспечивает ритмичность ведения горных работ, равномерность нагрузки на персонал и оборудование при отработке месторождения.

В целом конструктивно указанная система разработки аналогична углубочно-сплошной за исключением особенностей указанных на рис. 2.1.2.

Рассмотренный пример показал возможность значительного совершенствования проектных решений для открытой угледобычи в Кемеровской области. Сложность запоздалого решения таких задач заключается в серьезной корректировке морально устаревших положений проектов в условиях действующего производства.

## **2.2. Типы залежей и развитие классификационных признаков выработанного пространства**

Основными предпосылками к формированию требований к технологии разработки месторождений Кузбасса являются горно-геологические условия залегания угольных пластов.

При разработке наклонных и крутопадающих залежей можно выделить группы месторождений и соответствующие им типы карьерных полей и выработанного пространства, которые рассматриваются в дальнейшем.

Таким образом, в п.2.2 предлагается методологический подход (предлагаемые в авторской интерпретации взаимоувязываемые классификационные признаки) к оценке выработанного пространства карьерного поля угольного разреза, основанный на учете:

- пространственной геометрии рабочих бортов карьерного поля;

- привязке главного направления развития горных работ относительно свиты угольных пластов;
- динамики развития рабочей зоны, как по простиранию, так и по падению залежи;
- соотношения в горизонтальной плоскости положения дна карьерного поля;
- идентификации геометрической формы сечения выработанного пространства за время эксплуатации действующего разреза;
- пространственного постоянства геометрической формы выработанного пространства.

Как отмечается в п. 1.2 и п.1.4. в настоящее время на разрезах Кемеровской области при разработке наклонных и крутопадающих залежей, начиная с ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов (с конца 40-х годов прошлого столетия) преимущественное распространение получила углубочная продольная одно или двухбортная система разработки (классификация академика В.В. Ржевского) [115].

При использовании такого порядка разработки, основное направление горных работ ориентировано в основном на наиболее мощный (е) пласт (ы) свиты. Исходя из этого, пространственно формируется объемная геометрическая фигура карьерного поля, а вместе с ней и выработанное пространство. В промежуточном или конечном положении представляет собой объем заключенный между двумя топографическими поверхностями, одна из них действующая и относится к рабочей зоне (отрезок с-a-b-d), возникает и перемещается в пространстве в результате производства горных работ, а другая природная характеризующая рельеф поверхности (отрезок с-d) (рис.2.2.1.а,б). Техногенная поверхность это борта карьера представляющие собой ломаную плоскость, состоящую из рабочих площадок и берм различного назначения. При проектировании разрезов углы наклона бортов карьеров определяются индивидуально для каждого карьера и зависят от множества влияющих фак-

торов геологического, физико-механического и технологического характеров. Для наклонной залежи (рис.2.2.1.а) формируются борта: со стороны висячего бока залежи ( $\gamma_{вб}$ ) или рабочий борт залежи ( $\gamma_{рб}$ ) и транспортный борт со стороны лежачего бока залежи ( $\gamma_{лб}$ ) или борт равный средневзвешенному углу падения пластов свиты ( $\alpha$ ).

а)



б)



Рис.2.2.1. Упрощенная графическая схема, иллюстрирующая общие принципы формирования выработанного пространства при разработке наклонных пластов по углубочной продольной однобортной системе разработки (а) и крутопадающих пластов по углубочной продольной двухбортной системе разработки (б) (поперечный профиль)

На рис.2.2.1 приняты следующие обозначения:  $H_k$  – глубина карьерного поля;  $H_{тек}$  – текущая глубина;  $B_k \text{ верх}$  – ширина карьерного поля по верху;  $B_k \text{ дно}$  – ширина карьерного поля по дну;  $\gamma_{рб}$  – угол наклона рабочего борта карьера;  $\gamma_{вб}$  – угол наклона борта с висячего бока залежи;  $\gamma_{лб}$  – угол наклона борта со стороны лежачего бока залежи;  $\alpha$  – угол падения залежи.

Отличительной чертой разработки крутопадающей залежи, является формирование рабочего борта со стороны лежачего бока (рис.2.2.1б).

В обобщенном виде параметры бортов для условий разрезов Кемеровской области можно представить следующими параметрическими данными  $\gamma_{в}=\gamma_{рб}=18-22^\circ$ ,  $\gamma_{лб}=\alpha=20-40^\circ$  (наклонная залежь) и  $\gamma_{в}=\gamma_{л}=\gamma_{рб}=18-22^\circ$  (крутопадающая залежь). Такая, параметрическая характеристика специфична, только для периода эксплуатации карьерного поля не находящегося в стадии строительства или затухания горных работ.

В зависимости от конкретных условий, эти параметры могут варьироваться. Резюмируя, можно привести цитату акад. В.В. Ржевского [114]: «горные работы должны максимально следовать за залежью полезного ископаемого», тогда вслед за пространственной формой залежи повторяется, как форма карьерного поля, так и вместе с тем выработанное пространство.

В действительности же в проектной документации по угольным разрезам Кемеровской области, иллюстрационно выработанное пространство угольного разреза зачастую в поперечном сечении изображается как трапецевидная фигура правильной формы, а как исключение в редких случаях показывается продольное сечение выработанного карьерного поля.

Фактически из-за этого возникает диспропорциональность баланса долевого размещения вскрышных пород по отвалам угольного разреза, не соблюдается календарный план отсыпки внутреннего отвала и т.д. Следовательно, нужно более дискретно подходить к оценке выработанного пространства на стадии эксплуатации действующего разреза.

Затухание горных работ, характеризуется тем, что при известных принципах определения конечной глубины карьера [115] горные работы перестают развиваться в плане (достигается равенство текущего и граничного коэффициента вскрыши) и продолжают только по глубине, с формированием бортов погашения карьерного поля, которые могут изменяться от  $38^\circ$  до  $45^\circ$ .

Как уже отмечалось выше, по мере развития горных работ, как в плане, так и в профиле образовывается выработанное пространство карьерного поля. Разнообразные научно-методические подходы, предлагающие характеристики выработанного пространства, в том числе предшествующие анализу, и как уже отмечалось во введении предложены в трудах [29,47,49,71]. Следует подчеркнуть, что пространственно не равномерный характер бортов образует в продольном и поперечном сечении карьерного поля сложные геометрические конфигурации и тогда с учетом анализа отмеченных публикаций, ставится задача дать наглядное их представление для условий открытой разработки наклонных и крутопадающих угольных залежей Кемеровской области.

При решении поставленной задачи предлагается графическая схема, которая аккумулирует данные по сечениям выработанного пространства - графическая кумулятивная схема (рис.2.2.2).

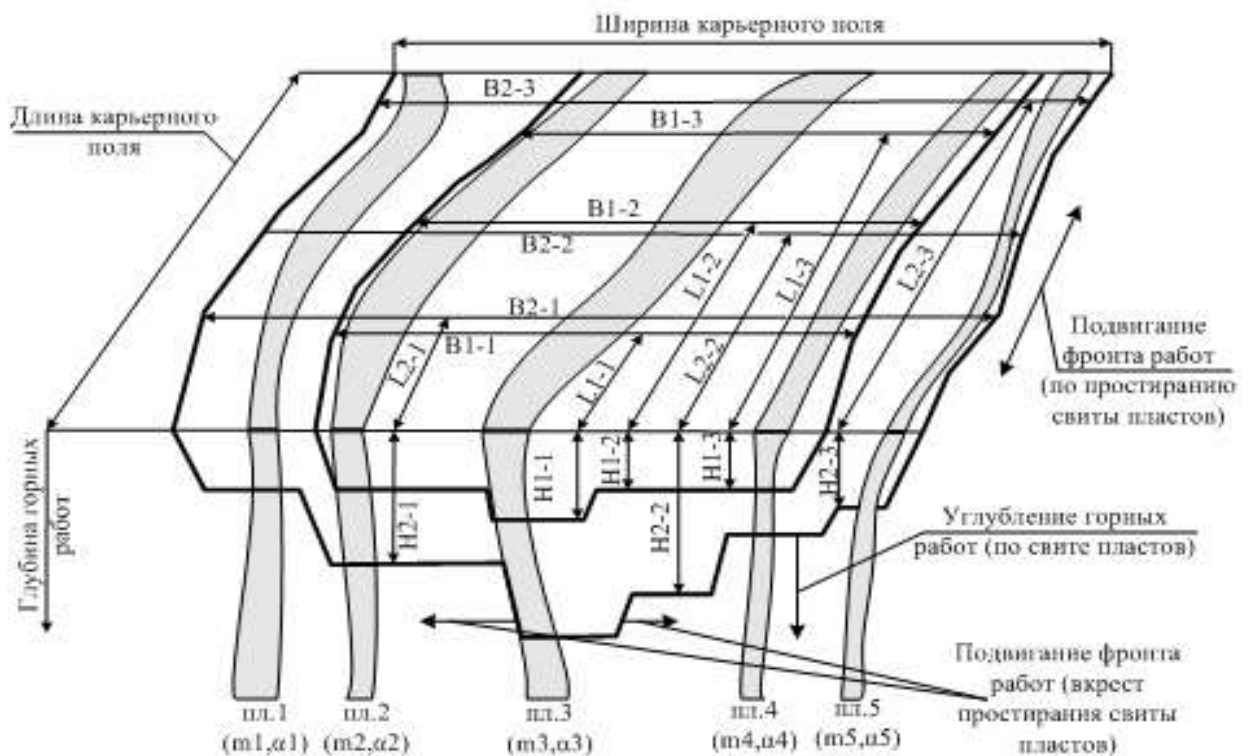


Рис. 2.2.2. Графическая кумулятивная схема, поясняющая территориальную неравномерность пространственных сечений карьерного поля на этапах развития рабочей зоны: H1-1, H1-2, H1-3 глубина фиксирующая положение ра-

бочей зоны на этапе 1; L1-1, L1-2, L1-3 длины фронтов работ на этапе 1 при соответствующей глубине рабочей зоны и ширине B1-1, B1-2, B1-3 - ширина отрезков; H2-1, H2-2, H2-3, L2-1, L2-2, L2-3, B1-1, B1-2, B1-3 - то же на этапе 2.

На рисунке 2.2.2 показаны в общем виде сечения выработанного пространства при разработке свиты из пяти крутопадающих пластов, пл.1-пл.5. Каждый угольный пласт из свиты характеризуется параметрами: угол падения ( $\alpha_1$ - $\alpha_5$ ) и мощностью (m1-m5), причем эти параметры характеризуются изменчивостью, как по падению, так и по простираанию залежи.

Учет неравномерности предлагается через поэтапное развитие рабочей зоны. Например, условно назовем этап 1 и этап 2, эти этапы пространственно фиксируют положение рабочей зоны при развитии горных работ по глубине и в плане.

Как показано на графической схеме на этапе 1 по глубине наибольший отрезок H1-1, а отрезки H1-2 и H1-3 примерно равны, но при этом длина участка L1-1 меньше, чем L1-2 и L1-3, а ширина участка B1-2 больше чем B1-1 и B1-3. На этапе 2 глубина участков от меньшего к большему H2-3, H2-2, H2-1, и длины участков от меньшего к большему L2-1, L2-2, L2-3, ширина участков от большего к меньшему B2-1, B2-2, B2-3. Можно особо отметить, что подобная параметрическая характеристика свойственна доминирующему большинству угольных разрезов Кемеровской области при разработке свиты наклонных и крутых угольных пластов. Итак, обобщено, отработка карьерного поля всегда неравномерна в своем пространственном развитии.

Тем не менее, основываясь на сравнительном сопоставлении данных проектных организаций ОАО «Кузбасгипрошахт», ООО «Сибгеопроект», ЗАО «Гипроуголь» и фактическим накопленным производственным опытом в части графического отображения выработанного пространства за период 2000-15гг., могут быть дополнительно получены ранее не идентифицированные классификационные признаки выработанного пространства (в отличие



от проектной документации) и уточняющие детали выработанного пространства с целью их последующей реализации в процедурах проектирования объема пород складываемого в выработанном пространстве.

По результатам анализа установлено, что более детализированному описанию поперечных пространственных геометрических форм не уделено достаточного внимания, что может послужить их развитием, как для проектной, так и производственной практик.

В авторской интерпретации предлагающей описание выработанного пространства, обобщающим признаком может быть предложены следующие их геометрические формы в поперечном сечении карьерного поля:

- “V”-образные;
- “W”-образные.

Следует пояснить, что источником возникновения является пространственное положение горизонтальных отрезков, характеризующих дно карьерного поля при углублении горных работ. Согласно сведениям из нормативного документа - «Правил разработки месторождений твердых полезных ископаемых» ширина дна карьерного поля должна быть не менее 30 метров.

Тогда, если в выработанном пространстве при рассмотрении траектории углубления рабочей зоны выявляется на горизонтальной плоскости - один участок шириной не менее 30 метров, то следует ее относить к “V” если два или более участков участка, то “W”.

Детализируя эти признаки и руководствуясь данными теоретическими положениями, сечения можно представить в виде идентификации ее геометрической формы за промежуток времени, когда она приобрела свои постоянные и неизменные пространственные очертания.

Для дальнейших вычислений обозначим:  $t$  – период времени, в течение которого обобщалась и накапливалась информация по параметрам сечений выработанного пространства,  $T$  – вид (маркировка) поперечного сечения выработанного пространства (его форма).  $S$  – сечение выработанного про-

странства с постоянством пространственной формы; L, B, H – соответственно длина, ширина и глубина разработки залежи, за период анализа.

Следует отметить, что геометрическая форма рабочей зоны исходила из следующих основополагающих моментов: во-первых, привязка и главное направление развития фронта горных работ в карьерном поле; во вторых принятый вид системы открытой разработки.

При анализе показателей идентификации выработанного пространства ( $t, S=T$ ) выделено шесть разновидностей сечений выработанного пространства:

1. Треугольная при однобоковой рабочей зоне - (вид Т<sub>о</sub> «Уропско-Караканский» геолого-промышленный район);
2. Трапециевидная при двухбоковой рабочей зоне (вид ТР<sub>д</sub> - «Прокопьевско-Кислевский» геолого-промышленный район);
3. Последовательно сдвоенные, строенные (вид ПС - «Кондомский» геолого-промышленный район);
4. Трапециевидная при однобоковой рабочей зоне (ТР<sub>о</sub> - «Терсинский» геолого-промышленный район);
5. Линейно-косоугольная (вид ЛК - «Кондомский» геолого-промышленный район);
6. Криволинейно-замкнутая или разомкнутая (вид КЗ - «Бачатский» геолого-промышленный район).

Резюмируя вышеприведенное и прописывая классификационные признаки, в дальнейшем используемые при проектировании, обобщено оценивающие выработанное пространство (ранее не отраженными в научно-технической литературе и проектной документации), могут быть предложены детали трансформирующие трапециевидную геометрическую форму выработанного пространства в более разнообразные и в последствии достаточно точно отражающие их фактическое состояние.

Иными словами фактическая идентификация сложной формы выработанного пространства посредством ее замены на простые геометрических отрезки: “рельеф поверхности”- “борт карьера” - “дно” (иллюстрационно на рис. 2.2.3 показаны пунктирными линиями).

Применительно к условиям разработки наклонных и крутопадающих залежей Кемеровской области в течение 2000-15гг. автором были предложены формы поперечных сечений (Т) и иллюстрационно (рис. 2.2.3. представлена функция диапазона изменения пространственных сечений выработанного пространства (S).

При анализе статистических зависимостей на рис.2.2.3 установлено следующее. Форма приобретает свои стабильные параметры, когда два или более раз за четыре точки фиксации периода (2000г.-2005г.-2010г.-2015г.) показатели пространственного развития рабочей зоны, характеризующие неравномерность сечений выработанного пространства (L,B,H) находились в интервале от 0,95 до 1 (условие соблюдение закономерности [48]).



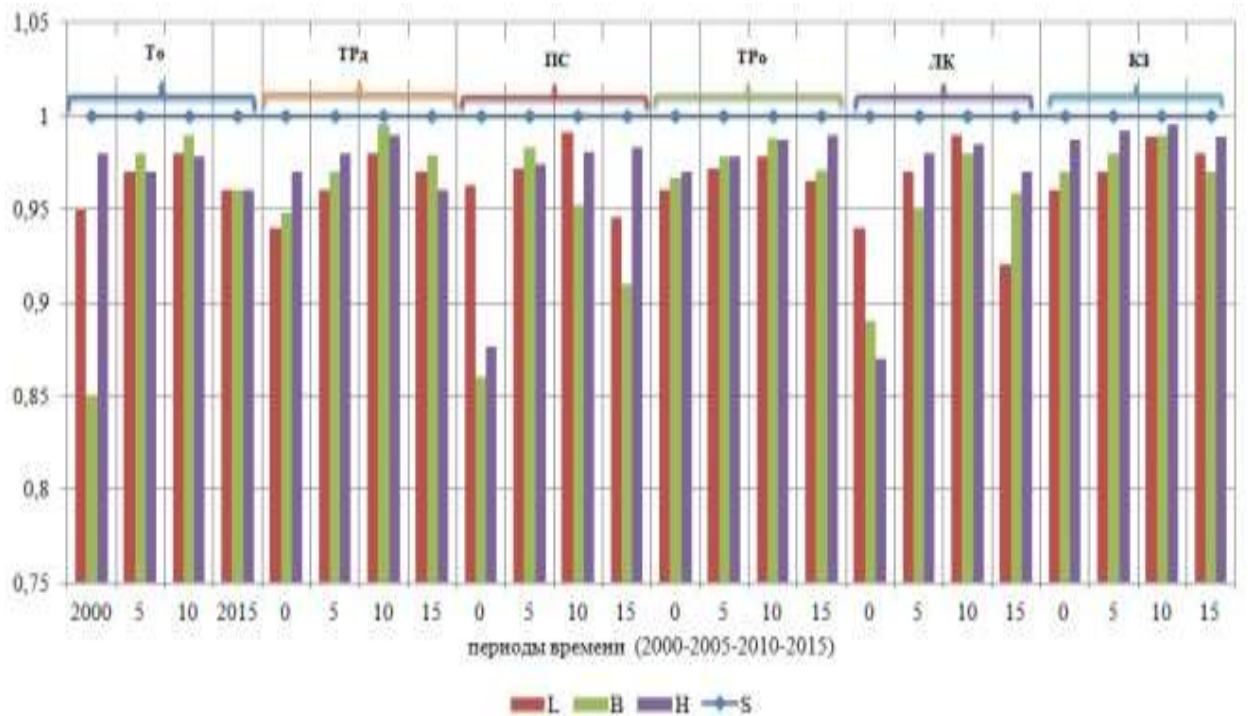


Рис. 2.2.3. Графическая интерпретация формы сечения выработанного пространства ( $S=T$ ) от временного фактора ( $t$ ), функция  $T = f(t, S)$ .

Тогда геометрическую форму поперечного сечения можно считать пространственно устойчивой за период времени. Если показатели ( $L, B, H$ ) единожды опускались ниже интервала  $0,95-1$ , то необходимо производить дополнительные вычисления, для выявления причин снижения пространственной устойчивости. При расчете параметров выработанного пространства, когда расширяются контуры карьерного поля, принимается методическое допущение, предложенное в работе [138].

Размеры выработанного пространства на последующих этапах всегда больше, чем на предыдущем (углубочная система разработки), но в соответствии с условием  $S=1$ . Для процедур проектирования и практической реализации, можно привести пример сравнительных параметрических характеристик выработанного пространства в части существующего и предлагаемого подходов.

К примеру по “Калтанскому угольному разрезу” угольному разрезу если брать в расчет правильную трапециевидную форму, то объем выработан-

ного пространства на конец 2015г. в геометрической емкости отвала составляет 47575 тыс. м<sup>3</sup>, по предлагаемому способу 54300 тыс.м<sup>3</sup>, расхождение примерно 18%.

Следовательно по предлагаемому методическому подходу и его дальнейшей реализации в проектной документации можно откорректировать в сторону увеличения долю вскрышных пород складироваемых в выработанном пространстве карьерного поля угольного разреза, аналогичная ситуация наблюдается и по другим угольным разрезам используемым при статистическом анализе.

### **2.3. Математические модели расчета параметров вариантов поисковых решений**

Для комплексной оценки поисковых решений систем открытой разработки и ресурсосберегающей направленности, далее предлагается система оценочных критериев.

Совершенствование систем разработки направлено по пути изыскания новых технологических решений, исключающих или снижающих негативное влияние на эффективность разработки угольных месторождений.

Одним из важнейших элементов поперечной системы разработки является первоначальная горная выработка, создающий условия для внутреннего отвалообразования.

Производство горных работ может осуществляться по следующим вариантам комбинированных систем разработки (рис.2.1.1):

- углубочная продольная одно, двух бортовая и поперечная однобортовая система разработки (вариант 1);
- поэтапно-углубочная с одновременным формированием рабочей зоны для полного перехода на внутреннее отвалообразование при достижении граничной глубины карьера (вариант 2);

- челочно-слоевая система разработки (вариант 3);
- блочно-слоевая поперечная система разработки в граничных контурах углубочной продольной с формированием рабочей зоны отработки карьерного поля с поперечным подвиганием фронта работ (вариант 4).

Положительными сторонами предложенных вариантов являются:

- высокая концентрация производства горных работ в начальный период;
- сокращение сроков строительства выработки под внутренний отвал с учетом выработанного пространства;
- ускоренное формирование рабочей зоны для перехода на поперечное развитие фронта горных работ по мере ее углубления.

При строительстве карьера первой очереди по продольной углубочной системе разработки в первоначальный период и в конце коэффициент вскрыши минимальный или приближается к средневзвешенным своим значениям. С углублением горных работ до момента достижения фронта работ на верхнем горизонте конечных контуров карьера коэффициент вскрыши достигает своего максимума.

Достоинствами данного варианта являются:

- низкий средний коэффициент вскрыши в начальный период строительства;
- увеличение и регулирование длины фронта горных работ.

К недостаткам следует отнести:

- при достижении “пиковых” значений объемов вскрышных работ возникает необходимость в приобретении дополнительного горно-транспортного оборудования;
- сокращение числа оборудования при погашении горных работ.

При поэтапно-углубочном варианте формирования рабочей зоны карьера в рамках формирования поперечного горных работ характерны минимальные значения коэффициента вскрыши в начальный период с

постепенным его повышением при углубке, максимальное значение коэффициента вскрыши достигается достижении граничных контуров карьерного поля.

К достоинствам варианта относятся:

- низкий коэффициент вскрыши в начальный период;
- ускоренный переход на внутреннее отвалообразование;
- снижение объема вскрыши, вывозимой на внешние отвалы.

Недостатки варианта:

- увеличение коэффициента вскрыши с понижением горных работ;
- неравномерность режима горных работ.

Таким технологическим решением является отработка части карьерного поля по продольной углубочной системе разработки в период сооружения карьера первой очереди, тогда предложены следующие варианты поперечных систем разработки, с учетом предложений рассмотренных ранее (рис.2.1.5).

Карьерное поле делится на отдельные блоки (участки), на которых выделяются границы карьера первой очереди (блок «А»), условные границы карьерного поля, отрабатываемого по углубочной продольной системе разработки (блок «С») и участок «В», отрабатываемый по технологии с поперечным развитием фронта горных работ. Оработка участков «А» и «С» начинается одновременно и (или) продолжается в течение всего времени строительства выработки под внутренний отвал.

Для выравнивания графика режима горных работ одновременно ведется отработка блока «С» по продольной углубочной системе разработки.

С этой целью задаемся условием, что при сооружении карьера первой очереди средневзвешенный текущий коэффициент вскрыши ( $K_{с1}$ ) с учетом отработки блока «С» должен быть равным среднему по всему карьерному полю ( $K_{ср}^n$ ), т.е.

$$K_{\varepsilon 1} = K_{cp}^n, \quad K_{cp}^n = \frac{V_n}{Q_{изв}^n} \quad (2.3.1)$$

где  $V_n$  - объем вскрыши в контурах карьерного поля, м<sup>3</sup>;  $Q_{изв}^n$  - масса извлеченного угля в граничных контурах карьера, т.

$$V_n = \frac{(B_{кп2} \cdot L_{кп} \cdot B_{д2} \cdot L_{д}) \cdot H_{к}}{2} - \frac{M_{н}}{2 \cdot \sin \alpha} \cdot (H_{к} \cdot h_{н}) \cdot (L_{кп} + L_{д}) \cdot (1 - K_{п}) \quad (2.3.2)$$

где  $B_{кп2}$  - ширина карьерного поля поверху, м;  $L_{кп}$  - длина карьерного поля поверху, м;  $B_{д2}$  - ширина дна карьера, м;  $L_{д}$  - общая длина дна всего карьера, м;  $H_{к}$  - граничная глубина карьера, м;  $M_{н}$  - мощность угольного пласта (пластов) по нормали, м;  $\alpha$  - угол падения пласта (свиты), град;  $h_{н}$  - мощность наносов, м;  $K_{п}$  - коэффициент потерь угля, д. е.

$$Q_{изв}^n = \frac{M_{н}}{\sin \alpha} \cdot (H_{к} \cdot h_{н}) \cdot \rho_{у} \cdot (1 - K_{п}) \cdot (L_{кп} + L_{д}) \quad (2.3.3)$$

При сооружении карьера первой очереди по площадно-слоевой технологии средний коэффициент вскрыши ( $K_{cp1}$ ) определяется из выражения

$$K_{cp1} = \frac{V_{n1}}{Q_{изв1}^y} \quad (2.3.4)$$

где  $V_{n1}$  - объем вскрыши при сооружении карьера первой очереди, м<sup>3</sup>;  $Q_{изв1}^y$  - масса извлеченного угля в контурах карьера первой очереди, т; определяется как

$$Q_{изв1}^y = \frac{M_{н}}{\sin \alpha} \cdot (H_{к} \cdot h_{н}) \cdot \rho_{у} \cdot (1 - K_{п}) \cdot (L_{к1} + L_{д1}) \quad (2.3.5)$$

где  $L_{к1}$  - длина карьера первой очереди поверху, м;  $L_{д1}$  - длина дна карьера первой очереди, м;  $\rho_{у}$  - плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

Объем вскрыши при сооружении карьера первой очереди устанавливается из выражения



$$V_n = 0,5 \cdot (B_{к2} \cdot L_{кп1} \cdot B_{д1}^B \cdot L_{д1}) \cdot H_k - \frac{Q_{изв1}^y}{\rho_y} \quad (2.3.6)$$

Коэффициент вскрыши при отработке блока «С» по продольной системе разработки определяется как

$$K_{\epsilon}^{np} = \frac{V_n^{np}}{Q_{изв}^n} \quad (2.3.7)$$

где  $V_n^{np}$  - объем вскрыши при отработке блока «С».

$$\begin{aligned} Q_{изв}^y &= \frac{M_H}{\sin \alpha} \cdot (H_k - h_H) \cdot \rho_y \cdot (1 - K_{\Pi}) \cdot (L_{кп} + L_{д}) \\ V_n^{np} &= 0,5 \cdot (B_{кпII} \cdot L_{кпII} \cdot B_{дII}^B \cdot L_{дII}) \cdot H_1 - \frac{M_H}{2 \cdot \sin \alpha} \cdot (H_1 - h_H) \\ &\quad \cdot \rho_y \cdot (1 - K_{\Pi}) \cdot (L_{кпII} + L_{дII}) \\ Q_{изв}^{ynp} &= \frac{M_H}{2 \sin \alpha} \cdot (H_1 - h_H) \cdot (L_{кпII} + L_{дII}) \cdot \rho_y \cdot (1 - K_{\Pi}) \end{aligned} \quad (2.3.8)$$

где  $L_{кпII}$  - длина карьера в границах блока «С», м;  $B_{кпII}$  - ширина дна карьера в границах блока «С», м;  $B_{дII}$  - ширина дна карьера в границах блока «С», м;  $L_{дII}$  - длина дна карьера в границах блока «С», м.

Средневзвешенный коэффициент вскрыши при одновременном сооружении карьера первой очереди и отработки блока «С» определяется по выражению

$$K_{\epsilon}^{срв} = \frac{K_{ср1} \cdot V_{зм1} + K_{\epsilon}^{np} \cdot V_{зм}^{np}}{V_{зм1} + V_{зм}^{np}}, \quad (2.3.9)$$

где  $V_{зм1}$  - объем горной массы в границах карьера первой очереди, м<sup>3</sup>.

$$V_{зм1} = V_{n1} + \frac{Q_{изв1}^y}{\rho_y} \quad (2.3.10)$$

$V_{зм}^{np}$  - объем горной массы в границах блока «С»,

$$V_{зм}^{np} = 0,5 \cdot H_1 \cdot (B_{кпII} \cdot L_{кпII} \cdot B_{дII}^B \cdot L_{дII}) \quad (2.3.11)$$

Приравняв  $K_{вI} = K_{\epsilon}^{срв} = K_{ср}^n$  получим необходимое значение  $K_{ср}^{np}$

$$K_{\epsilon}^{\text{np}} = \frac{(V_{\text{зм1}} + V_{\text{зм}}^{\text{np}}) \cdot K_{\text{cp}}^{\text{n}} - K_{\text{cp}}^{\text{n}} \cdot V_{\text{зм1}}}{V_{\text{зм}}^{\text{np}}},$$

$$\begin{aligned} K_{\text{в}}^{\text{np}} &= \frac{0,5 \cdot (B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кпII}} + B_{\text{дII}}^{\text{в}} \cdot L_{\text{дII}}) \cdot H_1 - \frac{M_{\text{н}}}{2 \sin \alpha} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot \\ &\quad \cdot (L_{\text{кпII}} + L_{\text{дII}}) \cdot \rho_y \cdot (1 - K_{\text{п}})}{\frac{M_{\text{н}}}{2 \sin \alpha} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot (L_{\text{кпII}} + L_{\text{дII}})} = \\ &= \frac{(B_{\text{кпI}} \cdot L_{\text{кпI}} + B_{\text{дII}} \cdot L_{\text{дII}}) \cdot H_1 \cdot \sin \alpha}{M_{\text{н}} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot (L_{\text{кпII}} + L_{\text{дII}}) \cdot \rho_y (1 - K_{\text{п}})} - \frac{1}{\rho_y} \end{aligned} \quad (2.3.12)$$

$$B_{\text{кпII}} = H_1 (ctg \gamma_{\text{п}} + ctg \alpha) + B_{\text{дII}}; \quad L_{\text{кпII}} = L_{\text{кп}} - L_{\text{кI}} \quad (2.3.13)$$

Производим вычисления

$$\begin{aligned} K_{\text{в}}^{\text{np}} &= \quad (2.3.14) \\ &= \frac{\{[H_1 (ctg \gamma_{\text{п}} + ctg \alpha) + B_{\text{дII}}] \cdot (L_{\text{кп}} - L_{\text{кI}}) + B_{\text{дII}} \cdot L_{\text{дII}}\} \cdot H_1 \cdot \sin \alpha}{M_{\text{н}} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot (L_{\text{кпII}} - L_{\text{дII}}) \cdot (1 - K_{\text{п}}) \cdot \rho_y} \\ &\quad - \frac{1}{\rho_y} \end{aligned}$$

Поставив значение  $K_{\text{в}}^{\text{np}}$  из формулы (2.3.14) в выражение (2.3.12), получим выражение следующего вида

$$\begin{aligned} &\frac{\{[H_1 (ctg \gamma_{\text{п}} + ctg \alpha) + B_{\text{дII}}] \cdot (L_{\text{кп}} - L_{\text{кI}}) + B_{\text{дII}} \cdot L_{\text{дII}}\} \cdot H_1 \cdot \sin \alpha}{M_{\text{н}} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot (L_{\text{кпII}} - L_{\text{дII}}) \cdot (1 - K_{\text{п}}) \cdot \rho_y} - \frac{1}{\rho_y} \\ &= \frac{H_{\text{к}} \cdot (B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кI}} + B_{\text{дI}} \cdot L_{\text{дI}}) \cdot (K_{\text{cp}}^{\text{n}} - K_{\text{cpI}})}{H_1 \cdot (B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кI}}) \cdot (B_{\text{дII}} + L_{\text{дII}})} + 1 \end{aligned} \quad (2.3.15)$$

или

$$\begin{aligned} &\frac{H_1 \cdot \sin \alpha \cdot (B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кпII}} + B_{\text{дII}} + L_{\text{дII}})}{M_{\text{н}} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot (L_{\text{кпII}} - L_{\text{дII}}) \cdot (1 - K_{\text{п}}) \cdot \rho_y} - \frac{1}{\rho_y} = \\ &= \frac{H_{\text{к}} \cdot B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кпI}} + B_{\text{дI}} + L_{\text{дI}}}{H_1 \cdot (B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кII}}) \cdot (B_{\text{дII}} + L_{\text{дII}})} + 1 \end{aligned} \quad (2.3.16)$$

Обозначив

$$H_1 \cdot \sin \alpha \cdot (B_{\text{кпII}} \cdot L_{\text{кпII}} + B_{\text{дII}} + L_{\text{дII}}) = D; \quad (2.3.17)$$

$$M_{\text{н}} \cdot (H_1 - h_{\text{н}}) \cdot (L_{\text{кпII}} - L_{\text{дII}}) \cdot (1 - K_{\text{п}}) \cdot \rho_y = Z;$$

$$H_k \cdot B_{кпII} \cdot L_{кпI} + B_{дI} + L_{дI} ) \cdot (K_{cp}^n - K_{cpI}) = W;$$

$$H_1 \cdot (B_{кпII} \cdot L_{кII}) \cdot (B_{дII} + L_{дII}) = K$$

Получаем

$$\frac{D}{Z} - \frac{1}{\rho_y} = \frac{W}{K} \quad (2.3.18)$$

$$D \cdot (\rho_y \cdot K) - Z \cdot K = W \cdot Z \cdot \rho_y \quad \text{или} \quad D \cdot \rho_y \cdot K - Z \cdot K - W \cdot Z \cdot \rho_y = 0$$

Тогда

$$\begin{aligned} H_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot (B_{кпII} \cdot L_{кпII} + B_{дII} + L_{дII}) \cdot \rho_y \cdot (B_{кпII} \cdot L_{кпII} + B_{дII} + L_{дII}) - M_H \cdot (H_1 - h_H) \cdot (L_{кпII} - L_{дII}) \cdot (1 - K_{п}) \cdot \rho_y \\ \cdot H_1 \cdot (B_{кпII} \cdot L_{кII}) \cdot (B_{дII} + L_{дII}) - H_k \cdot B_{кпII} \cdot L_{кпI} + B_{дI} + L_{дI} ) \cdot (K_{cp}^n - K_{cpI}) \cdot M_H \cdot (H_1 - h_H) \cdot (L_{кпII} - L_{дII})) \\ \cdot (1 - K_{п}) \cdot \rho_y^2 = 0 \end{aligned} \quad (2.3.19)$$

Подставив в формулу (2.3.19.) значения  $B_{кпII}$  и  $L_{кпII}$  получим

$$\begin{aligned} H_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \{ [H_1 \cdot (ctg \gamma_{п} + ctg \alpha) + B_{дII}]^2 \cdot (L_{кп} - L_{кI}) + B_{дII} \cdot L_{дII} \cdot \rho_y - H_1 \cdot M_H \cdot (H_1 - h_H) \cdot \\ \{ [(H_1 \cdot ctg \gamma_{п} + ctg \alpha) + B_{дII}] + L_{дII} \} \times \{ (H_1 \cdot ctg \gamma_{п} + ctg \alpha) + B_{дII} \} \cdot (L_{кп} - L_{кI}) + B_{дII} \cdot L_{дII} \cdot \rho_y - H_k \cdot (B_{кп2} \cdot L_{кI} + B_{дI} + L_{дI}) \cdot \\ (K_{cp}^n - K_{cpI}) \cdot (H_1 - h_H) \cdot ((L_{кпII} - L_{дII}) \cdot \rho_y^2 = 0 \end{aligned} \quad (2.3.20)$$

Или

$$\begin{aligned} H_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \rho_y \{ [(H_1 \cdot ctg \gamma_{п} + ctg \alpha)^2 + (H_1 \cdot ctg \gamma_{п} + ctg \alpha) \cdot B_{дII} + B_{дII}^2 \times (L_{кп} - L_{кI}) + B_{дII} \cdot L_{дII}] - H_1 \cdot M_H \cdot (H_1 - h_H) \cdot \\ \cdot \{ H_1^2 \cdot (ctg \gamma_{п} + ctg \alpha) \cdot B_{дII} + L_{дII} \} \cdot [(H_1 \cdot ctg \gamma_{п} + ctg \alpha) + B_{дII}] \cdot (L_{кп} - L_{кI}) + B_{дII} \cdot L_{дII} \} \cdot \rho_y - H_k \cdot \\ \cdot (B_{кп2} \cdot L_{кI} + B_{дI} + L_{дI}) \cdot (K_{cp}^n - K_{cpI}) \cdot (H_1 - h_H) \cdot ((L_{кпII} + L_{дII}) \cdot (1 - K_{п}) \cdot \rho_y^2 = 0 \end{aligned} \quad (2.3.21)$$

Раскрыв скобки, получим

$$\begin{aligned}
& H_1^4 \cdot \rho_y \cdot (ctg\gamma_n + ctg\alpha)^2 + 2 \cdot H_1^3 \cdot \sin \alpha \cdot \rho_y \cdot (ctg\gamma_n + ctg\alpha) \cdot \\
& B_{дII} + H_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \rho_y \cdot B_{дII}^2] \cdot (L_{кп} - L_{кл}) \cdot H_1^2 \cdot \sin \alpha \cdot \rho_y \cdot B_{дII} + \\
& L_{дII} \} - (H_1^2 \cdot M_n - H_1 \cdot h_n \cdot M_n) \cdot [ (H_1 \cdot ctg\gamma_n + ctg\alpha) + B_{дII} + \\
& L_{дII} ] \times [ (H_1 \cdot ctg\gamma_n + ctg\alpha) + B_{дII} ] \cdot (L_{кп} - L_{кл}) + B_{дII} \cdot L_{дII} ] \cdot \\
& \rho_y - H_k \cdot (B_{кп2} \cdot L_{кл} + B_{дI} + L_{дI}) \cdot (K_{ср}^n - K_{срI}) \cdot (H_1 - h_n) \cdot \\
& ((L_{кпII} + L_{дII}) \cdot (1 - K_n) \cdot \rho_y^2 = 0
\end{aligned} \tag{2.3.22}$$

Решая полученное уравнение относительно  $H_1$ , определяем необходимую глубину горных работ при отработке блока «С» по продольной углубочной системе разработки. Однако если рассматривать принципиальный подход к условиям продольно-поперечных систем разработки, то появляется необходимость учета того, что один вид системы разработки изменяется в другой.

В последнюю очередь производится отработка оставшейся части карьерного поля (блок «В» и блок «С») по сплошной поперечной системе разработки.

Аналогичным образом производится усреднение текущего коэффициента вскрыши и при строительстве карьера первой очереди по традиционной продольной углубочной системе разработке и поэтапном погружении горных работ.

Регулирование режима работ при одновременном сооружении карьера первой очереди и продольного подвигания фронта работ может осуществляться также за счет изменения темпа углубки горных работ. Текущий коэффициент вскрыши при сооружении карьера 1-й очереди определяется графоаналитическим методом. Текущий коэффициент вскрыши в зоне продольной системы разработки определяется графоаналитическим методом с учетом темпа углубки с отстройкой рабочего борта карьера. После этого строится сводный календарный график режима горных работ на период строительства карьера 1-й очереди.

Основные параметры карьера первой очереди определяются следующим образом

Ширина дна карьера

$$B_{д1} = \frac{1000 \cdot H_y \cdot K_{рт}}{i} - H_y \cdot ctg\beta + \frac{M_n}{sin\alpha} \quad (2.3.23)$$

где  $H_y$ - высота уступа, м;  $K_{рт}$ - коэффициент развития трассы,  $K_{рт}=1,3$ ;  $\beta$ - угол откоса уступа, град;  $\alpha$ - угол падения пласта, град;  $M_n$ - мощность пласта по нормали, м;  $i$  - уклон трассы (съезда), ‰.

Ширина карьера по верху

$$B_{к1}^B = B_{д1} + H_y \cdot (ctg\gamma_{п} + ctg\alpha) \quad (2.3.24)$$

где  $\gamma_{п}$ - угол погашения с учетом транспортных берм.

Длина карьера 1-й очереди по дну

$$L_{д1} = H_y \cdot (ctg\gamma_0 + ctg\gamma_{п}) + B_6 + T + (B_p - A) \quad (2.3.25)$$

где  $\gamma_0$ - генеральный угол откоса внутреннего многоярусного отвала, град;  $B_6$  - полоса безопасности от скатывания кусков породы при отвалообразовании, м;  $T$  - ширина транспортной полосы, м;  $B_p$  - ширина развала пород после; м;  $A$  - ширина экскаваторной заходки, м.

Длина карьера первой очереди поверху

$$L_{к1}^B = H_y \cdot (ctg\gamma_{п} + ctg\gamma_{р6}) + L_{д1} \quad (2.3.26)$$

где  $\gamma_{р6}$ - угол откоса рабочего борта, град.

Объем карьера первой очереди

$$V_{к1} = 0,5 \cdot (L_{к1}^B \cdot B_{к1}^B + L_{д1} \cdot B_{д1}) \cdot H_k \quad (2.3.27)$$

Объем извлекаемого угля в границах карьера первой очереди

$$V_{y1} = \frac{M_n}{sin\alpha} \cdot (H_k - h_n) \cdot (L_{к1}^B + L_{д1}) \cdot (1 - K_{п}) \quad (2.3.28)$$

где  $K_{п}$ - коэффициент потерь угля при добыче, д. е.

Объем вскрыши, вывозимый на внешние отвалы

$$\begin{aligned}
V_{\Pi}^{BO} &= 0,5 \cdot (L_{K1}^B \cdot B_{K1}^B + L_{D1} \cdot B_{D1}) \cdot H_K - 0,5 \frac{M_H}{\sin \alpha} \cdot (H_K \\
&\quad - h_H) \cdot (L_{K1}^B + L_{D1}) \cdot (1 - K_{\Pi}) \\
&= 0,5 \cdot H_K \cdot [(L_{K1}^B \cdot B_{K1}^B + L_{D1} \cdot B_{D1}) - \frac{M_H}{\sin \alpha} \\
&\quad \cdot (L_{K1}^B + L_{D1}) \cdot (1 - K_{\Pi})]
\end{aligned}
\tag{2.3.29}$$

Средний коэффициент вскрыши при сооружении карьера первой очереди

$$K_{B2}^{cp} = \frac{V_{\Pi}^{BO}}{V_{y1} \cdot \rho_y} \tag{2.3.40}$$

Вариант 2. Предлагаемый вариант отработки карьерного поля является разновидность варианта 1. Отличительным признаком варианта является сооружение первоначальной выработки. Сглаживание графика режима горных работ производится за счет отработки поля (блок «С») по продольной углубочной системе разработки до некоторой промежуточной глубины карьера  $H_1$  по тем же методическим положениям, что и в варианте 1. Расчет параметров карьера первоочередной выработки в граничных контурах также аналогичен варианту 1.

Вариант 3. По данному варианту создание (сооружение) карьера первой очереди сводится к проходке поперечного подготовительного котлована в одном из торцов карьерного поля на глубину, равную высоте уступа, с вывозкой вскрыши на внешний отвал.

Параметры котлована определяются исходя из возможности перехода на поперечное развитие фронта работ с внутренним отвалообразованием.

Ширина дна котлована определяется по выражению

$$B_{dk} = H_y \cdot (ctg \beta_o + ctg \beta) + B_{от} \tag{2.3.41}$$

где  $H_y$ - высота уступа, м;  $\beta_o$ - угол откоса яруса отвала, град;  $\beta$ - угол откоса котлована, град;  $B_{от}$ - расстояние от нижней бровки откоса отвального яруса внутреннего отвала до нижней бровки откоса уступа, м.

$$B_{от} = b_{рк} + T + 2 \cdot c \tag{2.3.42}$$

где  $b_{рк}$ - зона разлета кусков породы от нижней бровки отвала, м.

$$b_{\text{рк}} = \frac{4 \cdot H_0^2}{2 \cdot r^2 \cdot \sin^2 \beta_0 \cdot f \cdot g} \quad (2.3.43)$$

где  $H_0$  - высота отвального откоса, м;

$$r^2 = \frac{2 \cdot l}{g \cdot (\sin \beta_0 + f \cdot \cos \beta_0)}; \quad l = \frac{H_0}{\sin \beta_0} \quad (2.3.44)$$

где  $l$  - длина откоса отвала, м;  $f$  - коэффициент сопротивления качению куска породы по откосу;  $g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,8$  м/сек<sup>2</sup>;  $T$  - ширина транспортной полосы, м;  $c$  - зазор между транспортной полосой и предохранительными валиками, м.

Подготовительный котлован сооружается на длину  $L_{\text{дк}}$  вкост простирания залежи.

$$L_{\text{дк}} = \frac{\sum M_{\text{св}}}{\sin \alpha} + b_{\text{тр}} \geq \frac{1000 \cdot H_y}{i} + 30 \quad (2.3.45)$$

где  $\sum M_{\text{св}}$  - мощность отрабатываемой свиты угольных пластов, м;  $\alpha$  - угол падения угольных пластов, град;  $i$  - уклон съезда, ‰;  $b_{\text{тр}}$  - ширина транспортной бермы, м.

После этого производится отгон борта котлована с отработкой уступа по поперечной технологии с внутренним отвалообразованием. Для создания условий сооружения подготовительного котлована на нижележащем горизонте необходимо объемы горной массы  $V_0$  и  $V_1$  вывозить на поверхность карьерного поля с размещением вскрыши на внутреннем отвале первого горизонта.

Это возможно обеспечить при создании шага углубки ( $l_{y1}$ ) по простиранию залежи на величину, определяемую по выражению

$$l_{y1} = \frac{(V_0 + V_1) \cdot (1 - \frac{1}{K_{\text{в1}}}) \cdot K_p}{H_{01} \cdot K_{\text{от}}} + 2 \cdot \text{Ш}_{\text{оп}} + H_y \cdot \text{ctg} \beta_0 \quad (2.3.46)$$

где  $V_0$  - объем углубочного котлована на 1 м по простиранию залежи, м<sup>3</sup>;

$$V_0 = (B_{\text{дк}} + H_y \cdot \text{ctg} \beta) \cdot H_y \quad (2.3.47)$$

$V_1$  - объем горной массы вывозимый с вышележащего над углубочным котлованом горизонта (уступа) на 1 м по простиранию залежи (единичный объем),  $\text{м}^3$ .

$$V_1 = (\text{Ш}_{\text{рп}} + B_{\text{дк}} + 2 \cdot H_y \cdot \text{ctg}\beta) \quad (2.3.48)$$

$K_{\text{в1}}$  - средний коэффициент вскрыши при первой углубке,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $K_p$  - коэффициент разрыхления породы;  $H_{01}$  - высота отвала, отсыпаемого на поверхность внутреннего отвала первого горизонта при первой углубке, м;  $K_{\text{от}}$  - коэффициент откоса ( $K_{\text{от}} = 0,75-0,85$ );  $\text{Ш}_{\text{оп}}$  - ширина рабочей площадки на внутреннем отвале, м;  $\beta_0$  - угол откоса отвального яруса, град.

Величина второго шага при углубке на третий горизонт устанавливается по формуле

$$l_{y2} = \frac{(V_0 + V_1 + V_2) \cdot (1 - \frac{1}{K_{\text{в2}}}) \cdot K_p}{H_{02}} + \text{Ш}_{\text{оп}} + H_y \cdot \text{ctg}\beta_0 \quad (2.3.49)$$

где  $V_2$  - единичный объем горной массы, вывозимой на поверхность карьерного поля с верхнего горизонта,  $V_1 = V_2$ ;  $K_{\text{в2}}$  - средний коэффициент вскрыши при второй углубке,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $H_{02}$  - высота отвала, отсыпаемого на поверхность внутреннего отвала при второй углубке.

При углубке на  $n$ -й горизонт шаг определяется по выражению

$$l_{yn} = \frac{(V_0 + n \cdot V_2) \cdot (1 - \frac{1}{K_{\text{вn}}}) \cdot K_p}{H_{0n}} + \text{Ш}_{\text{оп}} + H_y \cdot \text{ctg}\beta_0 \quad (2.3.50)$$

Углубка ведется с внутренним отвалообразованием до проектной глубины карьера. После этого рабочая зона становится постоянной и вся порода вскрыши перемещается во внутренний отвал по своим горизонтам.

Длина подготовительного котлована на каждом горизонте приблизительно одинакова и зависит только от возможного изменения мощности угольного пласта или свиты пластов с глубиной погружения.



Средний коэффициент вскрыши по этапам углубки горных работ определяется по следующим аналитическим выражениям.

Коэффициент вскрыши при углубке на  $n$ -й горизонт определяется в общем виде как

$$K_{вn} = \frac{\left[ L_{\text{дк}} - \frac{M_{\text{н}}}{\sin \alpha} + 0,5 \cdot (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha) + (n - 1) \cdot \left( b_{\text{т}} + \frac{H_{\text{у}} \cdot \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta} \right) \right]}{M_{\text{н}}}$$

где  $n$  - порядковый номер вскрываемого горизонта при углубке горных работ.

Значение среднего коэффициента вскрыши при углубке горных работ может определяться для реальных условий известным графоаналитическим методом (Ржевский В. В.).

Величина шага углубки определяется с использованием полученных значений среднего коэффициента вскрыши (в  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ) по этапам углубки.

Общий объем вскрыши, вывозимой на поверхность верхнего яруса внутреннего отвала при полной углубке горных работ до предельной глубины карьера, составит

$$V_{\text{в}}^{\text{по}} = 0,5 \cdot (L_{\text{рз}}^{\text{в}} \cdot B_{\text{рз}}^{\text{в}} + L_{\text{д}} \cdot B_{\text{д}}) \cdot H_{\text{к}} \quad (2.3.51)$$

где  $L_{\text{рз}}^{\text{в}}$  - длина рабочей зоны поверху, м.

$$L_{\text{рз}}^{\text{в}} = H_{\text{к}} \cdot (\operatorname{ctg} \gamma_0 + \operatorname{ctg} \gamma_{\text{рб}}) + B_{\text{д}} \quad (2.3.52)$$

$B_{\text{рз}}^{\text{в}}$  - ширина рабочей зоны по верху, м.

$$B_{\text{рз}}^{\text{в}} = L_{\text{д}} \cdot H_{\text{к}} \cdot (\operatorname{ctg} \gamma_0 + \operatorname{ctg} \gamma_{\text{рб}}) \quad (2.3.53)$$

$L_{\text{д}}$  - длина дна карьера, м.

$$L_{\text{д}} = \frac{1000 \cdot H_{\text{у}}}{i} + 30 \quad (2.3.54)$$

$B_{\text{д}}$  - ширина дна остаточной выработки карьера, м.

$$B_{\text{д}} = T + b_{\text{рк}} + c \quad (2.3.55)$$

Вариант 4 - блочно-слоевая поперечная система разработки в граничных контурах углубочной продольной с формированием рабочей зоны

отработки карьерного поля с поперечным подвиганием фронта работ, является разновидностью варианта 1, поэтому расчет критериев производится по аналогичным вычислениям.

#### 2.4. Инструментарий уменьшения избыточного выработанного пространства (ИВП), контурное развитие карьерного поля и внешнего отвала в задачах сокращения ИВП

Анализ факторов влияющих на избыточное выработанное пространство (ИВП) [46] в условиях действующих разрезов показывает, что основополагающим моментом в росте ИВП является система разработки (рис.2.4.1).

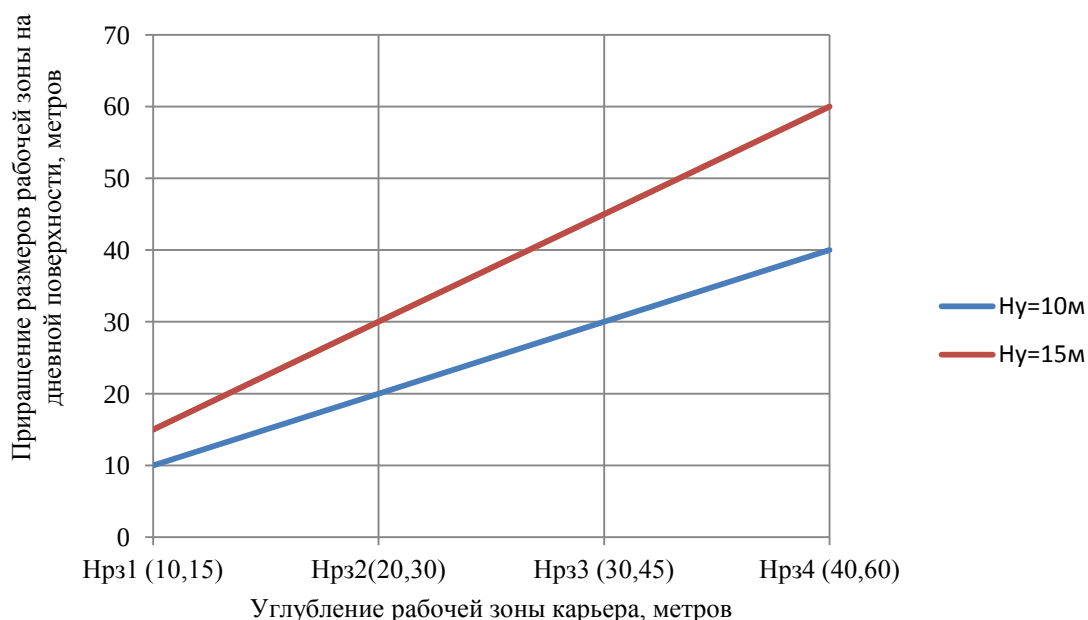


Рис. 2.4.1. Приращения размеров рабочей зоны карьерного поля по дневной поверхности в зависимости от углублений горных работ (по А.И. Арсентьеву)

Среди более представительных факторов, влияющих на ИВП можно выделить систему разработки (как и в п.1.2. в который раз УД является недостатком). При этом в общей технической политике производителей угля существует устойчивое направление на увеличение объёмов внутреннего от-

валообразования при разработке наклонных и крутых залежей угля. Данные технологии направлены на устранение вышеуказанного недостатка УД (см.п.2.1). Для того что бы сократить остаточную горную выработку необходимо обеспечить снижение роста объемов остаточного выработанного пространства, даже за счет внутреннего отвалообразования. Такие технологические решения могут быть достигнуты, когда выработанное пространство карьерного поля используется в качестве емкости под внутренний отвал.

Способы уменьшения ИВП базируются на следующих принципах:

- установление причин влияющих на рост ИВП и возможные пути устранения;
- количественная оценка пространственного развития двух совокупных объектов «карьерное поле - внешний отвал»;
- оценка приемной способности внешнего отвала вскрышных пород в контексте раздела 2 работы;
- пути уменьшения ИВП с сокращением незаполненного выработанного пространства карьерного поля.

Общий объем остаточной горной выработки будет равен отношению между объемной фигурой карьерного поля и максимальной долей внутреннего отвалообразования. Рассмотрим подход, основанный на графической схеме и применительно к условиям разработки наклонных и крутопадающих залежей Кузбасса.

Таким образом, управление размещением вскрышных пород во внутреннем отвале с одной стороны будет инструментарием уменьшения избыточного выработанного пространства, а с другой в определенной степени будет сокращать ограничительное развитие по расположению собственными внешними отвалами вскрышных пород и их дальнейшее развитие.

### Контурное развитие карьерного поля

По результатам анализа пространственного развития карьерных полей угольных разрезов Кемеровской области, можно сделать заключение о том, что приращение контуров карьерного поля (обозначим через  $П_k$ ) на этапе от  $i$  до  $i+1$  в плане горных работ и выраженное в метрах прямо пропорционально углублению рабочей зоны (обозначим как  $У_k$ ) на один ее этап углубления (обозначим через высоту уступа  $H_y$ ) (см. рис.2.3.2а,б).

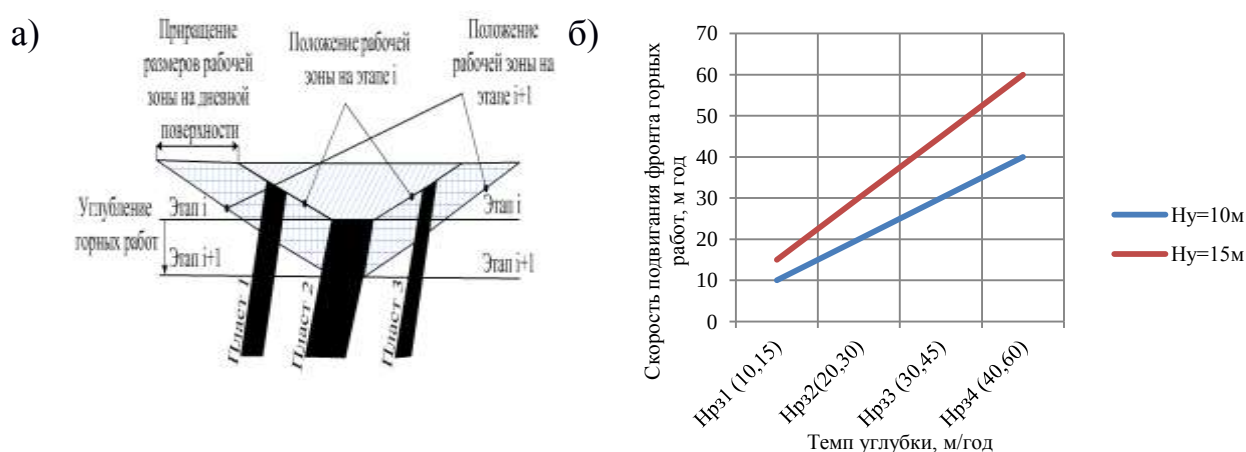


Рис. 2.4.2. Схема, поясняющая принципы развития рабочей зоны при углубочных продольных системах разработки: взаимосвязь углубления рабочей зоны и ее прироста на земной поверхности (а) и закономерности развития рабочей зоны карьерного поля по А. И. Арсентьеву (б).

Когда, в общем виде уравнение укрупненной последовательности пространственного развития рабочей зоны можно представить в виде формулы

$$П_k \approx У_k \approx H_y \text{ или } V_{фр} \approx U_r \approx H_y \quad (2.4.1)$$

где  $П_k$  ( $V_{фр}$ ) - приращение в плане горных работ контуров карьерного поля (скорость подвигания фронта работ, м/год)  $У_k$  ( $U_r$ ) - приращение контуров при углублении рабочей зоны (темп углубки, м/год),  $H_y$  - высота уступа, м.

Такой принцип развития рабочей зоны при углубочной продольной системе разработки (см. рис. 2.4.2а,б) свойствен подавляющему большинству угольных разрезов Кемеровской области

### Контурное развитие внешнего отвала вскрышных пород

По результатам анализа установлено, что внешние отвалы вскрышных пород угольных разрезов Кемеровской области в основном с направлением развития своих контуров в сторону карьерного поля и по количественному распределению значительная доля приходится на расположение внешних отвалов по периметру карьерного поля. Тогда, следует отметить, что в последующем для подавляющего большинства угольных разрезов будет ограничено развитие контуров карьерного поля в части пространственного расположения внешних отвалов вскрышных пород. Следовательно, необходимо определить величины контурного развития внешнего отвала для установления диапазонных значений незаполненного выработанного пространства карьерного поля.

На угольных разрезах Кемеровской области при углубочных продольных системах разработки, одним из основных способов отсыпки внешних автоотвалов вскрышных пород является периферийный. При этом способе, на устойчивых отвалах автосамосвалы, грузоподъемностью до 75т., разгружаются прямо под откос, а большей грузоподъемности на расстоянии 3-5метров от верхней бровки откоса отвала. Затем эта порода перемещается бульдозерам под откос, в этом случае отвал развивается в плане. В целях безопасности, что бы исключить возможность падения автосамосвала при непосредственной разгрузке под откос отсыпают породный вал высотой до 0,8метров и шириной до 2,5метров. Кроме этого, в этих же целях поверхность бульдозерного отвала должна иметь уклон 3-5°.

По высоте, внешние автоотвалы бывают одноярусные и двухъярусные с высотой каждого отвального яруса до 30-60 метров. Угол откоса отвального яруса не более 38°; генеральный угол откоса отвала не более 25-30°. В качестве исходной базы для рассмотрения закономерностей контурного развития внешних отвалов вскрышных пород, принят диапазон изменения средневзвешенной дальности транспортирования вскрыши на отвалы 2-5км. Фикса-

ция внешнего отвала, как объекта производится по средневзвешенной дальности транспортирования и через центры тяжести внешнего отвала (рис.2.4.3а) [109]. Затем принимая во внимание смещения центра тяжести отвала относительно конечной глубины карьера (обозначим как  $H_k$ ), строятся зависимости величин контурного развития внешних автоотвалов вскрышных пород угольных разрезов (рис. 2.4.3б).

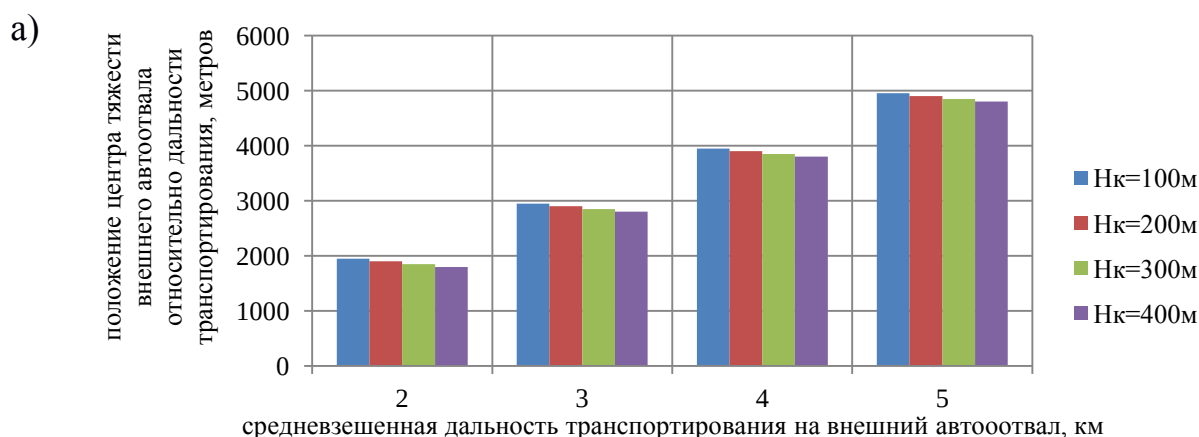
Анализ графических изображений, представленных на рис.2.4.3б, показывает, что приращение контуров развития внешнего автоотвала вскрышных пород можно представить в виде выражения, полученного через математико-статистическую обработку графиков (рис.2.4.3а,б)

$$P_o = 0,3214 \cdot H_o^2 - 5,25H_o + 28 \quad (2.4.2)$$

где  $P_o$  - прирост контура внешнего автоотвала вскрышных пород, м / год;  $H_o$  - высота внешнего автоотвала вскрышных пород, м.

Функция приращения контуров внешнего отвала вскрышных пород будет убывающей с возрастанием высота отвала, а линия убывания представляется полиномом второй степени.

Таким образом, вышесказанное позволяет сделать вывод, при развитии таких объектов, как карьерное поля и внешний автоотвал вскрышных пород существуют их взаимная направленность с установленными уровнями контурного развития.



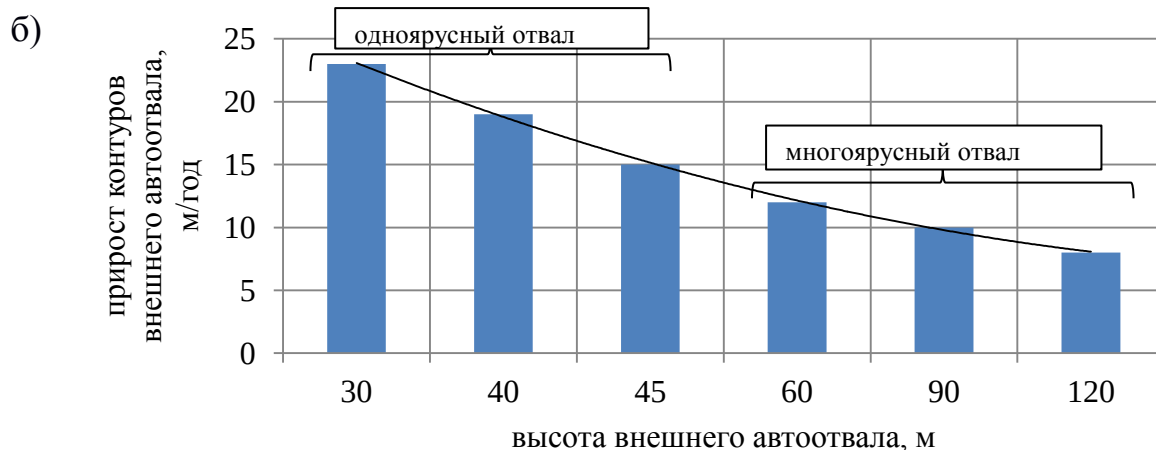


Рис. 2.4.3. Зависимость смещения центра тяжести внешнего автоотвала относительно углубления горных работ и средневзвешенной дальности транспортирования вскрыши (а) и основанные на них укрупненные размеры контурного развития внешних автоотвалов вскрышных пород угольных разрезов Кемеровской области (б).

Управление избыточным выработанным пространством карьерных полей угольных разрезов посредством контурного развития карьерного поля и внешнего автоотвала

В диссертационной работе к.т.н. Еременко Е.В. [46] термину “избыточное (незаполненное) выработанное пространство (ИВП)” дается следующее определение – разница между приемной способностью выработанного пространства угольного разреза и извлекаемыми объемами вскрыши. Иначе другими словами минимальная величина ИВП это текущая землеемкость угольного разреза, максимальное значение это эксплуатационная землеемкость.

Как уже отмечалось ранее, при таком способе открытой разработки ИВП будет равно объему карьерного поля. Очевидно, что чем больше срок эксплуатации разреза с углубочной продольной системой разработки, тем прогрессивнее темпы роста ИВП.

Тогда, исходя из двух теоретических посылов - контурного развития карьерного поля и внешнего отвала, взаимной направленности их развития, численную схему расчета можно представить в виде графического изображения, представленного на рис.2.4.4.

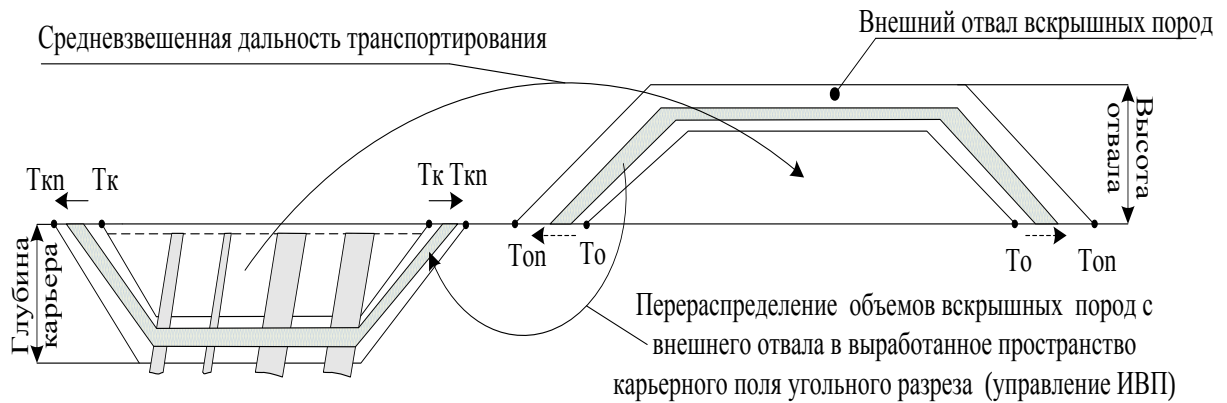


Рис. 2.4.4. Принципиальная схема для числовой оценки управления избыточного выработанного пространства карьерных полей угольных разрезов посредством контурного развития карьерного поля и внешнего автоотвала.

На рис. 2.4.4 приняты следующие обозначения. Тк, То - соответственно начальное положение контуров карьерного поля и внешнего отвала; Ткп, Топ - соответственно граничные контуры карьерного поля и внешнего отвала; стрелочками показаны вектора скоростей и направления подвигания контуров.

Согласно схеме контурное развитие карьерного поля и внешнего отвала вскрышных пород представим как взаимная направленность двух объектов лежащих в одной горизонтальной плоскости. Так как два объекта пространственно перемещаются навстречу друг другу, то максимальную площадь между объектами можно определить как функцию от времени смыкания пространства между ними. Задаваясь фиксированным начальным положением между объектами по средствам средневзвешенной дальности транспортирования на внешний отвал, определяем их максимальное удаление друг от дру-



га. Тогда площадь объектов можно найти как функцию  $S$  в начальный момент времени

$$S_0 = (L_{\text{тр}} - B) \cdot L \quad (2.4.3)$$

где  $S_0$  - максимальное значение площади объектов ( $\text{м}^2$ );  $L_{\text{тр}}$  - средневзвешенная дальность транспортирования на внешний автоотвал;  $B$  - ширина карьера поверху, (м или км);  $L$  - длина карьерного поля по верху (м или км).

Выполним преобразование выражения (2.4.3) относительно пространственного подвигания контуров в любой промежуток времени

$$S_{(t)} = S_0 - (V_1 + V_2) \cdot t \cdot L = (L_{\text{тр}} - B) \cdot L - (V_1 + V_2) \cdot t \cdot L \quad (2.4.4)$$

где  $V_1, V_2$  - соответственно скорости подвигания контуров карьерного поля и внешнего отвала, м/год;  $t$  - период подвигания контуров.

По выражениям (2.4.3)-(2.4.4) построены графические зависимости установления взаимовлияния контурного развития карьерного поля и внешнего отвала и укрупненная схема установлении предлагаемого способа путей сокращения избыточного выработанного пространства разрезов с автотранспортной технологией (рис.2.4.5а,б,в).

Расчетами установлено (рис.2.4.5а,б,в), что для любых диапазонов дальности транспортирования вскрыши на внешние автоотвалы от 2 до 5 км и параметров карьерных полей с шириной от 500 до 2000м, длиной от 2000 до 12000м, что соответствует фактическим данным эксплуатации угольных разрезов Кемеровской области максимальные расчетные значения площадей могут достигать до  $55\,000\,000\text{м}^2$ , т.е. иначе это максимальное значение площади, занимаемое карьерным полем  $S_0$ .

По мере эксплуатации предприятия прямо пропорционально возрастают контуры карьерного поля или площадь незаполненного выработанного пространства до момента встречи двух объектов, лежащих на одной плоскости, и обратно этому сокращается площадь между двумя объектами - “карьерное поле” и “внешний отвал вскрышных пород”.

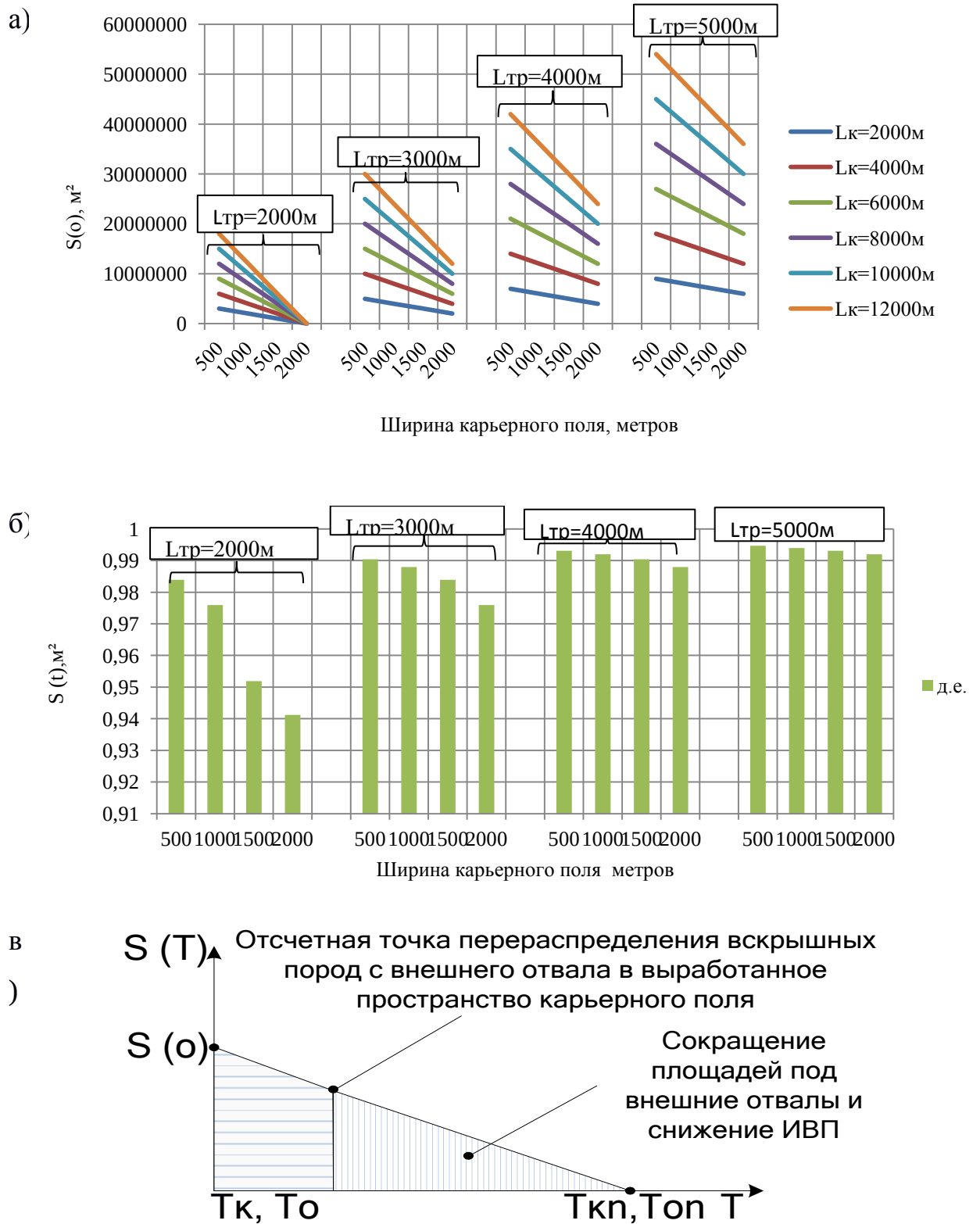


Рис. 2.4.5. Графическая схема числовых диапазонов функции распределение  $S_0$  в зависимости от параметров карьерного поля (длины, ширины) и средне-взвешенной дальности транспортирования (а); гистограмма распределения снижения площади (доли единицы) за искомый промежуток времени (б); ук-

рупненная схема к регулированию сокращения площадей под внешние отвалы и снижения незаполненного выработанного пространства (в).

Тогда в интервале времени от  $T_k (T_o)$  до  $T_{кп} (T_{оп})$  устанавливаем момент времени  $S_t$ , в который происходит сокращение площади избыточного выработанного пространства карьерного поля. Чем ближе эта точка к значениям  $T_{кп} (T_{оп})$ , тем меньше площадь карьерного поля, занимаемая под складирование вскрышных пород, и наоборот чем ближе к  $S_0$  тем площадь больше.

Общая площадь заключенная между отрезками  $S_0$  и  $T_{кп} (T_{оп})$  и осью абсцисс  $T$  после отсчетной точки означает величину сокращения незаполненного выработанного пространства.

## **2.5. Гистограммный способ определения местоположения емкости для внутреннего отвала, баланс распределения объемов вскрыши по отвалам и знакопеременность производственной мощности**

При углублении горных работ увеличивается объем выработанного пространства и вместе с ней доля выработанного пространства карьера, одновременно выработанное пространство, как потенциальная емкость для складирования вскрышных пород используется только к завершающемуся периоду эксплуатации карьера.

Известные теоретические подходы мало реализованы в практической деятельности угольных разрезов, что поясняется двумя позициями: стандартные проектные решения, базирующиеся на известных теоретических посылах и чисто формализованный подход к обоснованию тех или иных проектных проработок (шаблонность), подталкивает к фрагментарному, а не комплексному внедрению.

Внедрение в проектную практику должно сопровождаться дополнительным обоснованием параметров и области эффективного применения таких систем разработки, относительно конкретных горно-геологических и технологических условий действующего производства, т.е. должны дополнительно выполняться конструктивно-параметрические проработки применительно к условиям действующего разреза.

Как уже отмечалось в п.1.4 при разработке наклонных и крутопадающих угольных залежей могут применяться следующие виды поперечных систем разработки: углубочно-сплошная, поэтапно-углубочная, блочно-слоевая, челочно-слоевая. Эти системы разработки характеризуется двумя этапами развития горных работ: формирование первоначальной емкости в границах карьерного поля для внутренних отвалов; отработка основной части карьерного поля со складированием вскрышных пород в выработанном пространстве карьера.

Применительно к условиям разрезов Кузбасса автором предложена модернизированная интерпретация к формированию структурных схем очередности отработки карьерных полей на основании конструктивно-параметрических проработок многовариантной адаптации режима внутреннего отвалообразования, см. п. 2.1.

Внедрение новых пространственно-планировочных решений обеспечит более быстрое (оперативное) получение технологических и экологических преимуществ внутреннего отвалообразования на всех очередях отработки за счет дополнительной отсыпки того или иного промежуточного внутриконтурного отвала. К дополнительным признакам, детализирующим процесс трансформации углубочной продольной в поперечную систему разработки, и ранее не упоминавшимся в п.2.1, в авторской интерпретации устанавливается выбор места сооружения емкости для внутреннего складирования вскрыши. В качестве наиболее представительных критериев выбора, могут быть предложены:

- угленасыщенность (количество и мощность угольных пластов свиты);
- текущая глубина (пространственная разность отметок рабочей зоны);
- расстояние емкости от внешнего отвала (дальность транспортирования пород вскрыши на внешний отвал в момент сооружения емкости);
- схема вскрытия емкости (наличие стационарных и полустационарных вскрывающих выработок);
- обеспечение максимальной производственной мощности в процессе сооружения емкости (долевое обеспечение годовой производственной мощности).

Рассмотрим пример реализации предлагаемого способа выбора местоположения емкости под внутренний отвал для условий разреза ЗАО «Разрез Прокопьевский» (Кемеровская область) [110]. ЗАО «Разрез Прокопьевский» осуществляет свою деятельность на основании лицензии на право пользования недрами КЕМ 14778 ТЭ от 16.10.2009 года и горноотводного акта №1852 от 26.11.09г. на участке «Разрез Прокопьевский» Прокопьевско-Киселевского каменноугольного месторождения. Границами участка недр согласно лицензии КЕМ 14778 ТЭ являются: на севере - русло реки Чикманчиха; на востоке - выход пласта VIII Внутреннего под наносы; на юге - по восточному крылу I Тырганской антиклинали - русло реки Калзыгай, по западному крылу - 4 промежуточная разведочная линия; на западе - Тырганский надвиг. Площадь горного отвода составляет 795Га. Размеры участка недр (поля разреза): длина (по простиранию) - до 5050 м; ширина (вкрест простирания) - до 2000 м. Проектная мощность участка «Разрез Киселевский» принята равной 2000 тыс. т. угля в год. Принятая проектная мощность проверена расчетами по фактору обеспечения подготовленными запасами, производительности вскрышного комплекса и пропускной способности автодорог.

Для апробации теоретических посылов применительно к действующему карьерному полю производится районированное деление на сектора. Целью такого подхода является определение вероятных мест закладки первоначальной емкости под внутренние отвалы. В практике проектирования карьеров главное направление развития горных работ в карьере при углубочных продольных системах разработки, выбирается, как правило, в привязке к наиболее мощному пласту свиты и формируется так называемая ось привязки, которая условно делит разрез на две части по простирацию залежи. Затем условно по направлению от севера к югу делим карьерное поле в плане на участки или сектора, которым присвоим маркировку: с1, с2, ц1, ц2, ю1, ю2 (рис.2.5.1). Согласно данным по проекту траектория направления подвигания разрезной траншеи в плане карьерного поля на рис.2.5.1 показана штрихпунктирной линией.

Относительно продольного деления карьерного поля предварительно размер секторов намечаем исходя из различия в геометрических размерах плана карьерного поля (как представлено на рис.2.5.1), а окончательно размер сектора выбирается способом перебора полученных расчетных значений критериев предлагаемого способа. В дополнение сказанному такое секторное деление необходимо для уточнения следующих моментов: во-первых, детально рассмотреть процесс выбора закладки выработки под внутренний отвал; во-вторых, это обусловлено неравномерностью пространственной отработки карьерного поля; в-третьих, на каждом из участков отклонение пласта или группы пластов от прямолинейности приводит к тому, что геометрические параметры карьерного поля в поперечном сечении может значительно варьироваться; в-четвертых значения иных расчетных параметров в каждом секторе весьма может весьма сильно отличаться.



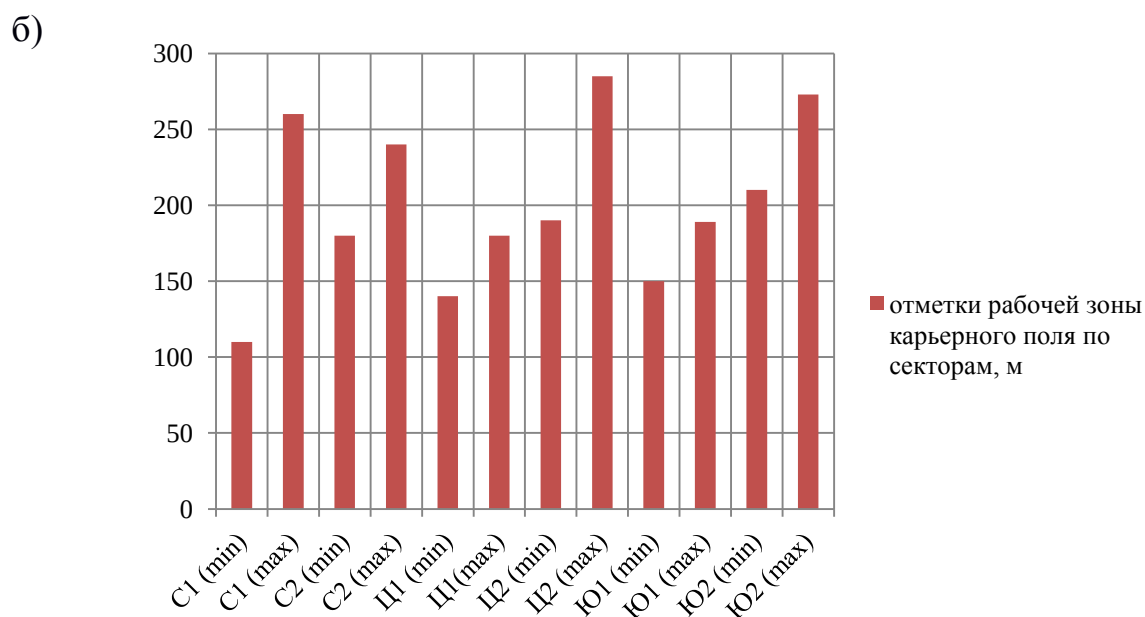
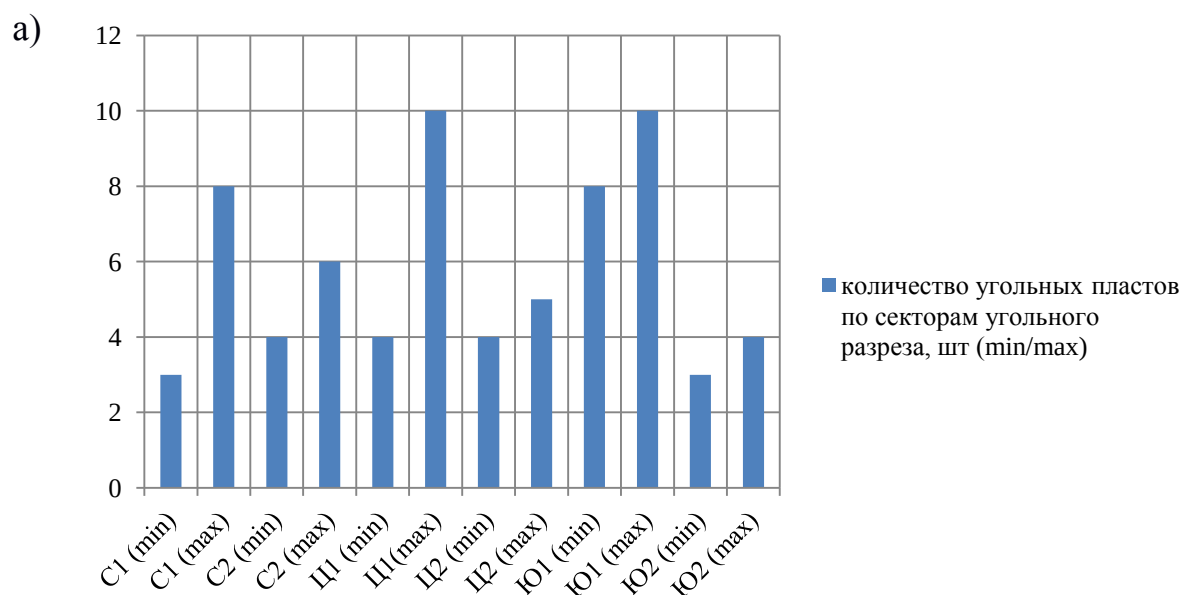
Рис. 2.5.1. Районирование карьерного пространства разреза «Прокопьевский» в плане на участки, при уточнении выбора местоположения емкости под внутренний отвал.

Базируясь на расчетные критерии, представленные выше, способом специального метода горно-геометрического анализа разработанным в ИГД СО РАН (г.Новосибирск) [84] устанавливаются диапазонные значения по секторам карьерного поля (рис.2.5.1).

Таким образом, по совокупности предлагаемых критериев входящих в



представленный перечень можно выбирать сектор в карьерном поле, который потенциально будет являться емкостью для складирования вскрышных пород. Для уточнения выбора сектора под внутренний отвал показатели анализируются комплексно, и по гистограммам определяется высокая или низкая значимость того или иного фактора по секторам, т.е. к примеру в момент сооружения емкости нужно сократить дальность транспортирования или не производить дополнительную нарезку вскрывающих выработок и так далее.





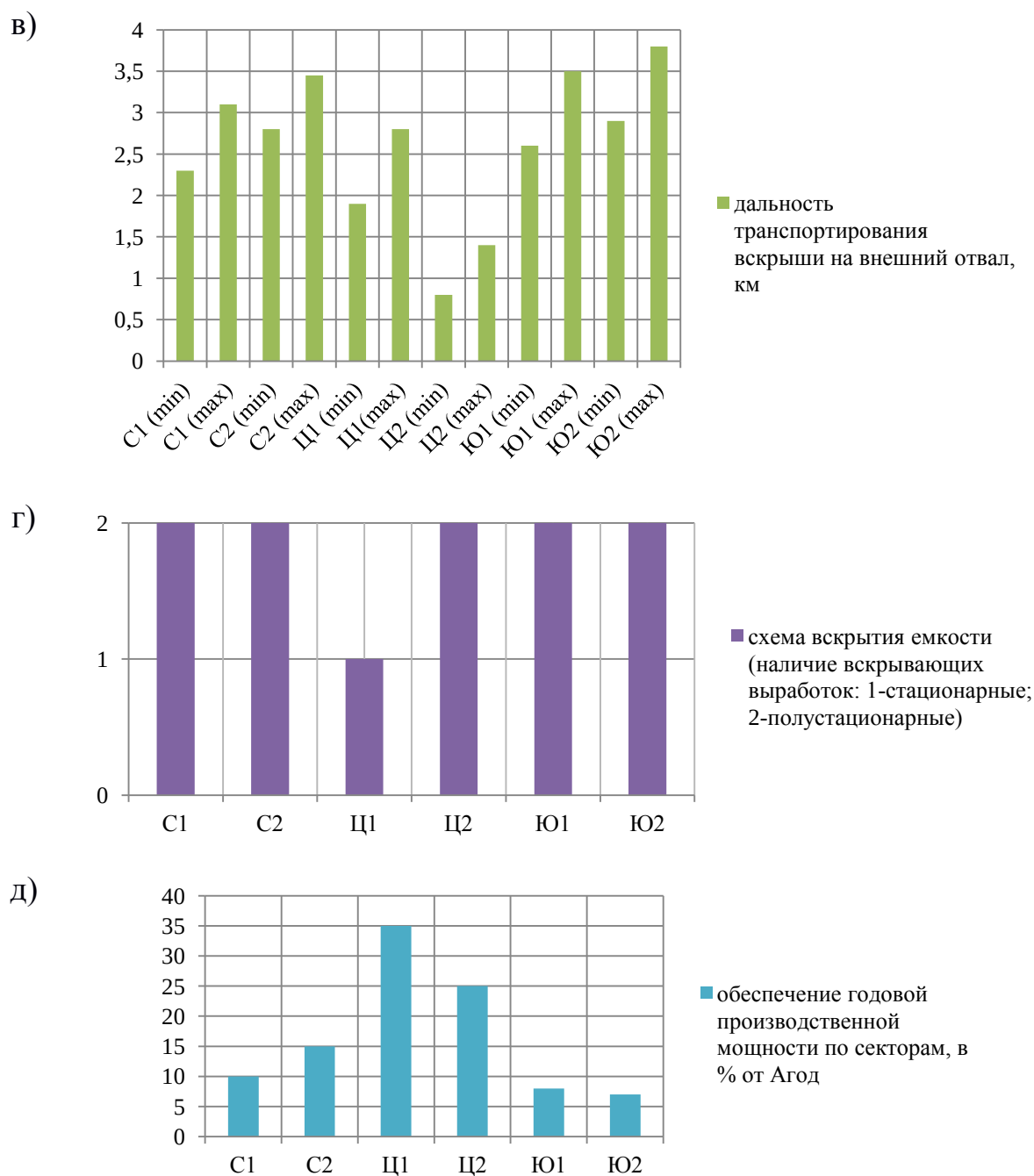


Рис. 2.5.2. Гистограммы оценки показателей раскройки карьерного поля на сектора, с целью выявления факторов значимо влияющих на выбор местоза-  
ложения емкости под внутренний отвал: а) диапазон колебания количества  
угольных пластов в свите; б) максимальные и минимальные отметки рабочей  
зоны карьерного поля; в) расстояние транспортирования вскрыши на внеш-  
ний отвал; г) наличие стационарных или полустационарных выработок; д)  
долевое обеспечение годовой производственной мощности в процентах от  
проектной мощности.

Применительно к условиям разреза «Прокопьевский» таковым будет являться сектор «Ц1», что поясняется следующими расчетными критериями: количество угольных пластов в секторе 10шт (угленасыщенность); наибольшая текущая глубина +140метров (большая вместимость выработанного пространства и наименьшее углубление до проектных контуров); средневзвешенная дальность транспортирования вскрыши на внешний отвал 800метров и наличие стационарной вскрывающей выработки (капитальная траншея), долевое обеспечение годовой производственной мощности 35%. Геометрические параметры сектора по простирацию залежи от 3-4 до 16 разведочной линии, вкрест простираения от лицензионных границ в выбранном секторе до кровли пл. Внутреннего II.

Данные полученные по результатам предложенного теоретического подхода - гистограммного способа определения местоположения емкости для внутреннего отвала при открытой угледобыче в Кемеровской области позволили получить следующие выводы:

- процесс поэтапного преобразования углубочных продольных в поперечные системы разработки, основывается на поисковых решениях, целью которых является определение вероятных мест закладки первоначальной емкости под внутренние отвалы;
- достигнутые технико-экономические показатели производственной деятельности угольного разреза регулируются одновременно с раскройкой карьерного поля на сектора при выборе местозаложения емкости под внутренний отвал и ранжировании совокупной значимости расчетных величин анализируемых гистограммам.

#### Баланс распределения объемов вскрыши по отвалам

С учетом положений изложенных в п.1.4, и основываясь на пространственной динамике двух объектов: карьерного поля и внешнего отвала предлагается для изыскания путей устранения распределения вскрыши на внеш-

нем и на внутреннем отвале модель баланса, включающая следующие группы факторы, которые не находят той или иной характерной взаимосвязи в проекте:

- методическая основа точки отсчета момента времени (технологической, экологической или иной необходимости) изменения перераспределения объемов вскрышных пород, отсыпаемых на внешнем отвале с направлением их на внутренний отвал;
- динамика развития контуров карьерного поля во взаимоувязке с размерами карьерного поля и внешнего отвала при достижении ими конечных размеров;
- направление и цикличность развития контуров карьерного поля и внешнего отвала исходя из момента перераспределения баланса вскрыши с внешнего отвала на внутренний отвал;
- местоположения внешних отвалов, их количество, их взаимное слияние, наличие свободных земель в горизонтальном пространстве между карьерным полем и внешним отвалом;
- аккумулирующая способность выработанного пространства в режиме поэтапной интеграцией внутреннего отвала в рабочую зону карьера и др.

Отдельные элементы таких систем разработки находят применение при составлении проектов угольных разрезов «Кедровский», «Краснобродский», «Виноградовский», «Прокопьевский». Комплексный анализ данных показывает, что внедрение в проектную практику таких систем открытой разработки не лишено недостатков. В частности при их реализации общей чертой наблюдается рассогласованность долевого участия внешнего и внутреннего отвалов в общем объеме извлекаемой вскрыши, т.е. объемы вскрышных пород предназначенных для размещения во внутреннем отвале приходится отсыпать во внешнем. Иными словами задерживается во времени формирование внутреннего отвала. Основой таких недостатков является современные тре-

бования к тем или иным разделам проекта и не корректность выполнения более глубоких детализированных теоретических проработок. К примеру, обоснование принятых инженерных решений базируются подчас на морально устаревших нормативно-справочных документах, и чаще всего задачи более детального обоснования вопроса не требуется, а ограничиваются всего лишь общими чертами, т.е. применение при проектировании отработанных за долгие годы морально устаревших “шаблонных” технологических решений. Применительно к разрезу «Прокопьевский» такие проектные решения были заложены в 2010 г. (проект выполнен инжиниринговой компанией ООО «Сибгеопроект») корректировались в 2013 г. (документация изготовлена проектным институтом ОАО «Кузбассгирошахт»), а в настоящее время снова предусматривается изменение проектных данных 2015-16 гг. (проект корректируется ООО «Сибгеопроект»).

В развитие методических положений к обоснованию способа регулирования распределения пород вскрыши по отвалам угольного разреза автором предлагается инструмент корректировки отсыпаемых пород вскрыши по внешним и внутренним отвалам по средствам логической блок-схемы укрупненного баланса распределения вскрышных пород.

В отличие от ранее выполненных работ новизна заключается в том, что применительно к условиям разрезов Кемеровской области предложена интерпретация баланса распределения объемов вскрыши в процессе трансформации УД с преимущественно внешним отвалообразованием в СП с максимальным долевым участием складирования вскрышных пород в выработанном пространстве действующего карьерного поля.

Баланс распределения вскрышных пород отсыпаемых на внешний или внутренний отвал должен основываться только на фактическом положении горных работ, параметров горных выработок и отвалов, динамике пространственного развития отвала и рабочей зоны карьера. Укрупнено модель ба-

ланса можно представить в виде графической схемы представленной на рис. 2.5.3.

С точки зрения перераспределения вскрыши с внешнего отвала на внутренний отвал такая модель баланса является универсальной и охватывает всевозможные условия эксплуатации различных угольных разрезов.

Рассмотрим пример реализации модели баланса для условий разреза ООО «Прокопьевский» (Кемеровская область). Согласно данным по проекту отработка карьерного поля предусматривается тремя блоками (блоковая система разработки):

1 блок – размещение пород предусматривается только на внешних авто отвалах: Восточный, Дальнегорский, Западный;

2 блок - размещение пород вскрыши, как на внешних, так и внутреннем авто отвалах: Внутренний отвал 1, Южный внешний отвал; Восточный внешний отвал; Дальнегорский внешний отвал;

3 блок - Западный внешний отвал, Восточный внешний отвал, Внутренний отвал 2.



Рис. 2.5.3. Логическая блок-схема представления укрупненного баланса распределения вскрышных пород отсыпаемых на внешний или внутренний отвалы.

На рис. 2.5.3. приняты следующие обозначения:  $V$  внешнего отвала – емкость внешнего отвала (ов) вскрышных пород;  $V$  внутреннего отвала – емкость внутреннего отвала (ов) вскрышных пород

Отталкиваясь от уровня восстановления поверхности, корректировка через графическую схему баланса распределения будет представлена следующим образом (рис.2.5.4).

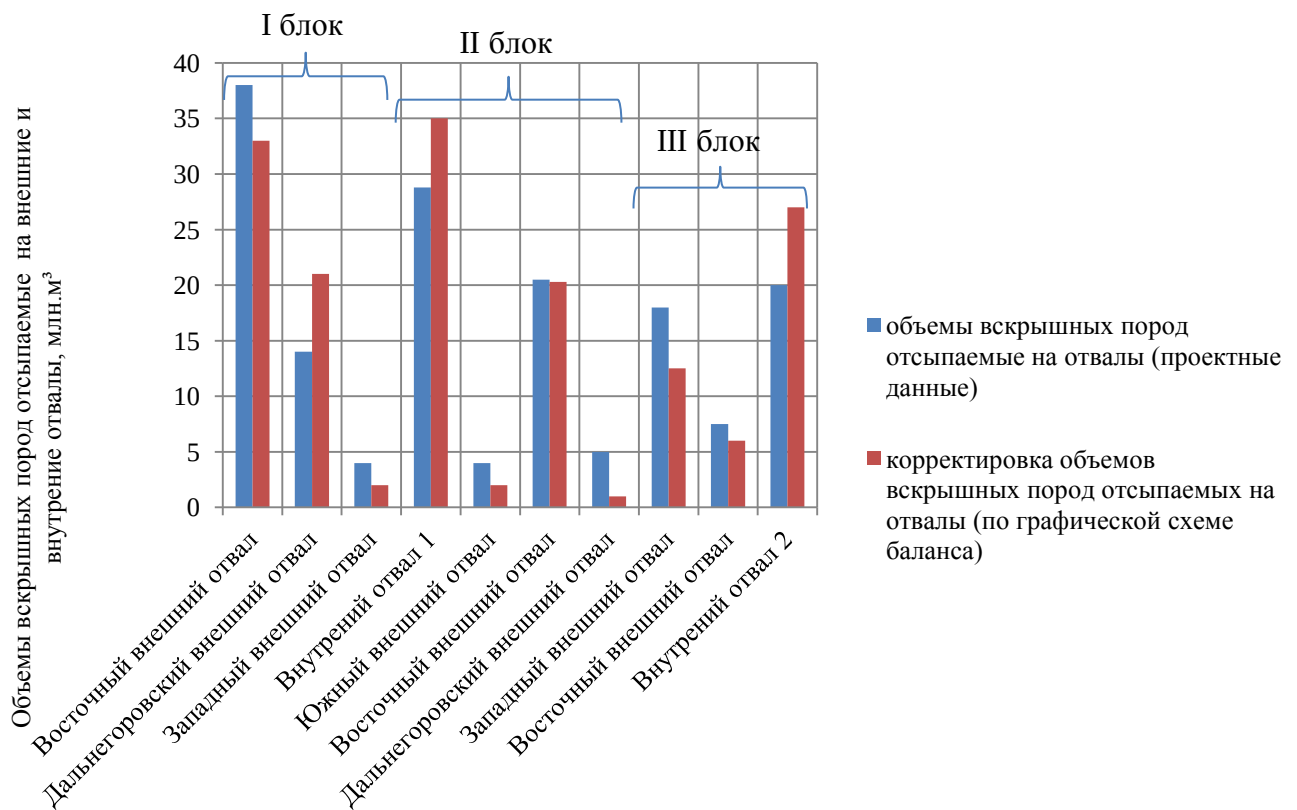


Рис. 2.5.4. Гистограмма распределения объемов вскрышных пород по отвалам угольного разреза «Прокопьевский» через укрупненную графическую схему баланса

При отработке первого блока необходимо снизить объем вскрышных на 5 млн.м³ и 2 млн.м³ соответственно при отсыпке Восточного отвала и Западного внешнего автоотвалов; а по Дальнегорскому увеличить на 7 млн. м³. По второму блоку снизить объемы на 2 млн. м³, 4 млн. м³ и 200 тыс. м³ при

использовании емкостей Южного, Дальнегорского и Восточного внешних автоотвалов, увеличить объем отсыпки Внутреннего отвала 1 на 6,2 млн. м<sup>3</sup>, при отработке третьего блока сокращение объемов складирования 5,5 млн. м<sup>3</sup> и 1,5 млн. м<sup>3</sup> соответственно при отсыпке внешних отвалов Западного и Восточного, прибавление объема 7 млн. м<sup>3</sup> по Внутреннему отвалу 2. В целом суммарная корректировка складировуемых объемов по отвалам равна 40,4 млн. м<sup>3</sup>. В отличие от проектных данных максимальное заполнение карьерной выемки вскрышными породами при отработке 2 и 3 блоков будет достигаться, когда на отвалы Внутренний 1 и 2 будет дополнительно направляться 13,2 млн. м<sup>3</sup> вскрышной породы, и тогда будет максимальное заполнение внутреннего отвала до проектных рельефных отметок.

Таким образом, совместный анализ проектной документации и практической деятельности угольного разреза в части распределения объемов вскрыши отсыпаемых на отвалы через предлагаемый инструмент корректировки можно регулировать складировуемые объемы с использованием больших аккумулирующих возможностей выработанного пространства карьера.

В частности по угольному разрезу «Прокопьевский» по совокупности не нарушая технологические и геомеханические решения, заложенные в проекте в части отсыпки отвалов вскрышных пород можно снижать текущую землеемкость до 18-21 %.

Для аналогичной проверки теоретических положений числовое моделирование апробировано на примере разреза «Виноградовский» (рис.2.5.5). Согласно инструментарию корректировки отсыпаемых объемов вскрыши по блок-схеме, становится возможным на 3 года раньше складировать породы во внутренний отвал с увеличением объема с 146000 до 260755 тыс.м<sup>3</sup>, что сокращает текущую землеемкость на 155,7Га (18,2%). По другим угольным разрезам не представленных в иллюстрации 2.5.3. и 2.5.5, но охваченных расчетами, используя алгоритм можно снизить текущую землеемкость до 22%, придерживаясь главных параметров отвалов.

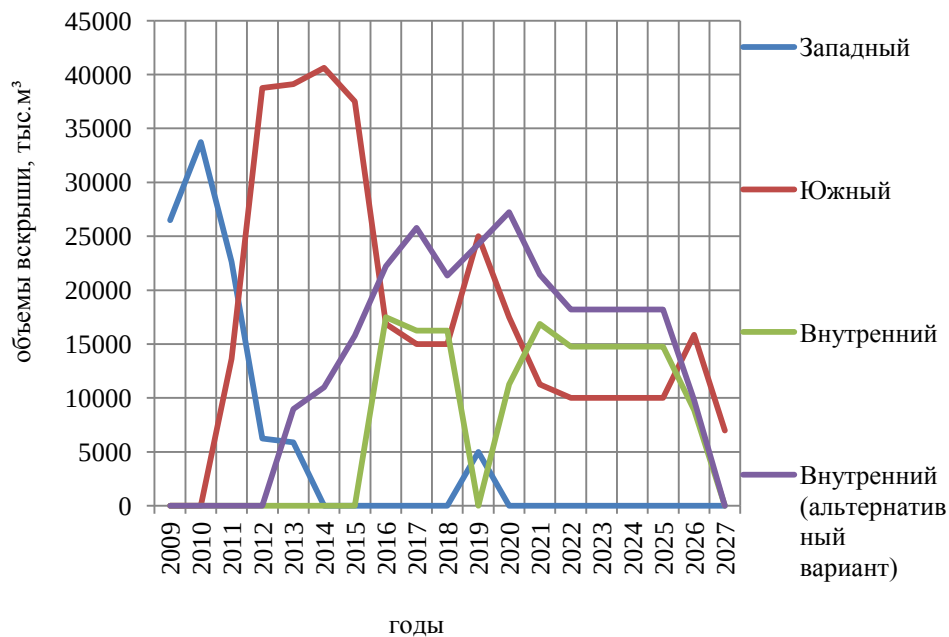


Рис.2.5.5. Календарный план отсыпки отвалов разреза «Виноградовский» скорректированный по блок-схеме.

#### Воздействие объектного функционирования внутреннего отвалообразования на знакопеременность производственной мощности

Под проектной производственной мощностью понимается максимально возможная расчетная добыча полезного ископаемого в карьере в год. К примеру, по разрезу «Виноградовский» - начиная с момента внедрения в проекте технологического процесса складирования вскрышных пород в выработанном пространстве в 2004 году, регулирование смещений производственной мощности от расчетных значений производилось в 2007 и 2009 годах. По результатам комплексного анализа проектной документации не менее важно подчеркнуть общность недостатков внедрения внутреннего отвалообразования для действующего карьерного поля. В процессе видоизменения углубочной продольной в блоковую систему разработки, использование элементов углубочных систем разработки в пределах каждого блока приводит к тому, что отсутствие обоснованного концентрационного распределения горных работ в карьерном поле может подвинуть производственную мощность к знакопеременным колебаниям от установленного уровня. Такой подход к практическому внедрению инженерных решений приводит к ситуации, когда заказчикам приходится с большей периодичностью обращаться к специали-



зированным проектным организациям для внесения корректировок по регулировке уровня производственной мощности.

Принимая во внимание тот факт, что в теоретическом плане произведен значительный задел, посвященный решаемым задачам, следует отметить важный момент в технологическом формировании структурных схем процесса объектного функционирования внутреннего отвалообразования. Это выделение основополагающих этапов развития горных работ: сооружение выработки под внутренний отвал (первоначальной емкости для складирования вскрышных пород); отработка карьерного поля с размещением вскрыши в выработанном пространстве карьерного поля. Тогда, исходя из этапной разработки карьерного поля, вариант принципиальной схемы формирования процесса внутреннего отвалообразования, как объекта, необходимо представить через отработку действующего карьерного поля этапами (рис.3.5.6а). В общем виде очередности разработки этапов и соответствующие им уровни годовой производственной мощности следует записать в виде графа (рис.3.5.6б).

Для рассмотрения предложенных вариантов развития горных работ в качестве примера выберем два месторождения разрабатываемых открытым способом – одно наклонного падения - обозначим, как первый объект расчета и крутого падения, как второй.

Объект численного расчета 1. Залежь наклонного падения территориально относится к южной части Кузнецкого бассейна (Чернокалтанское месторождение Кондомского геолого-экономического района). Продуктивная толща включает 9 угольных пластов, с углами падения от 18 до 20 °. Для отработки приняты 6 пластов суммарной мощностью 25,24 м. Среднегодовой объем добычи 3,5 млн. т. угля.

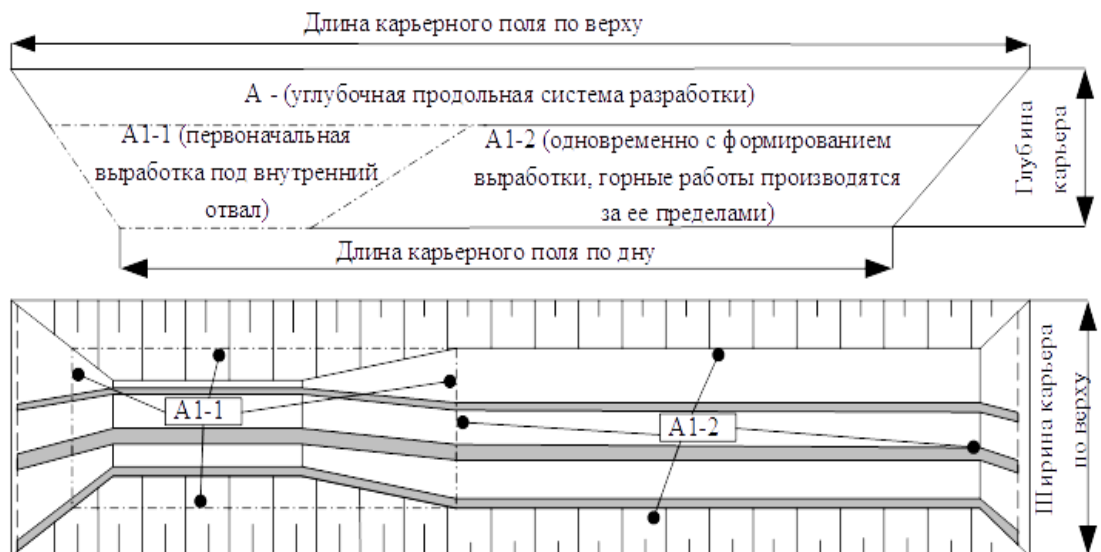
Объект численного расчета 2. Залежь крутого падения территориально относится к северо-западной части Кузнецкого бассейна (Бачатское каменно-угольное месторождение). Угленосные отложения включают 22 угольных

пласта, из них 17 рабочих с суммарной средней мощностью 53 м и преобладающими углами падения от 50 до 85 °. Производственная мощность 8 млн. т. / год.

Применительно к выбранным объектам расчета с использованием методов математической статистики [9] были построены в соответствии со сценарно-концентрационными установками графические зависимости влияния объектного функционирования внутреннего отвалообразования на расчетную знакопеременность производственной мощности (рис. 2.5.5а,б).

Пунктирные дугообразные ребра между вершинами A1-1 и A2-2 – факторы, влияющие на годовую производственную мощность, подразделяются на определяющие (горно-геологические условия, запасы, вид системы разработки и т.п.) и ограничивающие (интенсивность развития горных работ и т.п.). Вершина A1-1 и A1-2 – по горизонтальным ребрам уровни колебаний производственной мощности в большую или меньшую стороны в соответствии вариантами развития горных работ в карьерном поле. Отрезки горизонтальных ребер без указательных стрелок к вершинам A1-1 и A1-2 – окончательный уровень установления диапазонов изменения производственной мощности.

а)



б)

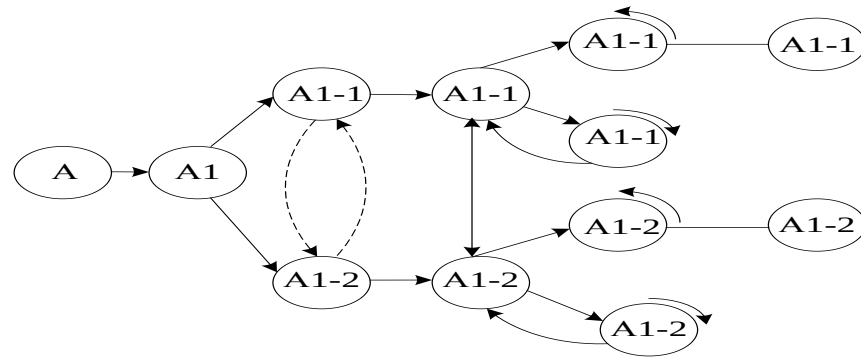


Рис.2.5.5. Принципиальная схема формирования адаптации внутреннего отвалообразования в плане и профиле действующего карьерного поля угольного разреза (а) и горизонтальная иерархическая структура оценки знакопеременности производственной мощности при выделении очередности разработки карьерного поля (б).

На рис.2.5.5 приняты следующие обозначения. Вершина А – исходный уровень производственной мощности угольного разреза (млн. т. / год) (углубочная продольная система разработки). Вершина А1 – поэтапное изменение параметров рабочей зоны при создании первоначальной горной выработки для перехода действующего угольного разреза на внутреннее отвалообразование. Вершина А1-1 – горные работы сконцентрированы только при формировании первоначальной выработки под внутренний отвал. Вершина А1-2 – горные работы производятся, как при формировании емкости для внутри-карьерного складирования вскрыши, так и за ее пределами, т.е. по всему карьерному полю.

По результатам расчета установлено следующее. В расчетах вводится такое понятие как область допустимых отклонений - плоскость пересечения исходного уровня производственной мощности (А) с расчетными значениями производственной мощности при соответствующих вариантах развития горных работ (на рис. 2.5.6а,б - показано заливкой): горные работы сосредоточено направлены на формирование выработки под внутренний отвал (А1-1),

либо производятся как при формировании емкости, так и за ее пределами (A1-2).

Исходя из этих двух теоретических посылов, характер изменения расчетной производственной мощности описывается степенными полиномами (рис.2.5.6), и вариант развития по сценарию A1-1 наиболее целесообразен, что поясняется диапазонным приростом производственной мощности отсчитывая от заданной и до 230 тыс. т. / год для наклонной залежи с величиной достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9543$  и 185 тыс.т/год для крутопадающей залежи  $R^2 = 0,9652$ .

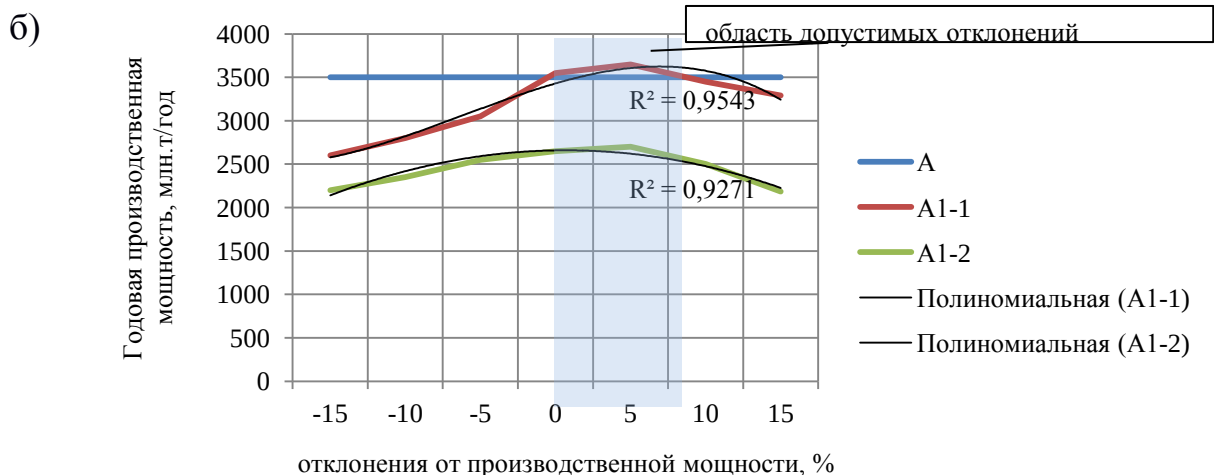
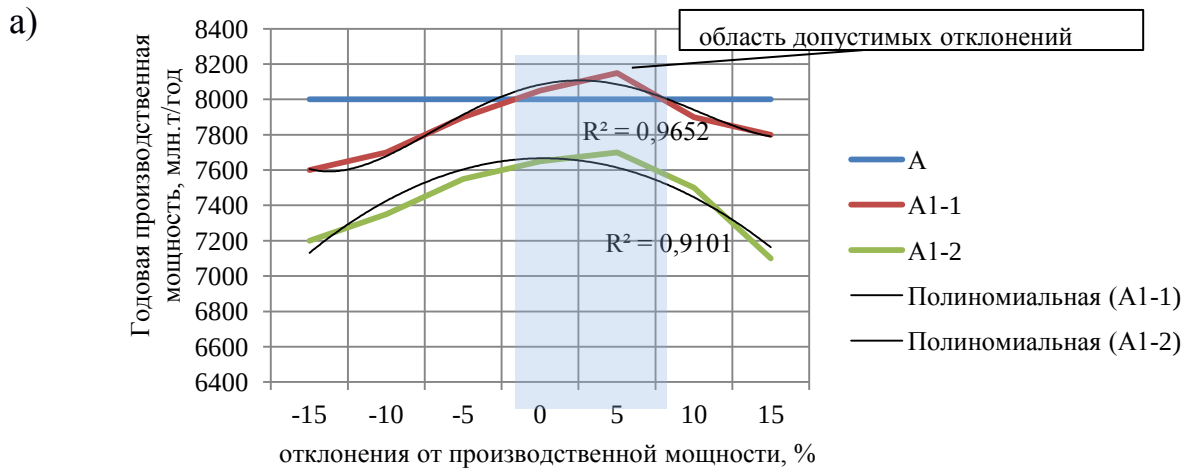


Рис.2.5.6. Знакопеременность производственной мощности при выделении этапов разработки карьерного поля и очередности их освоения при внедрении технологического процесса внутреннего отвалообразования: а) расчет-

ные значения смещений по наклонной залежи; б) то же по крутопадающей залежи.

Вариант ведения горных работ, когда они распределены по всему карьерному полю наблюдается более значительное снижение до 790-1000 тыс. т / год ( $R^2 = 0,9271$ ) и 290-400 тыс. т / год ( $R^2 = 0,9101$ ). Таким образом, целесообразно сосредоточить горные работы на формирование первоначальной выработки, а затем после перехода на внутрикарьерное складирование вскрышных пород, производственная мощность возвращается после прироста в изначальный расчетный уровень.

В рассматриваемом ключе, прослеживается положительный эффект от этапного выделения очередности разработки – прирост производственной мощности в момент строительства первоначальной емкости.

## **2.6. Десятичная матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем открытой разработки**

На основе анализа данных, таких проектных организаций, как ОАО «Кузбассгипрошахт» (г.Кемерово), ООО «Сибгеопроект» (г.Кемерово), ОАО «Сибгипрошахт» (г.Новосибирск), ЗАО «Гипроуголь» (г.Новосибирск) в период 2000-15гг. и информации источников научно-технической литературы, автором были получены укрупненные данные по формированию внешних отвалов, в части признаков объектов функционирования: контурное развитие внешних отвалов вскрышных пород направлено в сторону карьерного поля, со значительной долей расположения внешних отвалов по периметру карьерного поля (см.п.1.4). Полученные расчетные данные позволяют сделать заключение о том, что для подавляющего большинства угольных разрезов будет ограничено развитие карьерного поля в части пространственного расположения внешних отвалов вскрышных пород на территории горного отвода. Иными словами будет присутствовать пространственная направлен-

ность (“упор”) развития карьерного поля и внешнего отвала (ов) вскрышных пород. Тогда в своем большинстве карьерные поля угольных разрезов будут ограничены собственными отвалами и их дальнейшее развитие будет проблематичным. Следует особо отметить тот факт, что при эксплуатации угольных разрезов в течение нескольких десятилетий Кемеровской области внешние отвалы вскрышных пород на всем периоде эксплуатации всегда занимали и занимают стационарное положение, с фиксацией своего территориального местонахождения принятого в основном по дальности транспортирования колесными видами транспорта.

Внедрение блокового способа остается полумерой для промышленного внедрения систем разработки с внутренним отвалообразованием. Весомой причиной, почему конструирование новых систем разработки не находит внедрения в проектной практике состоит в следующем. Основное отличие таких работ от научно-исследовательских заключается в том, что при проектировании открытых горных работ не ведется поиск новых методов, технологических или конструктивных решений, а используют уже известные, стремясь добиваться при этом наилучшего результата. Таким образом, в отличие от проектной документации по угольным разрезам необходимо более разносторонне подходить к изучаемому вопросу.

Таким образом, позволительно сделать заключение, что технологическая адаптация внутреннего отвалообразования в режиме действующего карьерного поля в рамках обозначенных работ в п.2.1, не рассматривалась.

В настоящем труде процесс взаимной трансформации систем разработки может быть представлен в виде их сочленения, целенаправленного выделения концентраций горных по этапам развития, возможных направлений подвигания фронта горных работ, места закладки емкости под отвал и т.д.

Исследователь Повилейко Р.П. [108] предложил метод функционально-структурного решения инженерных задач под названием "Десятичные матрицы поиска (ДМП)". В горизонтальном ряду матрицы (таблицы с иллю-

страционным материалом) приведены качественные показатели, учитываемые при конструировании и проектировании различных систем, а в столбцах типовые приемы решения задач. Такой методический подход должен отражать природно-технологический процесс преобразования углубочных продольных систем разработки в поперечные сплошные. Тогда для поисковых инженерных решений одной из основных задач является модернизация известной теоретической базы при поэтапном преобразовании углубочной продольной системы открытой разработки в разновидности сплошных поперечных для режима действующих карьерных полей.

Применительно к изучаемому вопросу исходную базу также можно представить в виде иллюстрационного материала для аккумуляции и последовательной обработки данных при числовом оценивании технологического процесса преобразования систем разработки.

Следовательно, по аналогии с ДМП назовем иллюстрационный материал как «Матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем открытой разработки наклонных и крутопадающих залежей» (рис.2.6.1).

Следует пояснить, что в разнообразных источниках научно-технической литературы синхронизация это приведение двух или нескольких процессов к такому их протеканию, когда одинаковые или соответствующие элементы процессов совершаются с неизменным сдвигом во времени либо одновременно.

Матричный способ должен основываться только на фактическом состоянии горных работ - пространственно-временном развитии двух объектов горного производства “карьерное поле” и “внешний отвал вскрышных пород” основывающийся на их статике и динамике. Матрица включает следующие ключевые элементы (типовые примеры решения задач).

Элемент 1- описание исходных объектов - горно-геологические и технологические условия.

Элемент 2 - объектная ориентированность карьерного поля и внешнего отвала (фактическое состояние горных работ) - положение внешних отвалов относительно карьерного поля и соответствующее этому подвигание, как контуров карьерного поля, так и внешнего отвала;

| Матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем разработки в режиме действующего карьерного поля                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|--|
| 1. Описание исходных объектов (условия)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                         | Типовые примеры элементов информационной матрицы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| геологические                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2. Объектная ориентированность карьерного поля и внешнего отвала (ов)                                                                                                                                                   | Виды карьерных полей (округлые, удлиненные, вытянутые)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         | Положение внешних отвалов относительно контуров карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             | Подвигание контуров карьерного поля и внешнего отвала |                                        |                                              |                                         |  |
| Безугольная зона<br>Количество от 1 при наклонных залежах и до 2 крутопадающих; покрывающие породы - глины и суглинки вскрышные породы - аргиллиты, алевролиты, песчаники с крепостью от 50 до 120 МПа                                                                                                                                          | 3. Виды рабочих зон карьера (в поперечном сечении)                                                                                                                                                                      | Вдоль длинной оси карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Вдоль короткой оси карьерного поля                                          | Комбинированное                                       | Навстречу                              | Разнонаправленно                             | Комбинированное                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4. Фиксация выработанного пространства карьерного поля на основе положения рабочей зоны                                                                                                                                 | Трапецевидная форма при двух боковой рабочей зоне                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | "V"-образная рабочая зона (треугольная форма при одно боковой рабочей зоне) | Трапецевидная форма при одно боковой рабочей зоне     | Линейно-косоугольная форма             | Криволинейно замкнутая или разомкнутая форма | Последовательно сдвоенные, строганные и |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5. Критерии выбора место заложения емкости под отвал                                                                                                                                                                    | Возможные местоположения емкости под внутренний отвал (место закладки)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         | Положение емкости под внутренний отвал в различных стратиграфических зонах карьера                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Угленасыщенная зона<br>В свите количество от 3-5 до 20; залегание пластов в свите сосредоточенные, рассредоточенные и комбинированное углы падения от 20 до 90°; породные междупластия от 3 до 18 штук; текущая глубина | 6. Параметры емкости под отвал (размеры выбираются способом перебора полученных расчетных значений критериев (вместимость емкости))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Висячий бок залежи                                                          |                                                       | По всей свите или ее центральной части |                                              | Лежащий бок залежи                      |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Положение емкости в профиле горных работ (по высоте рабочей зоны)           |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         | 1. Немкости < Нкарьера 2. Немкости = Нкарьера 3. Немкости > Нкарьера                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         | Положение в плане горных работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Положение в торце карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Положение по длине карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Положение по ширине карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Положение по высоте карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Положение по ширине карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Положение по высоте карьерного поля                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| 7. По закономерностям пространственного развития карьерного поля, внешнего отвала, баланса распределения горных пород в выработанном пространстве карьерного поля определяются варианты сооружения емкости и отработки карьерного поля со складированием вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля (технологические вариации) |                                                                                                                                                                                                                         | углясасыщенность (количество и мощность угольных пластов); текущая глубина (пространственная разность отметок рабочей зоны); расстояние емкости от внешнего отвала (дальность транспортирования пород вскрыши в момент сооружения емкости); схема вскрытия емкости (наличие вскрывающих выработок); обеспечение производственной мощности в процессе сооружения емкости (долевое обеспечение годовой производственной мощности); продолжительность сооружения емкости; обеспечение стабильности режима горных работ и другие критерии всесторонне учитывающие условия технологического перехода |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |
| Углубочно-сплошная                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                         | Блочно-слоевая                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                             | Поступно-углубочная                                   |                                        | Челночно-слоевая                             |                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                                       |                                        |                                              |                                         |  |

Рис.2.6.1. Матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем разработки наклонных и крутопадающих залежей.

Элемент 3 - виды рабочих зон карьера (выработанного пространства) (в поперечном сечении) "V" (трапецевидная форма при двух боковой рабочей зоне, треугольная форма при одно боковой рабочей зоне, трапецевидная форма при одно боковой рабочей зоне, линейно-косоугольная) или "W" об-



разные (линейно-косоугольная, криволинейно-замкнутая или разомкнутая форма, последовательно сдвоенные, строенные и т.п.);

Элемент 4 - фиксация выработанного пространства карьерного поля на основе положения рабочей зоны - возможные местоположения емкости под внутренний отвал (место закладки), положение емкости под внутренний отвал в различных стратиграфических зонах карьера (по глубине и в плане) и критерии выбора места заложения емкости под отвал;

Элемент 5 - параметры емкости под отвал (размеры выбираются способом перебора расчетных значений критериев);

Элемент 6 - вместимость емкости на основе баланса распределения пород вскрыши по внешним и внутреннему отвалу (ам) и в соответствии с видом рабочей зоны карьера в поперечном сечении;

Элемент 7 - по пространственному развитию карьерного поля, внешнего отвала, баланса распределения и критериев выбора расположения емкости определяются варианты сооружения емкости и отработки карьерного поля со складированием вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля (технологические вариации) – разновидности конструкций систем открытой разработки.

В целом же комплексная применимость элементов матрицы на примере действующего разреза не рассматривалась и в диссертационной работе представляется впервые. Так же следует подчеркнуть, что выбор технологической вариации доработки карьерного поля со складированием вскрыши в выработанном пространстве в более ранних авторских трудах не рассматривался.

Рассмотрим пример использования элементов матрицы (рис. 3.6.2) для условий разреза ЗАО «Разрез Прокопьевский» (Кемеровская область, Прокопьевско-Киселевский геолого-промышленный район).

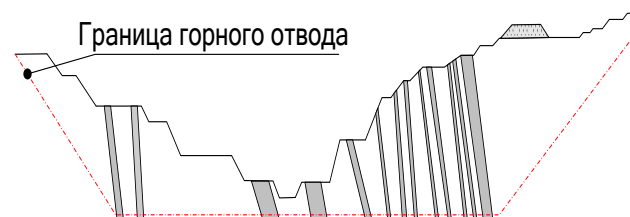
Элементы 1,2. Разрез осуществляет свою деятельность на основании лицензии на право пользования недрами КЕМ 14778 ТЭ от 16.10.2009 года и горноотводного акта №1852 от 26.11.09г. на участке Киселевского каменно-

угольного месторождения Границами участка недр согласно лицензии КЕМ 14778 ТЭ являются: на севере - русло реки Чикманачиха; на востоке - выход пласта VIII Внутреннего под наносы; на юге - по восточному крылу I Тырганской антиклинали - русло реки Калзыгай, по западному крылу - 4 промежуточная разведочная линия; на западе - Тырганский надвиг; Нижней границей участка являются: на Восточном крыле I Тырганской антиклинали - горизонт +112 м (абс.); в центральной части Западного крыла I Тырганской антиклинали - горизонт + 176 м (абс); в западной части Западного крыла I Тырганской антиклинали: от северной границы участка недр до 16 р.л. - горизонт +250м (абс); от 16 р.л. до южной границы участка недр - горизонт +240м (абс). Площадь горного отвода составляет 795Га. Размеры участка недр (поля разреза): длина (по простиранию) - до 5050 м: ширина (вкрест простиранья) - до 2000 м. Фактическое состояние горных работ характеризуется следующими данными. Восточное крыло, отрабатываемое единым полем, вскрыто северной и южной въездными траншеями внутреннего заложения и системой временных автомобильных заездов на обособленные участки и горизонты. Северной траншеей поле Восточного крыла вскрыто до гор +192м, южной - до гор. +160м. Через северную траншею осуществляется автотранспортная связь добычных горизонтов с угольными складами №1 и №2, через южную - связь с угольным складом №1 и Дальнегоровским отвалом-Центральный блок Западного крыла (между 9 и 12 р.л.) вскрыт до гор. +230м центральной въездной траншеей внутреннего заложения. Южная часть Западного блока вскрыта до гор +320м транспортной бермой с выработанного пространства северной части блока. С учетом залегания пластов и установленной мощности разреза (2 000 тыс.т./год.) проектом определена углубочно-сплошная двухбортная продольная система разработки с блоковым порядком отработки с развитием горных работ от юга к северу и использованием в качестве основного транспортного средства автомобилей БелАЗ7555, 75570, 7513, 75170.

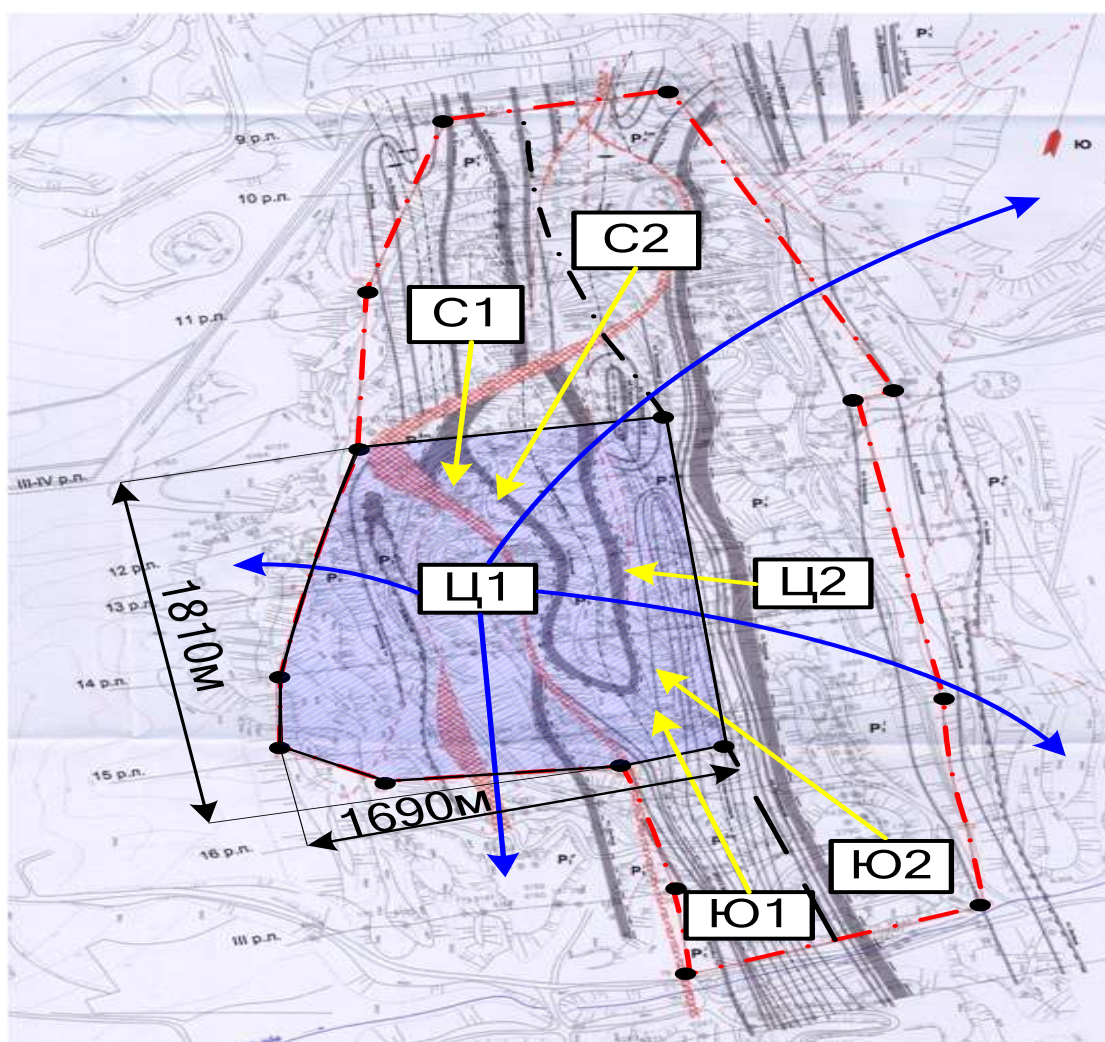
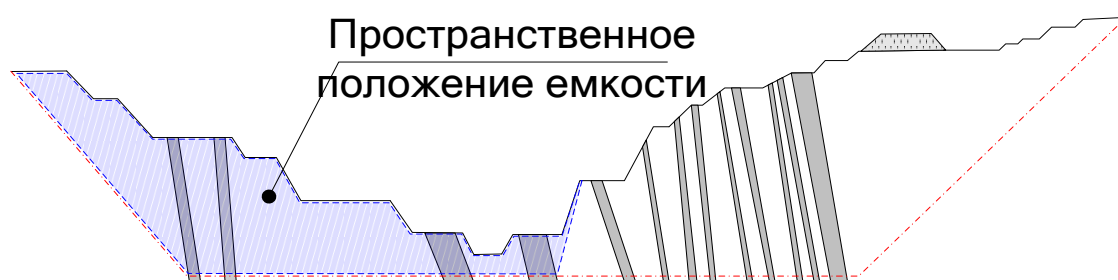
Элемент 1,2



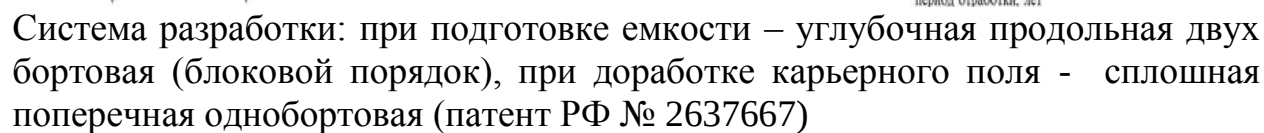
Элемент 3



Элемент 4



Б



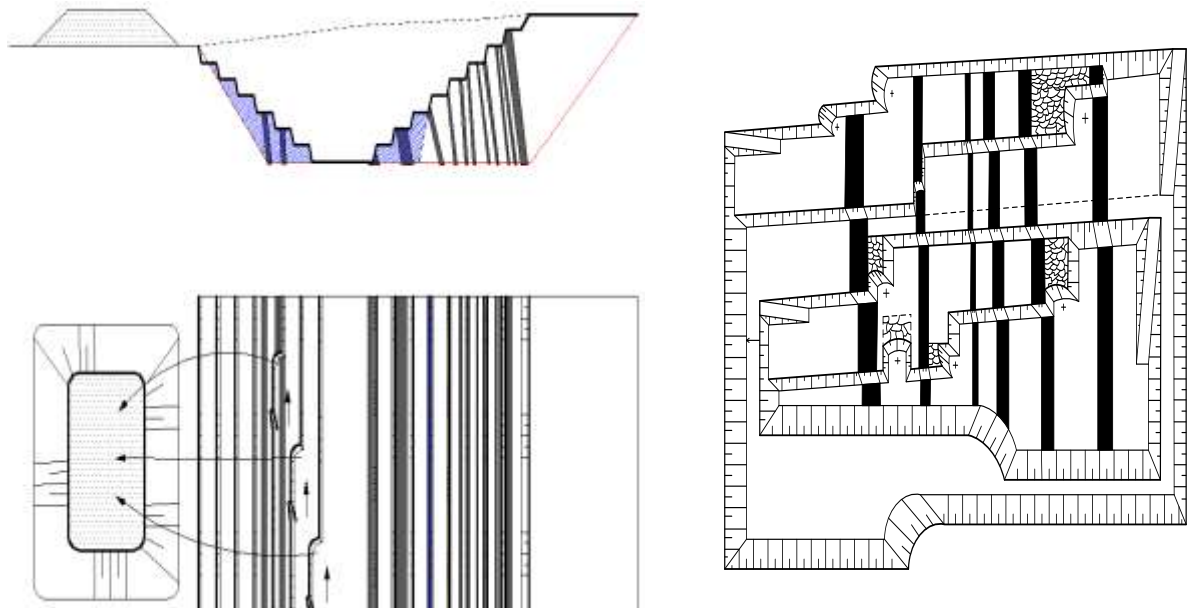


Рис. 2.6.2. Матрица трансформации углубочной продольной системы открытой разработки в поперечную сплошную для условий ЗАО «Разрез Прокопьевский».

Элемент 2. Отдельные позиции применимости элемента представлены в работах [134,135,136]. На угольном разрезе несколько породных отвалов. Согласно данным по проекту, отработка карьерного поля предусматривается тремя блоками: первый блок – размещение пород предусматривается только на внешних автоотвалах (Восточный, Дальнегоровский, Западный); второй блок – размещение пород вскрыши как на внешних, так и внутреннем автоотвалах (Внутренний отвал 1, Южный внешний отвал; Восточный внешний отвал; Дальнегоровский внешний отвал); третий блок – Западный внешний отвал, Восточный внешний отвал, Внутренний отвал 2. Внешние отвалы расположены по периметру и в торцах карьерного поля, пространственное развитие в сторону карьерного поля.

Элемент 3. При использовании углубочной продольной системы разработки, основное направление горных работ ориентировано в основном на наиболее мощный (е) пласт (ы) свиты.

Исходя из этого, пространственно формируется объемная геометрическая фигура карьерного поля, а вместе с ней и выработанное пространство.



В промежуточном или конечном положении представляет собой объем заключенный между двумя топографическими поверхностями.

Одна из них действующая и относится к рабочей зоне, возникает и перемещается в пространстве в результате производства горных работ, а другая природная характеризующая рельеф поверхности.

Тогда пространственное положение бортов образует в поперечном сечении карьерного поля пространственные конфигурации выработанного пространства и его следует отождествлять с позиции геометрической формы поперечного сечения. К примеру выработанное пространство построенное по 14 р.л. это рабочая зона тип “V” (трапециевидная при двухбоковой рабочей зоне). В дальнейшем наполняемость выработанного пространства учитывается на основе типа рабочей зоны. Параметрические данные расчетов пространственной геометрической формы представленных в элементах 5,6,7 позиция А., которые показывают, что по другим разведочным линиям и длине карьерного поля эта форма не меняет своей пространственной конфигурации. Пространственная форма будет трапециевидная при 2-х боковой рабочей зоне (ТРд) (позиция А).

Элемент 4. Отдельные позиции элемента представлены в работе [135]. В практике проектирования карьеров главное направление развития горных работ в карьере при углубочных продольных системах разработки выбирается, как правило, в привязке к наиболее мощному пласту свиты и формируется так называемая ось привязки, которая условно делит разрез на две части по простиранию залежи. Затем условно по направлению от севера к югу карьерное поле в плане делится на участки или сектора, которым присваивается маркировка: С1, С2, Ц1, Ц2, Ю1, Ю2. В дальнейшем эти сектора будут использоваться для детализированного выбора места закладки емкости под внутренний отвал. В проектной документации размеры первоначального блока под внутренний отвал, рекомендуется принимать по другому (см. элемент 1).

Элемент 5. Отдельные позиции элемента представлены в работе [135]. Секционное деление карьерного пространства и последовательность отработки (заштрихованные сечения иллюстрируют емкость в плане и профиле карьерного поля). Применительно к условиям разреза "Прокопьевский" сектором в карьерном поле, который потенциально будет являться емкостью для складирования вскрышных пород будет являться сектор "Ц1", что поясняется следующими расчетными критериями: количество угольных пластов в секторе 10 шт. (угленасыщенность); наибольшая текущая глубина +140 м (большая вместимость выработанного пространства и наименьшее углубление до проектных контуров); средневзвешенная дальность транспортирования вскрыши на внешний отвал 800 м и наличие стационарной вскрывающей выработки (капитальная траншея).

Геометрические параметры сектора по простирацию залежи от 3–4 до 16 разведочной линии, вкрест простираения от лицензионных границ в выбранном секторе до кровли пл. Внутреннего II. (данные расчетов проиллюстрированы в элементе 5,6,7 позиция Б). Такое деление карьерного поля на сектора является инструментарием с необходимым и достаточным условием для интенсификации процесса формирования емкости под внутренний отвал и последующего ускорения складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля.

Элемент 6. Отдельные позиции элемента представлены в работе [136]. Выбор баланса распределения, как при создании емкости под отвал, так и при заполнении карьерной выемки вскрышными породами. Совместный анализ проектной документации и практической деятельности угольного разреза по распределению объемов вскрыши, отсыпаемых на отвалы, через предлагаемый инструмент корректировки позволяет регулировать складироваемые объемы с использованием больших аккумулялирующих возможностей выработанного пространства карьера - показано синими (внешние отвалы) и желтыми стрелками (внутренний отвал). В частности, по угольному разрезу «Про-

копьевский», не нарушая технологические и геомеханические решения, заложенные в проекте в части отсыпки отвалов вскрышных пород, по совокупности можно снизить эксплуатационную землеемкость до 21 %, за счет раскройки карьерного поля на сектора (данные расчетов проиллюстрированы в элементе 5,6,7 позиция В).

Элемент 7. По закономерностям пространственного развития карьерного поля, внешнего отвала, баланса распределения и критериев выбора расположения емкости определяются варианты сооружения емкости и отработки карьерного поля со складированием вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля (технологические вариации). При окончательном выборе технологических вариации производится оценка того или иного варианта отработки карьерного поля с использованием современной системы оценочных критериев экономической эффективности - чистого дисконтированного дохода (ЧДД). Чистый дисконтированный доход определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или это превышение интегральных результатов над интегральными затратами. Расчетами определено (элемент 5,6,7 позиция Г), что для ЗАО «Разрез Прокопьевский» по мере отработки карьерного поля технико-экономический анализ позволяет выбирать вариант системы разработки, что предопределило разновидность СПО (патент на изобретение № 2637667) и устанавливается чистым дисконтированным доходом в 628 млн. руб. (позиция Г).

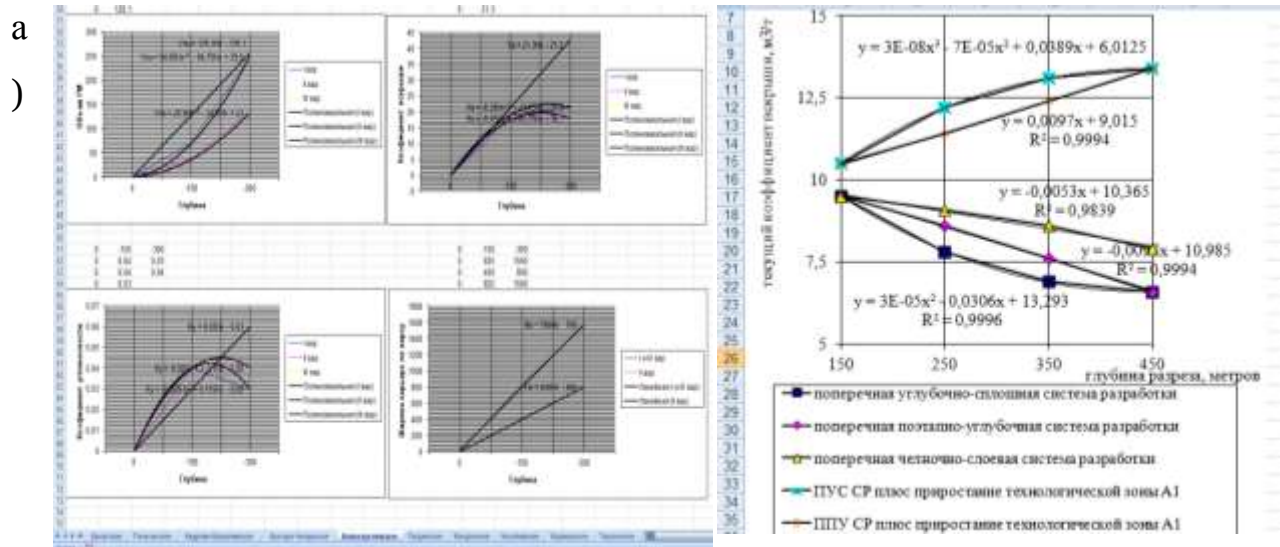
Из графика (рис.2.6.2) следует, что для конкретных горно-геологических условий разреза «Прокопьевский», принимая во внимание долевое участие внутреннего отвала, наиболее эффективной системой разработки является поперечная блочно-слоевая (ЧДД = 1,48 млн. руб). Так же одним из решающих факторов выбора системы разработки является ускоренное вовлечение в производственный процесс техногенного ресурса – выработанного пространства.



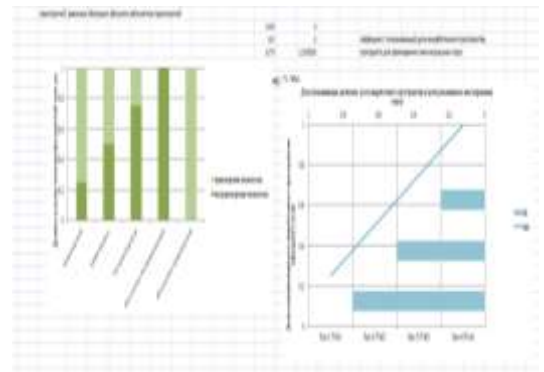
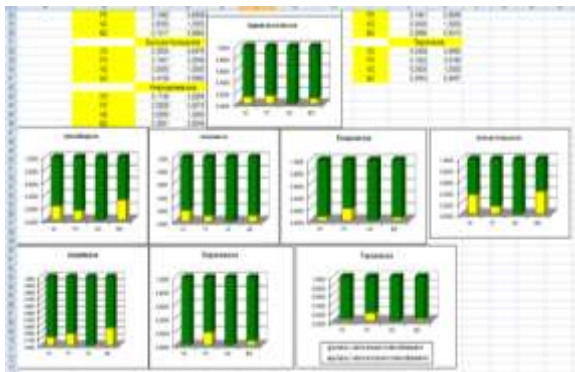
Для комплексного технико-экономического расчета разработана программа. Представлены фрагменты интерфейса компьютерной программы при использовании средств Microsoft Excel с расчетами параметров и показателей формирования поперечных систем разработки в условиях продольной углубочной системы разработки для режима действующего угольного разреза (рис. 2.6.3).

Алгоритм расчета (рис. 2.6.3) позволяет комплексно оценивать технологический процесс преобразования систем разработки для режима действующего разреза, например:

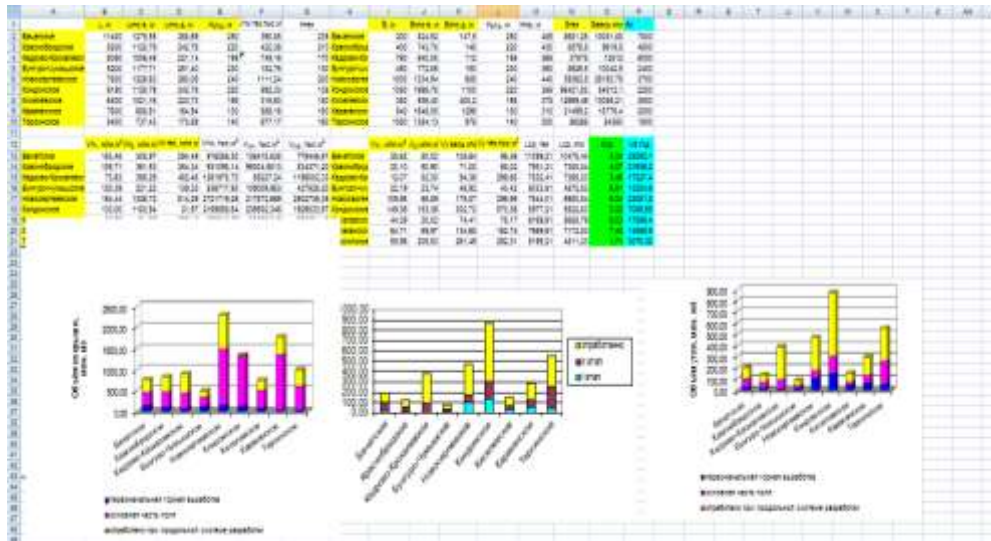
- линейные и объемные параметры преобразования систем открытой разработки;
- доленое участие внешнего/внутреннего отвалов;
- пространственно-временной технологический переход;
- длительность перехода и доработки карьерного поля;
- показатели интенсификации производства работ в различных технологиях производства горных работ;
- режим горных работ и его регулирование и т.п.



б)



в)



г)

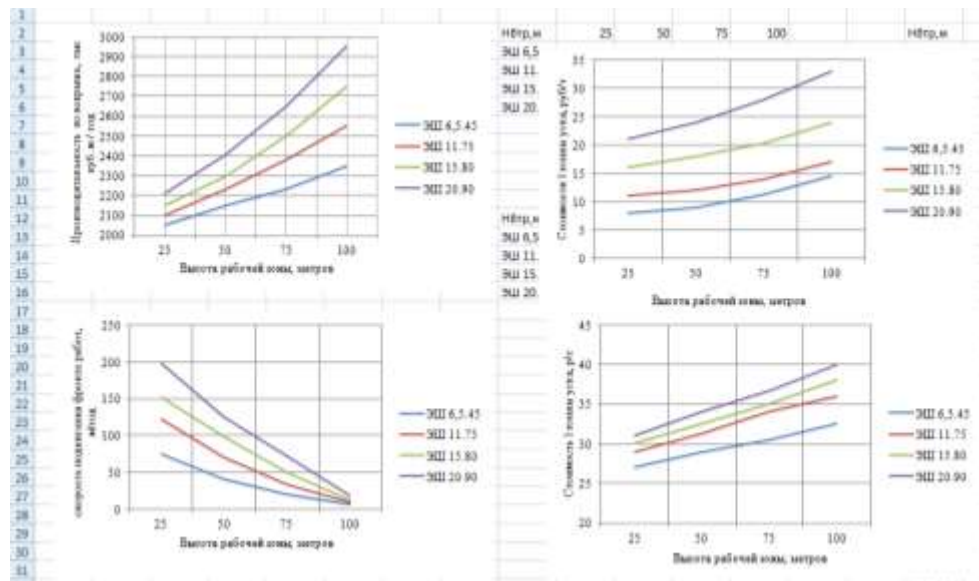


Рис.2.6.3. Фрагменты численного имитационного моделирования при использовании средств Microsoft Excel с расчетами параметров и показателей технологического процесса перехода от углубочных продольных к сплошным поперечным системам разработки для условий действующих карьерных полей с наклонным и крутопадающим залеганием пластов: а) режим горных работ и его регулирование; б) долевое участие транспортной

или бестранспортной технологии в отвалообразовании и доля показывающая дисбаланс роста выработанного пространства и доли размещения в нем вскрышных пород; в) проектирование линейных и объемных параметров при трансформации систем открытой разработки (рассчитанных по формулам 2.3.1-2.3.55); г) показатели интенсификации ведения горных работ, на примере бестранспортной рабочей зоны.

## **Выводы**

По данным исследований изложенных в главе диссертационной работы получены следующие заключения.

Для комплексной оценки поисковых решений систем открытой разработки и ресурсосберегающей направленности предложена система оценочных критериев. Рассмотренные примеры показали потенциальную возможность значительного совершенствования проектных решений для открытой угледобычи в Кемеровской области. Сложность запоздалого решения таких задач заключается в серьезной корректировке морально устаревших положений проектов в условиях действующего производства.

Резюмируя, можно отметить, что в отличие от ранее выполненных работ новизна состоит в следующем:

- в обобщающем анализе функционирования углубочных продольных систем разработки угольных разрезов Кемеровской области с позиции теоретических положений механизмов адаптации поперечных систем разработки с внутренним отвалообразованием;
- доказательной базе возможности функционирования модернизированных систем открытой разработки с внутренним отвалообразованием в режиме действующего карьерного поля;
- логической декомпозиции выбора технологических вариантов преобразования систем разработки в зависимости от условий эксплуатации угольного разреза.

В теоретическом плане предложены несколько методических подходов:

1) детализация классификационных признаков техногенного ресурса выработанного пространства, реализация которого в проектной документации позволит скорректировать в большую сторону долевое участие внутреннего отвалообразования по угольным разрезам Кемеровской области, используемым при статистическом анализе;

2) инструментарий уменьшения избыточного выработанного пространства по средствам развития двух основополагающих объектов горного производства “карьерное поле-отвал вскрышных пород”;

3) гистограммный способ определения местозаложения для действующего карьерного поля первоначальной выработки для внутреннего отвала, основывающийся на многокритериальной оценке выбора сектора закладки;

4) в процессе сооружения емкости под внутренний отвал графически интерпретированы вместимости внешних и внутренних отвалов, с целью больших аккумулирующих способностей выработанного пространства;

5) расчетным путем доказано, что первоначально горные работы необходимо сосредотачивать на формировании выработки под внутренний отвал, тогда прослеживается положительный эффект от этапного выделения очередности разработки – устранение знакопеременности производственной мощности и ее прирост в момент строительства емкости.

Разработаны технико-экономическая модель процесса преобразования углубочной продольной в поперечную сплошную систему открытой разработки и обоснованы параметры и показатели технологического перехода.

Предложенные технологические варианты рассмотрены на примере действующих карьерных полей угольных разрезов, что позволяет говорить о достаточной сходимости результатов авторских исследований с фактическими условиями эксплуатации.

### **Глава 3. Конструктивно-параметрические проработки по складированию вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля при производстве открытой угледобычи на полях ликвидированных шахт (на примере Прокопьевско-Киселевского геолого-промышленного района)**

#### **3.1. Общие положения**

Прокопьевско-Киселевский геолого-промышленный район Кузбасса представлен преимущественно наклонными и крутыми пластами, значительная часть которых относится к мощным. 65% всех запасов приходится на мощные пласты, причем 42% – на пласты мощностью более 6м. Пласты весьма сближены, около 20% расположены на расстоянии менее 10м друг от друга, 31% – от 10 до 20м. Угленосные отложения собраны в сравнительно узкие складки, вытянутые в северо-западном направлении и разбитые на отдельные блоки продольными нарушениями. Господствующей формой складчатости являются синклинали. Крылья складок падают под углом 60 – 70°, складки наклонные с углами погружения 3 – 25° [79]. По качеству и технологическим свойствам угли Прокопьевско-Киселевского района относятся к маркам К, КЖ, СС и Т.

На угольных месторождениях Прокопьевско-Киселевского района разместились поля 20 шахт. «Коксовая», «Центральная», «Ноградская», «Красный углекоп», «Зенковская», «Северный Маганак», им. К.Е. Ворошилова, им. Ф.Э. Дзержинского, им. М.И. Калинина, «Зиминка», «Красногорская», «Тырганская», им. В.В. Вахрушева, № 12, «Киселевская», «Краснокаменская», «Суртаиха», «Дальние горы», «Черкасовская» и «Тайбинская». На многих из них имеются участки с ликвидированными подземными горными работами.

Каждое шахтное поле представляет из себя одну или несколько антиклинальных или синклинальных складок, осложненных дизъюнктивными на-

рушениями с различными амплитудами. На каждое выемочное поле размерами по простиранию 300 – 400 м приходится 1 – 3 нарушения более мелкого порядка. Шахтные поля вскрыты, как правило, вертикальными стволами и этажными квершлагами. Вертикальная высота этажа 80 – 100м. Подготовка пластов на откаточных и вентиляционных горизонтах групповая.

Шахта «Коксовая» является типичным представителем для Прокопьевско-Киселевского района (рис. 3.1.1). Шахтой разрабатываются 12 угольных пластов мощностью 3 – 14м. Проектная мощность шахты 3250 тыс. т в год, фактическая – 789 тыс.т (в 1987г.). Тектоника шахтного поля очень сложная, угленосные отложения представлены серией антиклинальных складок (Абинская, Голубевская, Малая и Муравейник). Складки осложнены многочисленными крупными и мелкими нарушениями. Углы падения пластов колеблются от 45 до 85°, местами опрокинуты. Шахта «Коксовая», в отличие от других шахт района, разрабатывает пласты с гидрозакладкой. Вскрытие шахтного поля осуществлено десятью вертикальными стволами (см. рис. 3.1.2).

В настоящее время горные работы ведутся на 4-м и 5-м горизонтах. Первые два этажа (не считая штольного) имели вертикальную высоту этажа 50м, трех последующих – 100м. Особенностью шахты «Коксовая» является секционное проветривание. Так, оба клетевых ствола на промплощадке являются воздухоподающими, через эти стволы проветриваются выработки Абинской антиклинали, для выработок Голубевской антиклинали свежий воздух подается через вспомогательный клетевой ствол № 2, в выработки Малой антиклинали свежий воздух подается по вентиляционному стволу «Спутник № 4» и вспомогательному клетевому стволу № 3. Исходящая из шахты струя выдается по вентиляционным стволам Голубевской и Малой антиклиналей. На каждом из пяти горизонтов пройдены этажные квершлагги, в каждом крыле антиклиналей пройдены полевые штреки и промквершлагги.

На шахтах «Зиминка», «Тайбинская», «Киселевская», № 12 и других вскрытие пластов в шахтном поле осуществляется тремя стволами: скиповым, клетевым и породоуглубочным.

Скиповой ствол оборудуется двумя скиповыми подъемами для выдачи угля с двух горизонтов в момент перехода горных работ с одного горизонта на другой. Клетевой ствол имеет две клетки для спуска и подъема людей, материалов и оборудования. Породоуглубочный оборудуется двумя подъемами: одноклетевым для инспекторских целей, спуска-подъема нестандартного оборудования и односкиповым для выдачи породы.

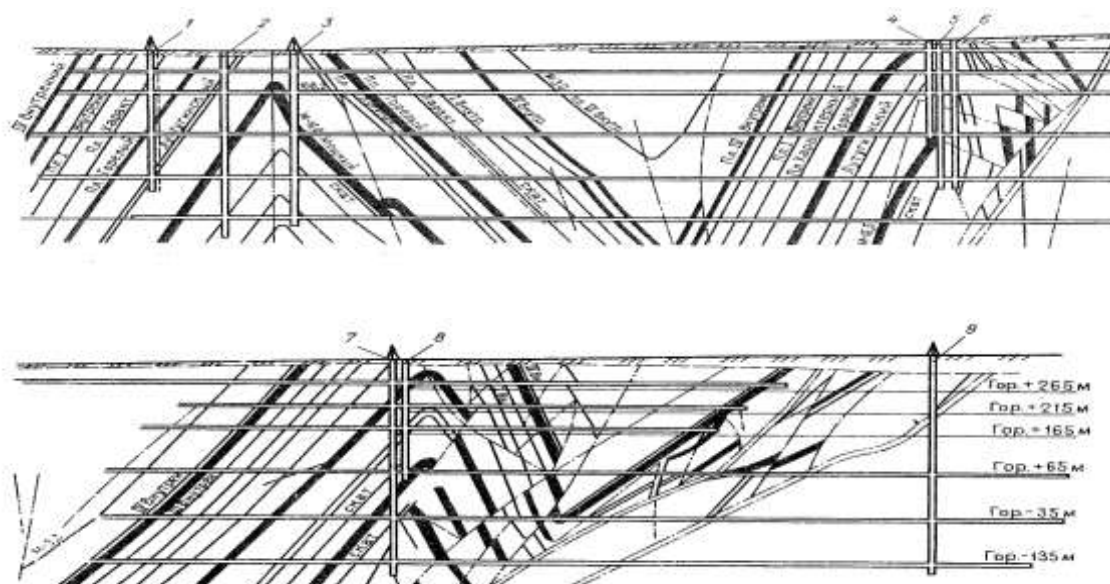


Рис. 3.1.1. Схема вскрытия крутых пластов шахты «Коксовая»: 1 – центральные скиповой и клетевой стволы; 2 – новый скиповой ствол гор. – 135 м; 3 – вспомогательный (клетевой) ствол №1; 4 – вентиляционный ствол; 5 – вентиляционный ствол «Спутник»; 6 – вспомогательный ствол №2 (воздухоподающий); 7 – ствол «Спутник»; 8 – вентиляционный ствол; 9 – вспомогательный ствол №3.

Углубка стволов на новый горизонт начинается с породоуглубочного, для чего используется отделение клетевых подъемов. Через этот же ствол вы-

дается порода от проведения выработок нового горизонта и от проходки скипового и клетового стволов. Таким образом, скиповой и клетовой ствола в основном освобождаются от работ по их углубке. Принятая на шахтах Прокпьевско-Киселевского района вертикальная высота этажа 80 – 100м обуславливает небольшой срок его отработки (порядка 10 – 12 лет). Углубка действующих стволов сопряжена с рядом технологических трудностей, что приводит к резкому удорожанию и увеличению сроков строительства новых горизонтов. Поэтому нередко случаи, когда для вскрытия очередного горизонта проводятся новые ствола.

В качестве примера рассмотрим вскрытие пластов шахты № 12. Проектная мощность шахты 1000 тыс.т. в год. Значительная часть запасов горизонта +250м была отработана через наклонные ствола (рис. 1.2). Для отработки запасов ниже этого горизонта в 1956г. была произведена реконструкция шахты, которая включала проведение трех стволов до гор. +180м и строительство нового поверхностного комплекса. Вскрытие пластов на гор. +180м осуществлено этажным квершлагом. Подготовка пластов групповая.

Для разделения свежего воздуха и исходящей пройдены ряд выработок на гор – 40м, т.е. оборудован минусовый горизонт, на котором имеется заезд (электровозный) с гор. –35м. Для этих же целей пройдены минусовые полевые штреки и промквершлага на гор. +58 и +158м. Такое решение имеет место на шахтах «Черкасовская», №12, им. К.Е. Ворошилова и др.

По мере отработки запасов гор. + 180м., осуществлена углубка стволов на гор. +100м. В настоящее время капитальными уклонами с гор. +100м. вскрывается гор. +0м., так как запасы первого находятся в стадии доработки. Подготовка пластов на гор. +100м. аналогична гор. +180м. Сложность поддержания выработок вентиляционного горизонта в условиях сближенности пластов, одновременная работа на двух горизонтах обуславливают, в отдель-



ных случаях, необходимость нового (минусового) вентиляционного горизонта.

Объектом открытой разработки являются отработанные верхние горизонты шахтных полей. Верхние горизонты шахтных полей, особенно старых шахт, отработанные подземным способом с большими потерями, порядка 50-60%. Оставшиеся запасы угля на этих горизонтах шахтных полей со временем начинают самовозгораться, создавая опасную экологическую обстановку для окружающей среды. Кроме этого создается непригодный для освоения ландшафт, характеризующийся провалами, трещинами и просадками (рис. 3.1.2).



Рис. 3.1.2. Отсыпка внешнего отвала разреза «Северный Маганак» в провал «Шахты им. М.Косогоровой»



Рис.3.1.3. Отработка предохранительного целика под промплощадкой шахты «Северный Маганак».

В настоящее время большинство шахт имеют на своих полях участки открытых работ. Однако эти участки и принятая на них технология не соответствует экологическим требованиям, отсутствуют научные рекомендации по технологии ведения открытых горных работ в опасных зонах шахтных полей, нет обоснования граничных контуров открытых горных выработок. Характерной особенностью отработанных шахтных полей является нару-

шенность горного массива и отсутствие концентрированных запасов угля в их границах.

По сути, запасы угля представлены в виде фрагментарных объемов из предохранительных целиков (рис. 3.1.3), некондиционных запасов и в местах геологических нарушений. Ограниченность шахтных полей в плане объектами инфраструктуры предъявляет особые требования к ведению буровзрывных работ (подготовке горных работ к выемке). В этих условиях не представляется возможность применения классических систем разработки и технологий. Это предопределяет необходимость разработки новых технологических решений.

Основные показатели открытой угледобычи на шахтных полях приведены в табл. 3.1.1.

Таблица 3.1.1

Обобщенные показатели участков открытых работ  
на шахтных полях Прокопьевско-Киселевского района

| Наименование шахт | Глубина разреза, м | Средний коэффициент вскрыши, м <sup>3</sup> /т | Производительность труда, т |
|-------------------|--------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|
| Коксовая          | 45                 | 27,3                                           | 143                         |
| Центральная       | 60                 | 19,6                                           | 244                         |
| Ноградская        | 90                 | 18,05                                          | 153                         |
| Красный уголек    | 130                | 19,78                                          | 184                         |
| Зенковская        | 85                 | 10,8                                           | 695                         |
| Северный Маганак  | 90                 | 20                                             | 261                         |
| Им. Ворошилова    | 50                 | 14,8                                           | 305                         |
| Им. Дзержинского  | 60                 | 7,5                                            | 426                         |
| Им. Калинина      | 38                 | 14,3                                           | 399                         |
| Зиминка           | 90                 | 32,3                                           | 190                         |

Анализ данных таблицы показывает, что глубина открытых горных работ колеблется от 38 до 130 м. При этом коэффициент вскрыши изменяется от 7,5 до 32,3 м<sup>3</sup>/т при производительности труда в пределах 143-399 т/месяц на одного рабочего.

При сопоставлении этих данных с данными разрезов УК «Кузбассразрезуголь» можно сделать вывод, что максимальное значение коэффициента вскрыши в 3-4 раза превышает значения коэффициента вскрыши на разрезах УК «Кузбассразрезуголь». Это свидетельствует о необходимости разработки нового подхода к определению предельных контуров разрезов на отработанных шахтных полях. По сути речь идет о повторной отработке шахтных полей открытым способом.

### **3.2. Обобщенная характеристика отработанных горизонтов верхних горизонтов шахтных полей. Горно-геометрический анализ запасов угля на полях ликвидированных шахт**

Наличие подземных горных выработок и сдвигание горных пород над ними осложняет ведение открытых горных работ, так как появляется необходимость обеспечения устойчивости откосов уступов и бортов разреза.

Обобщенные физико-механические свойства вмещающих пород в структурно-ослабленных подземными горными работами зонах шахтных полей представлены далее. Объектом горных работ в Кемеровской области являются в основном породы кольчугинской и балахонской серий. В бассейне изучено шесть стадий эпигенеза, которым соответствует определенные марки угля от длиннопламенных до тощих. Вскрышные породы угольных месторождений по размеру обломочного материала и составу цемента разделены на литотипы:

- конгломераты (К) и гравелиты (Г);
- песчаники (П);

- алевролиты (А);
- аргиллиты (АР).

По гранулометрическому составу песчаники разделены на три (ПК, ПС, ПМ – соответственно крупно-, средне-, мелкозернистые), а алевролиты на два (АК, АМ – соответственно крупно-, мелкозернистые) литотипа. В отдельные литотипы выделены песчаники на карбонатном (П) и глинистом (ПГ) цементе, алевролиты на карбонатном цементе (А), переслаивание песчаника и алевролита (ПА).

Геолого-генетический метод прогноза структурно-прочностных свойств основан на установлении взаимосвязи между параметрами естественной блочности и прочности пород и геологическими факторами. Основные положения прогноза структурно-прочностных свойств углевмещающих пород рассмотрены на примере угольных месторождений Прокопьевско-Киселевского района. Стадию эпигенеза вмещающих пород можно определять по степени метаморфизма угля.

Хорошим индикатором степени метаморфизма угля является его марочный состав (рис.3.2.1).

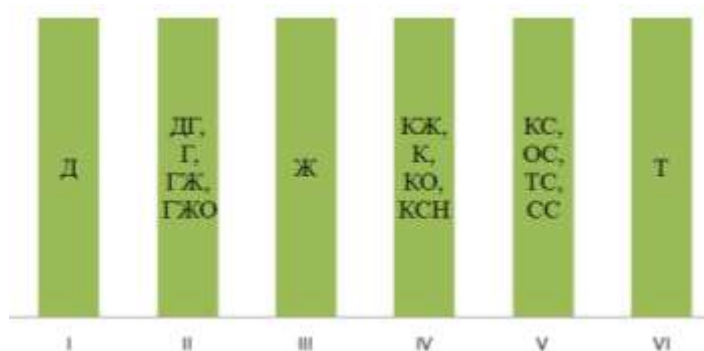


Рис.3.2.1. Марки угля (ГОСТ 25543-88) и стадии эпигенеза вмещающих пород.

На рис. 3.2.1 приняты следующие обозначения: Д – длиннопламенный, ДГ – длиннопламенный газовый, Г – газовый, ГЖО – газовый жирный отощенный, ГЖ – газовый жирный, Ж – жирный, КЖ – коксовый жирный, К – коксовый, КО – коксовый отощенный, КСН – коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный, КС – коксовый слабоспекающийся, ОС – отощен-

ный спекающийся, ТС – тощий спекающийся, СС – слабоспекающийся, Т – тощий.

При изучении свойств пород выявлена [88,99] общая закономерность – повышение значений структурно-прочностных свойств пород при переходе от низких стадий эпигенеза к более высоким.

В Прокопьевско-Киселевском районе в балахонской серии наиболее низкие показатели структурно-прочностных характеристик имеют породы, вмещающие коксовые угли (IV стадия эпигенеза). Далее, при переходе к более высоким стадиям эпигенеза (V, VI стадии), прочность и блочность пород возрастают. На структурно-прочностные свойства пород существенно влияет их выветрелость, внешними признаками которой служат глубина залегания и влажность пород. Диаметр средней естественной отдельности ( $d_e$ , м) и временное сопротивление пород сжатию ( $\sigma_{сж}$ , МПа) резко возрастают до глубины 50-80м, то есть в зоне выветривания. Ниже зоны выветривания располагается переходная зона, глубина которой составляет для песчаников 200м, а для алевролитов – 400м. Для количественной оценки  $d_e$  и  $\sigma_{сж}$  основных литотипов пород балахонской серии Присалаирской геотектонической зоны (подзона интенсивной линейной складчатости – месторождения Прокопьевско-Киселевского района), разработаны адекватные модели (рис.3.2.2).

Следовательно, с учетом взаимосвязи геолого-генетических признаков (рис.3.2.2) устанавливаются значения структурно-прочностных характеристик пород для переходной зоны (глубина залегания пород 60-100м). Анализ показал, что относительная ошибка в определении временного сопротивления пород сжатию по геолого-генетическим признакам, в сравнении с экспериментальными, полученными путем непосредственных измерений на образцах горных пород в лабораторных условиях (ГОСТ 21153.0-75 и 21153.2-75), не превышает 18%, а диаметр средней естественной отдельности, в сравнении с замерами на обнажениях горных выработок, не превышает 15%.

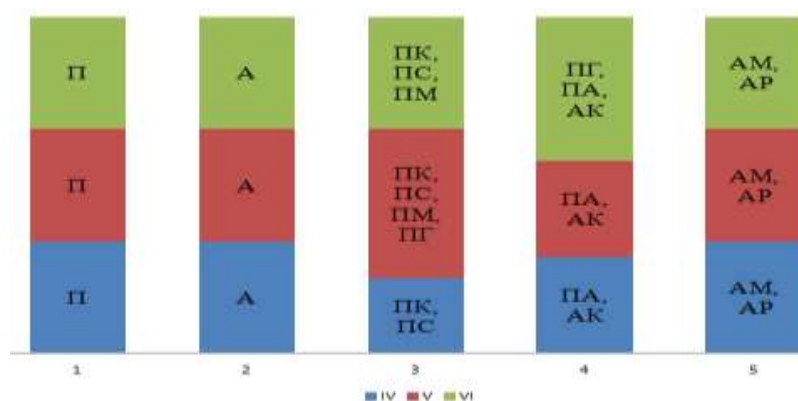


Рис. 3.2.2. Взаимосвязь геолого-генетических признаков пород балахонской серии Присалаирской геотектонической зоны (1-5 ранги геолого-генетических признаков).

Таким образом, анализ геологической информации, построенный на изучении значимости влияния геолого-генетических признаков на структурно-прочностные свойства пород, позволяет дать количественную оценку сопротивляемости массивов горных пород взрывному разрушению, который не требует дополнительных затрат и применения дорогостоящей аппаратуры. К тому же данные сведения используются в расчетах производительности технологических комплексов.

Учет влияния глубины залегания пород осуществляется поправочными коэффициентами  $K_{\sigma}$ ,  $K_d$ . Значения поправочных коэффициентов приведены на рис.3.2.3 и 3.2.4 и могут быть использованы в дальнейшем при обосновании стратегии выбора технологии горного производства.

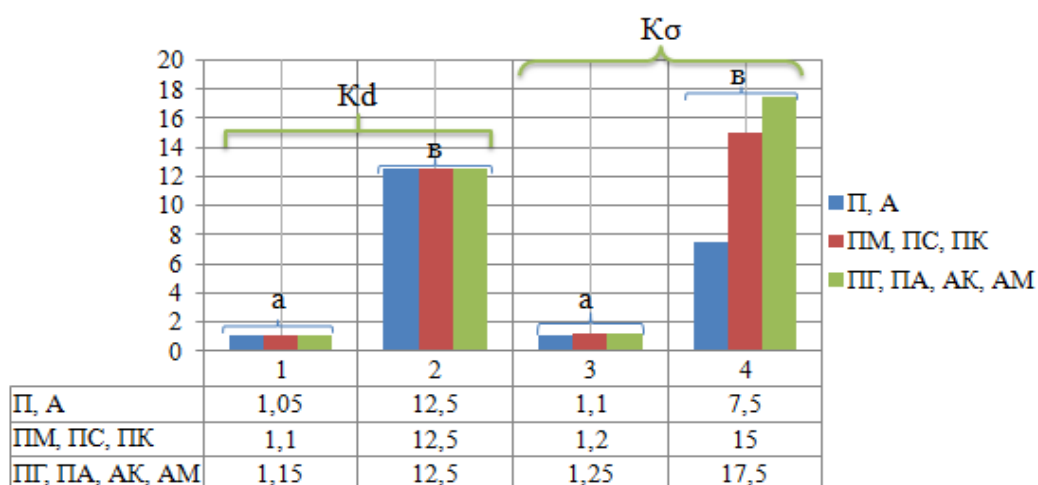


Рис.3.2.3. Значения эмпирических коэффициентов а и в.

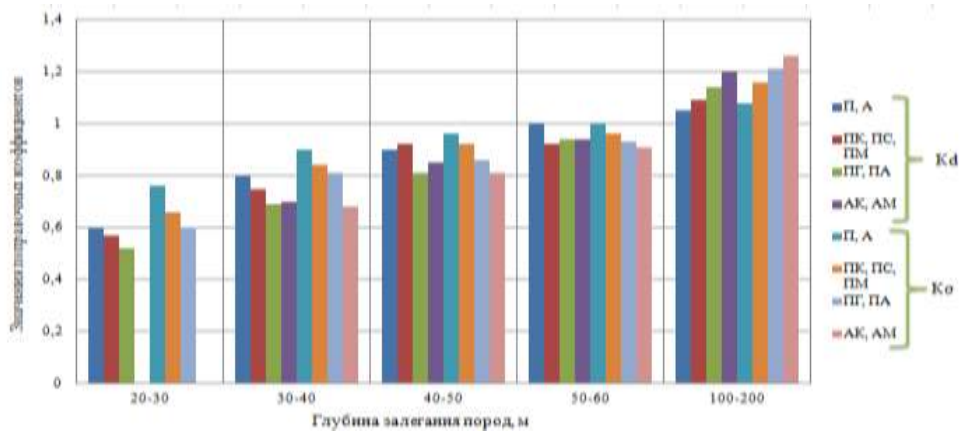


Рис. 3.2.4. Значения поправочных коэффициентов  $K_{\sigma}$ ,  $K_d$ .

В настоящее время на территории Прокопьевско-Киселевского района имеются участки для отработки целиков открытым способом на следующих шахтах: «Северный Маганак», шахта им. Калинина (шахта им. Марии Косогоровой), «Красный уголеоп», «Зенковская», им. Дзержинского, «Коксовая», «Центральная», «Зиминка», шахта им. Вахрушева, «Краснокаменская», «Киселевская», «Тайбинская» [79].

По своим признакам целики для ведения открытых горных работ можно разделить на группы:

- целики под здания и сооружения;
- целики под околоствольный двор;
- целики под скиповой, породугольный и клетевой стволы;
- целики под транспортные и энергетические коммуникации.

Принятая на шахтах района вертикальная высота первого этажа от 80 до 130 м., обуславливает глубину отработки участка открытых горных работ. Длина карьерного поля определяется исходя из условия отставания открытых работ от шахтных и ближайших расположением жилищных или иных объектов. В целом по участкам длина в связи с вышеназванным не превышает 500-800 м., а в отдельных случаях достигает до 2÷4 км. При этом для горно-геометрического анализа и расчета запасов применить формулу:

$$Q_z = H_{\text{целика (этажа)}} \cdot L_{\text{участка}} \sum m_{\text{пл}} \quad (3.2.1)$$

где  $Q_z$  – объем запасов целика, тыс.т;  $H_{\text{целика (этажа)}}$  – глубина целика или высота этажа, м;  $L_{\text{участка}}$  – длина участка, ограниченная условиями ближайшего расположения каких-либо объектов, м;  $\sum m_{\text{пл}}$  – суммарная мощность пластов в целике, м.

Расчеты производились на основании геологических материалов: горизонтальных и вертикальных проекций пластов по средневзвешенным показателям в границах разведочных линий и профилей.

Объем вскрыши рассчитывается методом вертикальных сечений по длине целика.

Результаты горно-геометрического анализа в границах участков приведены в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Горно-геометрический анализ участков открытых  
горных работ на полях шахт\*

| Участок ОГР        | Глубина участка, м | Суммарная мощность пластов, м | Длина участка, м | Объем вскрыши, м <sup>3</sup> | Объем угля | $K_v$ , м <sup>3</sup> /т |
|--------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------|---------------------------|
| «Северный Маганак» | 160                | 19,6                          | 540              | 40924800*                     | 1568000    | 26,1                      |
| им. Калинина       | 80                 | 12,2                          | 285              | 3583872                       | 234240     | 15,3                      |
| «Красный уголек»   | 100                | 14,5                          | 220              | 13862000                      | 290000     | 47,8                      |
| Зенковский         | 120                | 17,1                          | 208              | 19723824                      | 369360     | 53,4                      |
| им. Дзержинского   | 105                | 17,3                          | 309              | 5395005                       | 544950     | 9,9                       |
| Коксовая           | 140                | 18,4                          | 250              | 35731804                      | 540960     | 67,9                      |



|                      |     |      |     |          |          |           |
|----------------------|-----|------|-----|----------|----------|-----------|
| Центральная          | 135 | 19,6 | 235 | 18614610 | 555660   | 33,5      |
| им. Вахрушева        | 200 | 13,8 | 315 | 58374000 | 828000   | 70,5      |
| Краснокамен-<br>ская | 135 | 20,4 | 215 | 69580470 | 551350,8 | 126,<br>1 |
| Киселевская          | 180 | 21,7 | 290 | 24217200 | 976500   | 24,8      |
| Тайбинская           | 160 | 10,8 | 340 | 48833280 | 518400   | 94,2      |

\* – данные по проектным работам ООО «Сибгеопроект» (г. Кемерово);

\*\* – с учетом угла откоса торцов.

С точки зрения геометрии форма целиков представляет собой в объемном виде усеченную пирамиду, преимущественно вытянутую вкост простирания угольной свиты.

Оставшиеся запасы угля определяются по выражению

$$Q_{\text{ц}} = Q_3^6 \cdot K_{\text{п}}^{\text{п}} \quad (3.2.2)$$

где  $Q_3^6$  – балансовые запасы угля в границах шахтного поля, т;  $K_{\text{п}}^{\text{п}}$  – коэффициент потерь угля при подземной разработке.

По данным проф. Рыжкова Ю.А. взаимосвязь коэффициента извлечения запасов угля подземным способом для условий Прокопьевско-Киселевского района описывается зависимостью

$$C = 0,454^{-2,14\tau} \quad (3.2.3)$$

где  $C$  – коэффициент извлечения балансовых запасов;  $\tau$  – отношение запасов в предохранительных целиках к балансовым запасам.

В среднем по Прокопьевско-Киселевскому району  $C = 0,4$  (верхние горизонты шахтных полей)

$$C = (1 - K_{\text{п}}^{\text{п}}), \text{ откуда } K_{\text{п}}^{\text{п}} = 1 - C = 1 - 0,4 = 0,6$$

Основными причинами оставления предохранительных целиков являются охрана жилых поселков, промышленных зданий и сооружений, капитальных горных выработок и природных объектов (60,4 % от всех целиков), участки с потушенными и действующими пожарами (38 %), а так же участки,

опасные по прорывам глины в действующие выработки (1,6 %) и места геологических нарушений.

### **3.3. Обоснование параметров технологических схем выемки угольных целиков**

После отработки шахтных полей подземным способом поверхность представляет собой экологически опасную зону, характеризующуюся провалами, трещинами и разломами, способствующими возникновению пожаров от самовозгорания оставшихся запасов угля в целиках.

Кроме этого не исключается возможность выхода в атмосферу по трещинам и разломам отравляющих газов с нижних горизонтов шахтных полей. Для устранения этих явлений возникает необходимость отработки открытым способом с извлечением оставшихся запасов угля по технологии с внутренним отвалообразованием и рекультивацией вслед за продвижением фронта горных работ. В этом случае создается надежный изолирующий слой из сыпучих отвальных пород охраняющий окружающую среду от негативного воздействия отработанных шахтных полей подземным способом. Наиболее соответствующей условиям ведения открытых горных работ на полях ликвидированных шахт является слоевая поперечная сплошная система разработки с отработкой слоя по бестранспортной технологии.

Сущность данной технологии заключается в следующем.

В одном из торцов шахтного поля вкрест простирания свиты угольных пластов сооружается подготовительный котлован глубиной, обеспечивающей отработку горизонтального слоя по бестранспортной технологии (рис. 3.3.1).

Отработка породугольного слоя ведется подступами в нисходящем порядке с выемкой оставшихся запасов из угольных пластов гидравлическими экскаваторами обратная лопата и экскавацией вскрыши шагающим экскаватором во внутренний отвал (рис. 3.3.1).

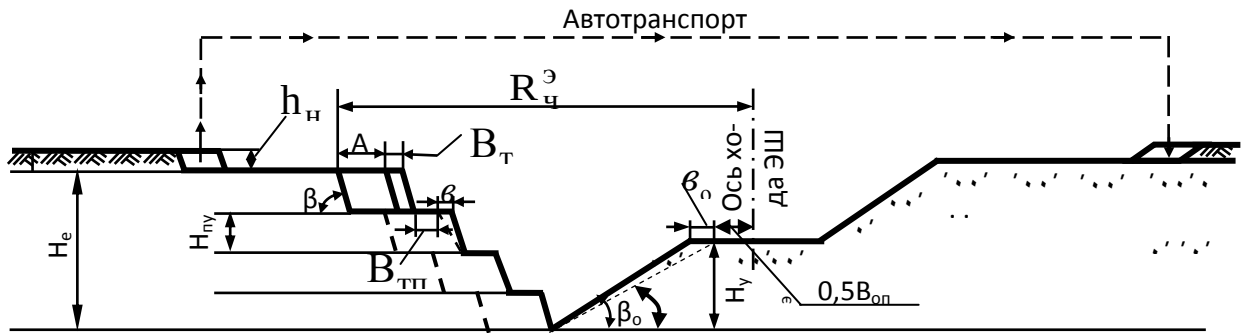


Рис. 3.3.1. Схема к расчету мощности слоя по бестранспортной технологии  
(по к.т.н. В.Н. Макарову)

Наносы обрабатываются мехлопатой с транспортированием автосамосвалами на поверхность внутреннего отвала, сформированного шагающим экскаватором по бестранспортной технологии из крепких вскрышных пород.

Условие возможности обработки породугольного слоя мощностью  $H_c$  по бестранспортной технологии выражается равенством

$$R_{\text{ч}}^{\text{эш}} = n \cdot [H_{\text{пу}} \cdot \text{ctg} \beta + B_{\text{т}} + B_{\text{тп}} + b] - (B_{\text{т}} + B_{\text{тп}} + b) + A + H_{\text{уэ}} \cdot \text{ctg} \beta_0 + b_0 + 0,5 \cdot B_{\text{оп}} \quad (3.3.1)$$

где  $R_{\text{ч}}^{\text{эш}}$  - радиус черпания шагающего экскаватора, м;  $n$  - количество обрабатываемых подступов, м;  $H_{\text{пу}}$  - высота подступа, м;  $B_{\text{т}}$  - ширина съезда, м;  $B_{\text{тп}}$  - ширина транспортной полосы для сквозного проезда автосамосвалов, м;  $b$  - берма безопасности на подступе, м,

$$b = H_{\text{пу}} \cdot (\text{ctg} \beta_y - \text{ctg} \beta) \quad (3.3.2)$$

$\beta_y$  - угол устойчивого откоса, град.;  $\beta$  - угол временного стояния откоса, град.;  $A$  - ширина заходки гидравлического экскаватора по выемке угольных пластов (целиков), м;  $H_{\text{уэ}}$  - высота установки шагающего экскаватора в отвальной зоне, м;  $\beta_0$  - угол естественного откоса отвала, град.;  $b_0$  - берма безопасности на отвальной площадке установки драглайна, м.

$$b_0 = H_{\text{уэ}} \cdot (\text{ctg} \beta_{\text{oy}} - \text{ctg} \beta_0) \quad (3.3.3)$$

$\beta_{\text{oy}}$  - угол устойчивого откоса отвала, град.

Решая равенство (3.5.1) относительно «n», получим

$$n = \frac{R_{\text{ч}}^{\text{эш}} + B_{\text{т}} + B_{\text{тп}} + b - A - (H_{\text{уэ}} \cdot \text{ctg}\beta + b_0 + 0,5 \cdot B_{\text{оп}})}{H_{\text{пу}} \cdot \text{ctg}\beta + B_{\text{т}} + B_{\text{тп}} + b} \quad (3.3.4)$$

Исследуя полученное выражение (3.5.4) относительно параметра «n» для различных параметров драглайнов и технологии, получим допустимую мощность породугольного слоя, обрабатываемого по бестранспортной технологии

$$H_c = n \cdot H_{\text{пу}}$$

или

$$H_c = \frac{R_{\text{ч}}^{\text{эш}} + B_{\text{т}} + B_{\text{тп}} + b - A - (H_{\text{уэ}} \cdot \text{ctg}\beta + b_0 + 0,5 \cdot B_{\text{оп}})}{H_{\text{пу}} \cdot \text{ctg}\beta + B_{\text{т}} + B_{\text{тп}} + b} \cdot H_{\text{пу}} \quad (3.3.5)$$

Графическая интерпретация данного выражения представлена графиком-номограммой (рис.3.3.2), позволяющий исследовать взаимозависимость основных параметров сплошной отработки шахтных полей.

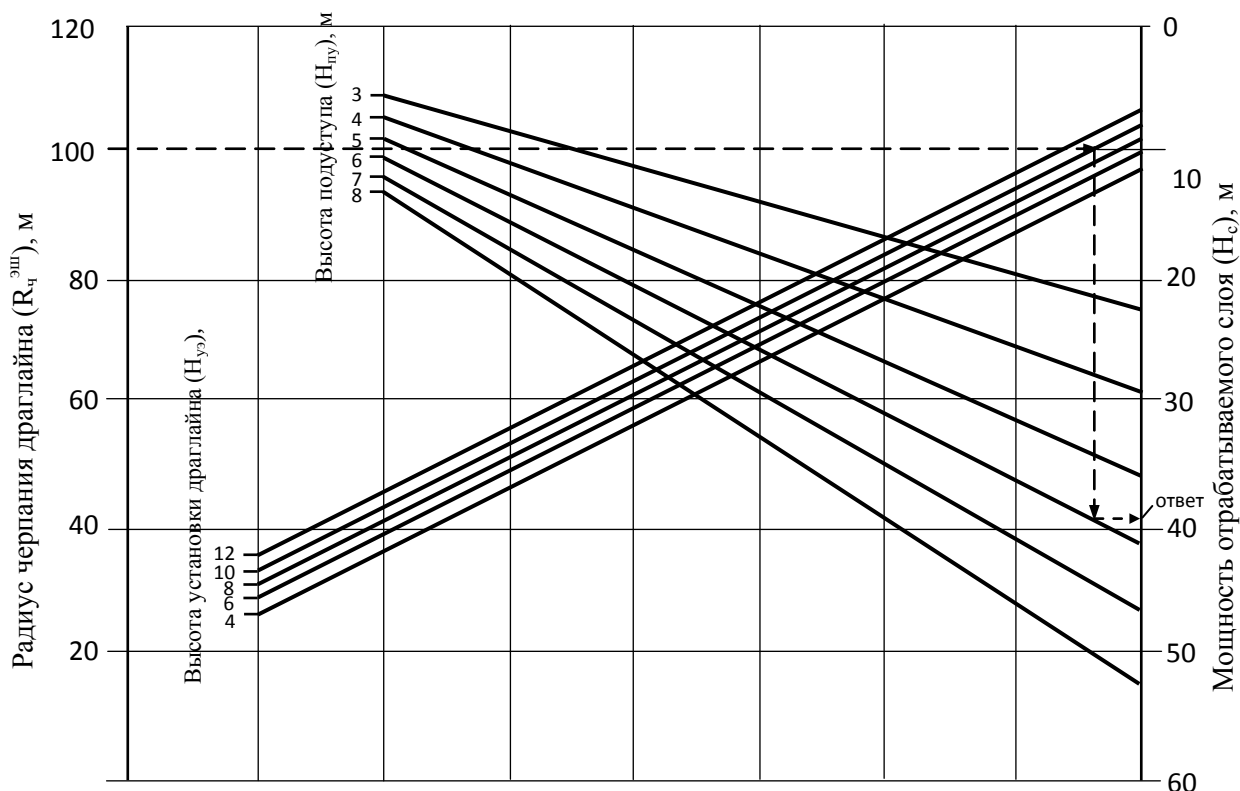


Рис. 3.3.2. График-номограмма взаимозависимостей параметров технологии сплошной санации шахтных полей. Ключ:  $R_{\text{ч}}^{\text{эш}} \rightarrow H_{\text{уэ}} \rightarrow H_{\text{пу}} \rightarrow H_c$ .

Увеличение высоты слоя, отрабатываемого по бестранспортной технологии, возможно за счет частичной переэкскавации пород с верхних экскаваторных заходов в зону черпания драглайна, а также варьированием высоты установки драглайна в отвальной зоне и параметрами забойной зоны. Вся поверхность шахтного поля, за исключением площадей под целики в зоне расположения промышленной площадки, отрабатывается на глубину, равную мощности слоя по бестранспортной технологии.

Грузотранспортная связь между уступами слоя осуществляется насыпными съездами.

Таким образом, производится сплошная отработка верхних горизонтов шахтных полей с одновременной выемкой оставшихся запасов угля из пластов, отработанных подземным способом. Предлагаемая технология наиболее предпочтительна при высокой угленасыщенности шахтных полей.

При невысокой угленасыщенности шахтных полей, простых условиях залегания угольных пластов и значительных мощностях породных междупластий предлагается технология с частичной выемкой шахтных полей только в зонах отдельно залегающих угольных пластов.

В одном из торцов шахтного поля вкрест простирания угольных пластов проводится подготовительная траншея на глубину, равную мощности наносов с укладкой породы по одному торцевому борту. Таким образом, производится обнажение угольных пластов, выходящих под наносы.

После этого из поперечной подготовительной траншеи проходятся продольные траншеи над выходами пластов под наносы на глубину, равную мощности наносов с последующей выемкой оставшихся запасов угля с помощью гидравлических экскаваторов.

Вслед за выемкой угольных пластов производится засыпка траншей породами наносов с бортов траншей с последующей их рекультивацией.

Предлагаемая технология позволит обезопасить окружающую среду от

влияния загрязняющих веществ, вызванных неполной отработкой запасов угля в границах шахтных полей, с одновременной дополнительной добычей угля. После технологического и биологического этапов рекультивации земли могут быть использованы для сельскохозяйственного применения.

Вариант сплошной отработки для условий Прокопьевско-Киселевского угольного района приведен на рис. 3.3.3.

Порядок ведения горных работ заключается в следующем. После сооружения подготовительного котлована на проектную глубину начинается разработка (доработка) оставшихся запасов угля. Для этого в первую очередь производится опережающая выемка плодородного и потенциально плодородного слоев пород (наносов) с отдельным складированием на борту подготовительного котлована.

На этом этапе осуществляется обнажение выходов пластов (целиков) под наносы. Отрабатываемый слой породугольного массива по глубине делится на подступы высотой, равной рабочей глубине черпания гидравлического экскаватора обратная лопата ( $H_{\text{пу}} = 6 \div 7 \text{ м.}$ ).

Первоначально производится отработка верхнего подступа на ширину экскаваторной заходки гидравлического экскаватора обратная лопата ( $A = 8 \div 10 \text{ м.}$ ). Для этого по всей длине поперечного фронта работ производится рыхление вмещающих пород с помощью буровзрывных работ со сбросом пород на нижележащие подступы.

После этого осуществляется выемка оставшихся целиков угля гидравлическим экскаватором обратная лопата на глубину, равную высоте подступа с погрузкой в автотранспорт. Оставшаяся после этого порода шагающим экскаватором в режиме скреперования перемещается к нижней бровке нижнего подступа с последующей экскавацией в нижний отвальный ярус, формируя трассу для своего перемещения.

Технология ведения горных работ осуществляется по четырем этапам.

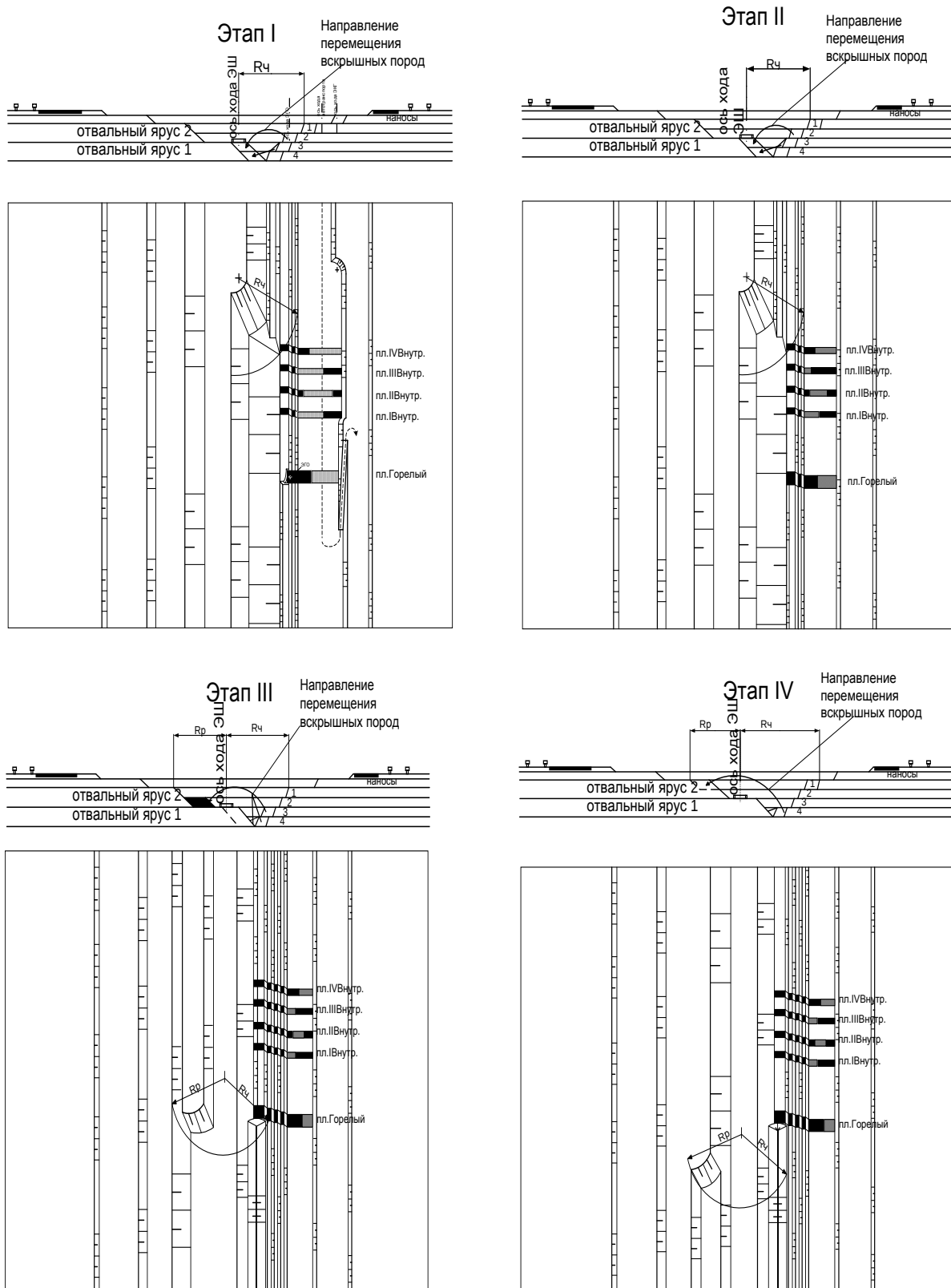


Рис. 3.3.3. Схема сплошной отработки шахтного поля на глубину, определяемую возможностью драглайна осуществлять бестранспортную технологию ведения горных работ.

На первом этапе драглайн устанавливается на верхней площадке нижнего отвального яруса и в режиме скреперования убирает остатки породных междупластий частично заполняя отвальный ярус 1.

Вторым этапом производится разработка подступа 2. Часть породы с подступов 1 и 2 (в результате взрывного смещения) ссыпается вниз к первому отвальному ярусу. Заходка подступа 1 и заходка подступа 2 образуют временный навал, из которого драглайн формирует первый отвальный ярус. На третьем этапе разрабатывается подступ 3. Часть развала остается в самой заходке, а остаток смещается взрывом и располагается между заполненной емкостью первого отвального яруса и откосом невзорванной заходки подступа 4. Драглайн размещает вскрышу с заходки подступа 3 в нижнюю часть отвального яруса 2. Особенностью разработки придонной породугольной заходки подступа 4 является ее расположение в зажатой среде (заштрихованная площадь на рисунке). Последним ходом драглайн разрабатывает заходку и заполняет остаток второго отвального яруса. Следует отметить, что для отработки последующей заходки (А) драглайну необходимо отсыпать трассу, при этом шаг передвижки поперек фронта работ примерно соответствует горизонтальной ширине отвального яруса.

На рис. 3.3.4. приведена схема сплошной отработки шахтного поля на глубину, равную суммарной мощности наносов и максимальной глубине черпания гидравлического экскаватора обратная лопата (до 12м.).

Технология осуществляется в четыре этапа.

На первом этапе производится проходка подготовительного котлована глубиной, равной мощности наносов, вкрест простирания угольных пластов в границах шахтного поля с помощью драглайна. В результате этого обнажается плоскость выходов пластов под наносы.

Затем драглайн по простиранию угольных пластов проходит траншею глубиной, равной мощности наносов и шириной по дну равной

$$B_{\text{тр}} = 2 \cdot R_{\text{ч}} \cdot \sin \psi \quad (3.3.6)$$



где  $R_q$  - максимальный радиус черпания драглайна, м;  $\psi$  - угол поворота стрелы драглайна от оси его стояния, град ( $\psi = 35 \div 40^\circ$ ).

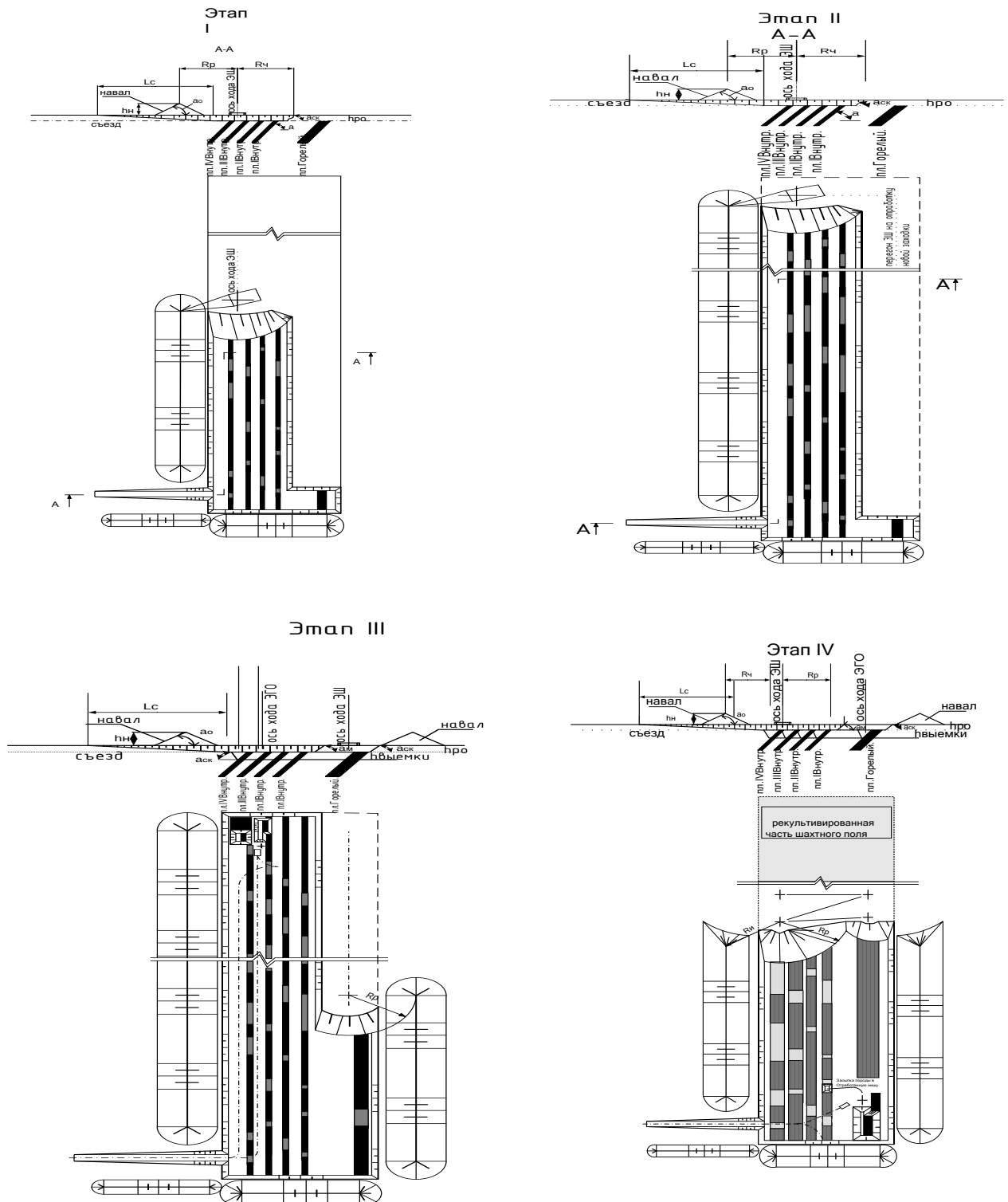


Рис.3.3.4. Схема сплошной отработки шахтного поля на глубину, равную мощности наносов и глубине черпания гидравлического экскаватора.

Порода при этом экскавируется на борт траншеи, граничащей с контурами шахтного поля. Вслед за этим производится выемка оставшихся запасов угля (целиков) гидравлическими экскаваторами на рабочую глубину черпания с погрузкой угля в автосамосвалы, расположенные выше или на уровне стояния экскаватора.

После выемки целиков угля по всей длине траншеи производится ее засыпка породами наносов. На последующем этапе производится проходка смежной траншеи по простиранию шахтного поля с укладкой пород наносов на поверхность внутреннего отвала предыдущей заходки драглайна с последующим извлечением угля из предохранительных целиков и засыпкой отработанных зон породами наносов. В аналогичной последовательности ведется отработка всего верхнего горизонта шахтного поля.

Частичная отработка шахтного поля открытым способом с рассредоточенными угольными пластами представлена схемой (рис. 3.3.5).

Отличительной особенностью данной технологии от предыдущей является проходка траншей драглайном или гидравлическим экскаватором по одному или двум сближенным угольным пластам по их простиранию с укладкой пород наносов по бортам траншеи с последующей выемкой целиков угля. Причем вслед за выемкой угля производится засыпка отработанного пространства породами наносов. Породные междупластья большой мощности не подвергаются воздействию открытых горных работ, то есть осуществляется частичная отработка шахтных полей, где имеются только отдельные участки с включением одиночных или нескольких сближенных угольных пластов.

Основной целью сооружения подготовительного котлована является создание первоначальных условий для бестранспортной отработки породного угольного слоя при поперечном развитии фронта горных работ с минимальными параметрами котлована.

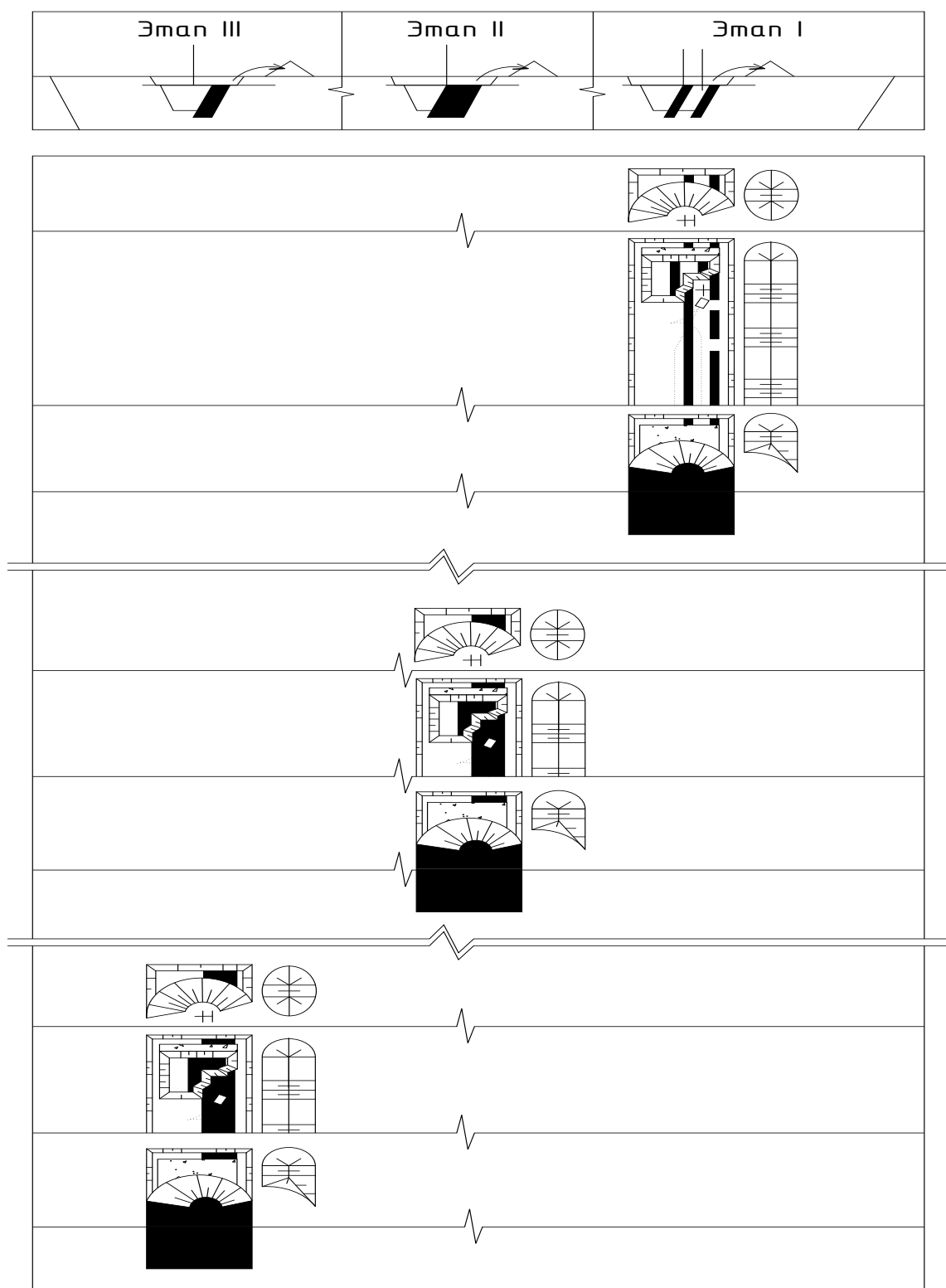


Рис. 3.3.5. Схема частичной отработки шахтных полей с рассредоточенными угольными пластами.

### Обоснование параметров первоначальных выработок

Ширина дна подготовительного котлована определяется из выражения

$$B_{\text{д}}^{\text{к}} = 0,5 \cdot B_{\text{оп}} + R_{\text{к}} + c + Z_0 + H_{\text{юз}} \cdot (\text{ctg} \beta_0 - \text{ctg} \gamma_{\text{п}}) \quad (3.3.7)$$

где  $B_{\text{оп}}$  - ширина опорной плиты шагающего экскаватора, м;  $R_{\text{к}}$  - радиус вращения кузова шагающего экскаватора, м;  $c$  - предохранительный зазор между кузовом экскаватора и бортом котлована, м. ( $c = 1$ );  $Z_0$  - берма безопасности на площадке установки экскаватора, м,  $Z_0 = H_{\text{юз}} \cdot (\text{ctg} \beta_0 - \text{ctg} \gamma_{\text{п}})$ ;  $H_{\text{юз}}$  - высота установки экскаватора в отвальной зоне, м;  $\beta_0$  - угол естественного откоса отвального яруса, град;  $\gamma_{\text{п}}$  - угол погашения борта подготовительного котлована, град.

Ширина подготовительного котлована поверху определяется по выражению

$$B_{\text{к}}^{\text{в}} = H_{\text{к}} \cdot (\text{ctg} \gamma_{\text{р}} + \text{ctg} \gamma_{\text{п}}) + B_{\text{д}} \quad (3.3.8)$$

где  $\gamma_{\text{р}}$  - угол откоса рабочего борта подготовительного котлована, град,

$$\gamma_{\text{р}} = \arctg \frac{h_{\text{у}} \cdot \text{ctg} \beta + (n - 1) \cdot B_{\text{тр}}}{H_{\text{к}}} \quad (3.3.9)$$

где  $h_{\text{у}}$  - высота уступа в отрабатываемом слое, м;  $n$  - количество отрабатываемых уступов в слое;  $\beta$  - угол откоса уступа, град;  $B_{\text{тр}}$  - ширина транспортной бермы, м.

$$B_{\text{тр}} = b_{\text{с}} + b_{\text{тс}} + z \quad (3.3.10)$$

где  $b_{\text{с}}$  - ширина насыпного съезда, м;  $b_{\text{тс}}$  - ширина транспортной полосы при сквозном проезде автосамосвала, м;  $z$  - берма безопасности, м,  $z = h_{\text{у}} \cdot (\text{ctg} \beta_{\text{у}} + \text{ctg} \beta)$ , где  $\beta_{\text{у}}$  - устойчивый угол откоса уступа, град.

При тупиковой схеме движения автосамосвала ширина транспортной бермы уменьшается на величину транспортной полосы при сквозном проезде автосамосвала.

$$B_{\text{тр}}^{\text{туп}} = b_{\text{с}} + z \quad (3.3.11)$$

Ширина рабочей площадки на подуступе

$$\text{Ш}_{\text{рп}}^{\text{пу}} = A + B_{\text{тр}}^{\text{туп}} \quad (3.3.12)$$

Объем подготовительного котлована зависит от ширины шахтного поля вкрест простирания обрабатываемой свиты, радиуса черпания драглайна, высоты его установки в отвальной зоне и определяется по формуле

$$V_{\text{пк}} = 0,5 \cdot (B_{\text{д}}^{\text{к}} + B_{\text{к}}^{\text{в}}) \cdot H_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}}^{\text{ср}} \quad (3.3.13)$$

где  $L_{\text{к}}^{\text{ср}}$  - средняя длина подготовительного котлована.

Объем извлекаемого угля при сооружении подготовительного котлована

$$V_{\text{у}}^{\text{к}} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sin \alpha_i} \cdot H_{\text{к}} \cdot 0,5 \cdot (B_{\text{д}}^{\text{к}} + B_{\text{к}}^{\text{в}}) \cdot (1 - K_{\text{п}}^0) \cdot K_{\text{п}}^{\text{п}} \quad (3.3.14)$$

где  $m_i$  - нормальная мощность  $i$ -го пласта свиты, м;  $\alpha_i$  - угол падения  $i$ -го пласта свиты, град.  $K_{\text{п}}^{\text{п}}$  - коэффициент потерь угля при отработке подземным способом;  $K_{\text{п}}^0$  - коэффициент потерь угля при отработке пластов открытым способом.

Средний коэффициент вскрыши при сооружении подготовительного котлована

$$K_{\text{ср}}^{\text{к}} = \frac{0,5 \cdot (B_{\text{д}}^{\text{к}} + B_{\text{к}}^{\text{в}}) \cdot H_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}}^{\text{ср}}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sin \alpha_i} \cdot H_{\text{к}} \cdot 0,5 \cdot (B_{\text{д}}^{\text{к}} + B_{\text{к}}^{\text{в}}) \cdot (1 - K_{\text{п}}^0) \cdot K_{\text{п}}^{\text{п}}} - \frac{1}{\rho_{\text{у}}} \quad (3.3.15)$$

где  $\rho$  - плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

### Разработка технологических схем ведения горных работ

Исходя из этого сформулированы следующие требования к горному оборудованию: высокая маневренность в зоне ведения горных работ; низкая удельная нагрузка ходовых частей горных машин на горных массив; автономное энергоснабжение горного оборудования; высокая проходимость машин; возможность дистанционного управления; небольшие габаритные параметры; устойчивость при передвижении по поверхности с изменяющимся рельефом.

Вторым по значимости условием для выбора горного и транспортного оборудования является обеспечение экологической безопасности для

Общий вид горных работ на разрезе «Северный Маганак» приведен на рис. 3.3.6.



Рис. 3.3.6. Общий вид горных работ на разрезе «Северный Маганак»

Пересечение фронтом открытых горных работ зон отработанных пластов подземным способом (разрез «Северный Маганак»)

Схема 1 (рис. 3.3.7). Технологические схемы предназначены для проведения подготовительных выработок по наносам с целью обнажения выходов оставшихся пластов для дальнейшего их извлечения с последующей засыпкой выработанного пространства и рекультивацией поверхности. Последовательность работ состоит в следующем. На уборке покрывающих пород может использоваться, как драглайн, так и обратная гидравлическая лопата. Разница состоит в том, что откос забоя у драглайна определяется в пределах значений  $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$  (см. сечение А-А), а у гидравлической лопаты откоса забоя составляет до  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  (см. сечение В-В). И второе отличие состоит в ширине разрабатываемой заходки и глубине черпания по наносам. Количество отрабатываемых полос по простиранию поля зависят от параметров свиты пластов, т.е. фактически определяются поперечным сечением свиты пластов. Первым (I) ходом ЭШ и ЭГО проходят траншею от контуров шахтного поля по бес-

транспортной технологии вдоль простирания пласта или группы пластов по всей длине шахтового участка.

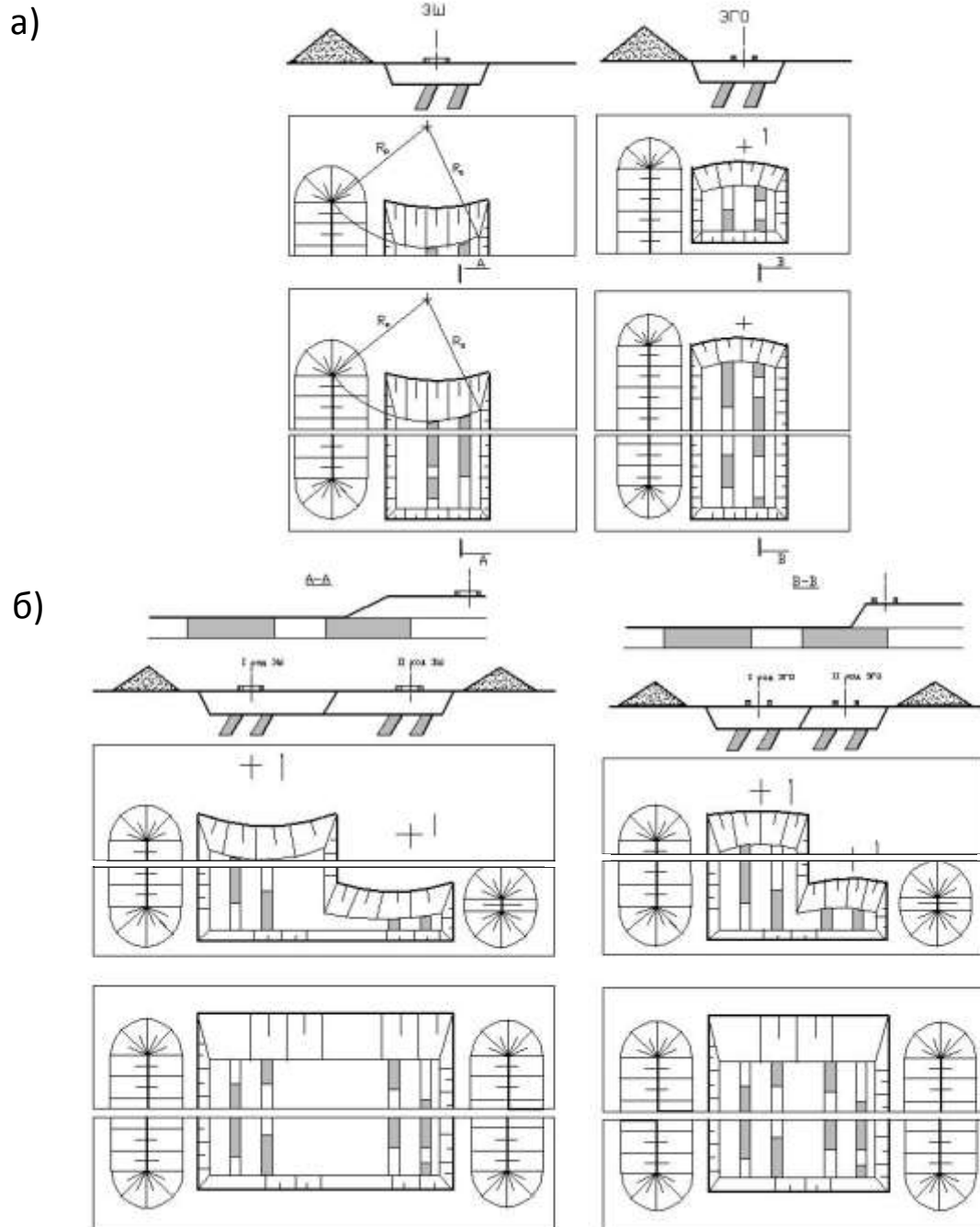


Рис. 3.3.7. Технологические схемы проходки продольной траншеи по нано-сам: а – проходка траншей за один проход драглайном и ЭГО, б – проходка траншей за два прохода драглайном и ЭГО.

Последовательность работ при сооружении подготовительного котлована состоит в следующем (рис.3.3.8). После проходки котлована на глубину, равную мощности наносов, приступают к отработке коренных пород с извлечением угля в котловане. Складирование навала производится вдоль откоса траншеи, как с левой, так и с правой стороны траншеи. Такая ситуация характерна для группы сближенных пластов. Для рассредоточенных пластов число ходов будет зависеть от мощности свиты, так, доходя до противоположного торца отрабатываемого участка, экскаватор может перегоняться к началу предыдущей заходки (ход экскаватора II), либо обратный ход может быть рабочим. Такой способ является более предпочтительным. Затем весь цикл операции повторяется.

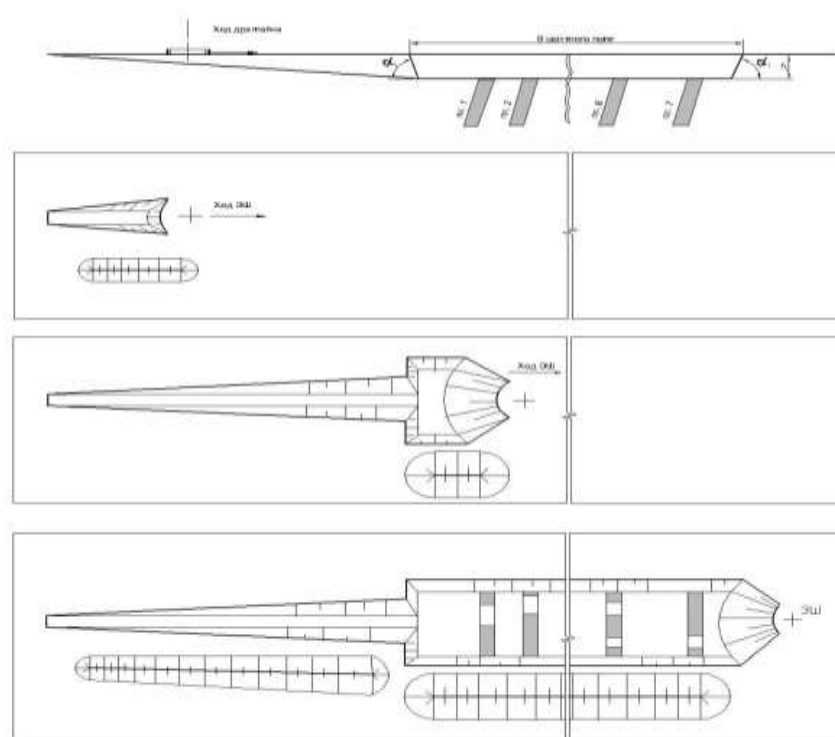


Рис. 3.3.8. Технологическая схема проходки подготовительного поперечного котлована при сплошной отработке шахтного поля: при проходке котлована на глубину равную мощности наносов



Схема 2 (рис. 3.3.9). Отличительной особенностью данной схемы от вышеприведенной является использование драглайна при проходке траншеи по наносам вкрест простирания пластов по всей ширине шахтного поля (участка).

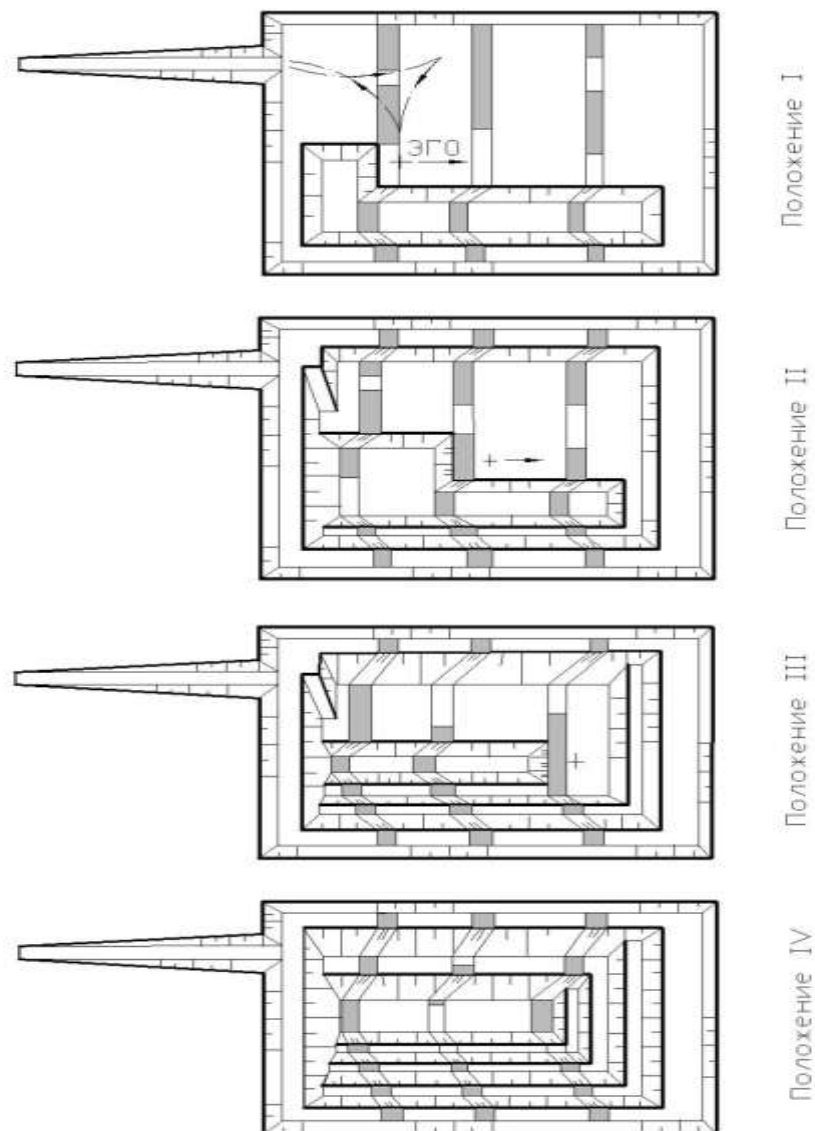


Рис. 3.3.9. Технологическая схема проходки подготовительного поперечного котлована для сплошной отработки шахтного поля: при проходке котлована на глубину, равную мощности наносов, и глубину отработки породугольного массива, возможную по условиям применения бестранспортной технологии (применение обратной гидравлической лопаты).

Вскрышные вмещающие породы и уголь отгружаются обратной гидравлической лопатой на автотранспорт (положение I). Экскаватор перемещается от вскрытого фланга заходки к противоположному вкrest простирания свиты угольных пластов. Породы перевозятся на внешний отвал по траншее, пройденной по наносам, а уголь аналогичным способом доставляется к местам его переработки и складирования. Количество ходов экскаватора вкrest простирания свиты зависят от высоты бестранспортной зоны в данном случае их будет четыре.

После отработки одной заходки на всю ее длину, равную поперечному сечению свиты угольных пластов, происходит углубление горных работ с одновременным повторением цикла горных работ (положения II- III-VI), только вывозка угля и породы производится через насыпной съезд.

Отличительной особенностью технологии сооружения подготовительного котлована с применением драглайна является проходка его сразу на всю глубину (рис.3.3.10). Рабочий ход или ходы драглайна производятся исключительно вдоль пластов, что связано с конструктивными особенностями шагающего драглайна и условиями залеганиями крутых угольных пластов.

Последовательность ведения буровзрывных работ при отработке породугольного слоя по бестранспортной технологии заключается в следующем. Первоначально взрывается породугольная заходка на верхнем подступе, вынимаются угольные пласты экскаватором ЭГО и затем драглайн в режиме скреперования перемещает породу во внутренний отвал. После этого взрывается заходка на нижележащем подступе с таким же режимом выемки угля и экскавацией пород и так далее для нижнего подступа.

При взрывании породугольной заходки верхнего подступа часть взорванной породы остается на рабочей площадке, а часть сбрасывается на транспортной бермы нижележащих подступов.

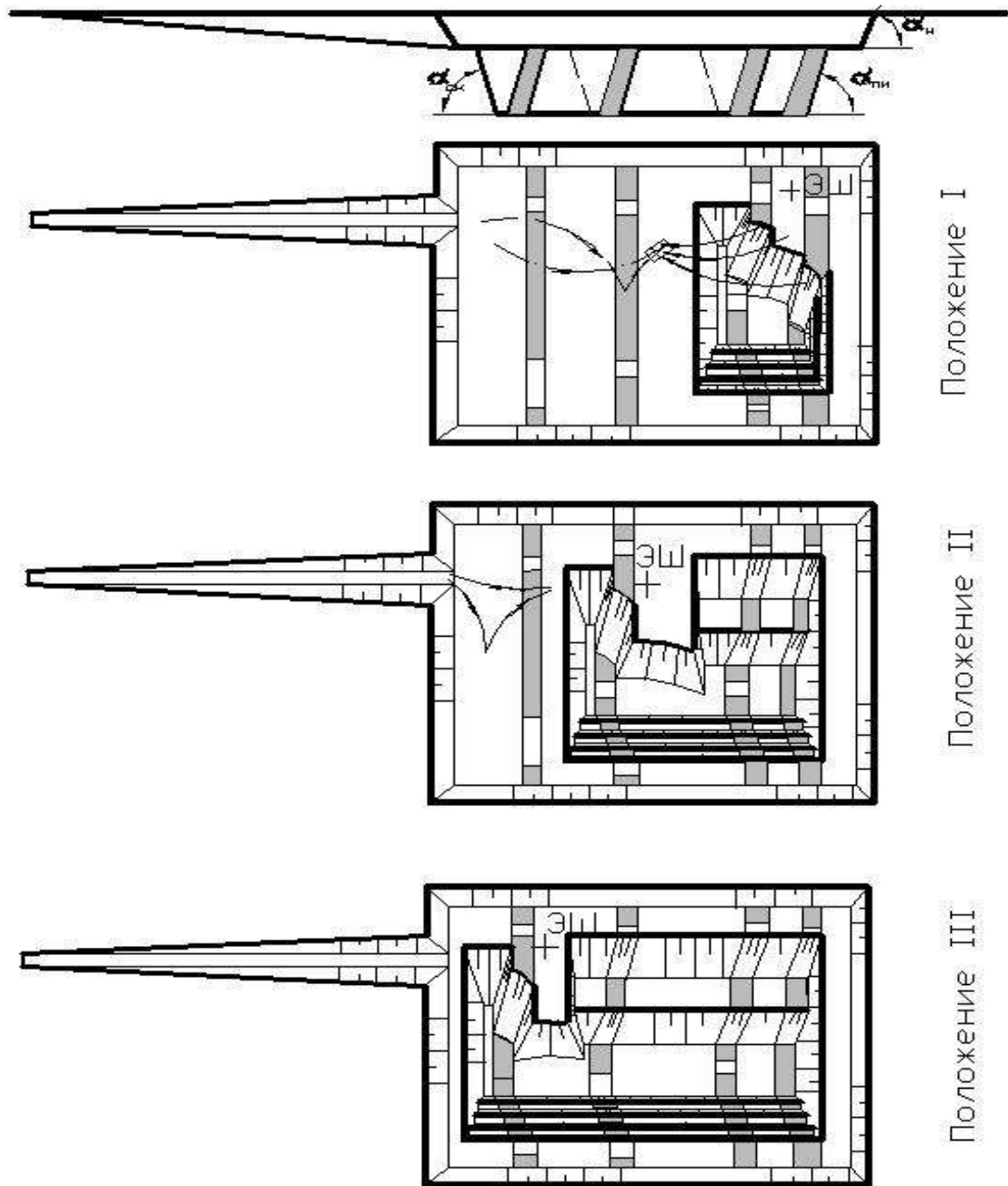


Рис. 3.3.10. Технологическая схема проходки подготовительного поперечного котлована для сплошной отработке шахтного поля: при проходке котлована на глубину, равную мощности наносов, и глубину отработки породугольного массива, возможную по условиям применения бестранспортной технологии (применение драглайна).

Распределение взорванных пород по подступам определяется следующим образом

$$V_{п1} = 0,5 \cdot (\text{Ш}_{рп} + L_{вр}) \cdot h_p \quad (3.3.17)$$

где  $L_{вр} = \text{Ш}_{рп} - h_p \cdot \text{ctg}\beta$ ;  $h_p = 0,8h_{пу}$ , - средняя высота развала в пределах буровзрывной заходки, м.

$$V_{п1} = 0,5 \cdot (\text{Ш}_{рп} + \text{Ш}_{рп} - h_{пу} \cdot 0,8 \cdot \text{ctg}\beta) \cdot h_{пу} = 0,5 \cdot h_{пу} (2 \cdot \quad (3.3.18)$$

$$\text{Ш}_{рп} - 0,8h_{пу} \cdot \text{ctg}\beta) = h_{пу} \cdot (\text{Ш}_{рп} - 0,4 \cdot h_{пу} \cdot \text{ctg}\beta)$$

$$\text{А приведенный к целику } V_{п1} = \frac{h_{пу}}{K_p} \cdot (\text{Ш}_{рп} - 0,4 \cdot h_{пу} \cdot \text{ctg}\beta)$$

#### Технология сооружения насыпных съездов

После уборки угольных пластов обратной гидравлической лопатой остаются породные междупластья, из которых драглайном и бульдозером формируются съезды. Драглайн в режиме скреперования убирает излишки породы с уступа, на котором предполагается размещение съезда (позиция I). Эти излишки породы укладывается в отвальные яруса. Затем после прохода шагающего экскаватора остается породная призма (позиция II), который бульдозер, придает форму съезда (позиция III). Завершив бульдозерные работы, съезд окончательно приобретает свою пространственную форму (позиция IV) и по нему начинается перемещение автотранспорта.

Объем вскрышных пород, необходимый для сооружения насыпного съезда, определяется по выражению

$$V_c = 0,175 \cdot h_{пу}^2 [B_c + h_{пу} \cdot (\text{ctg}\beta_{нс} - \text{ctg}\beta_{ну})] \cdot \left( \frac{1000}{i} + \text{ctg}\beta_p + \frac{2,85}{h_{пу}} \right) \quad (3.3.19)$$

$B_c$  - ширина съезда, м;  $\beta_{нс}$  - угол откоса насыпного съезда, град;  $\beta_{ну}$  - устойчивый угол откоса подступа, град.

На рисунке 3.3.12 приведен пример видов и процесса создания насыпных съездов, расположенных по фронту работ и представлена зависимость объема насыпного съезда от высоты подступа и ширины съезда.

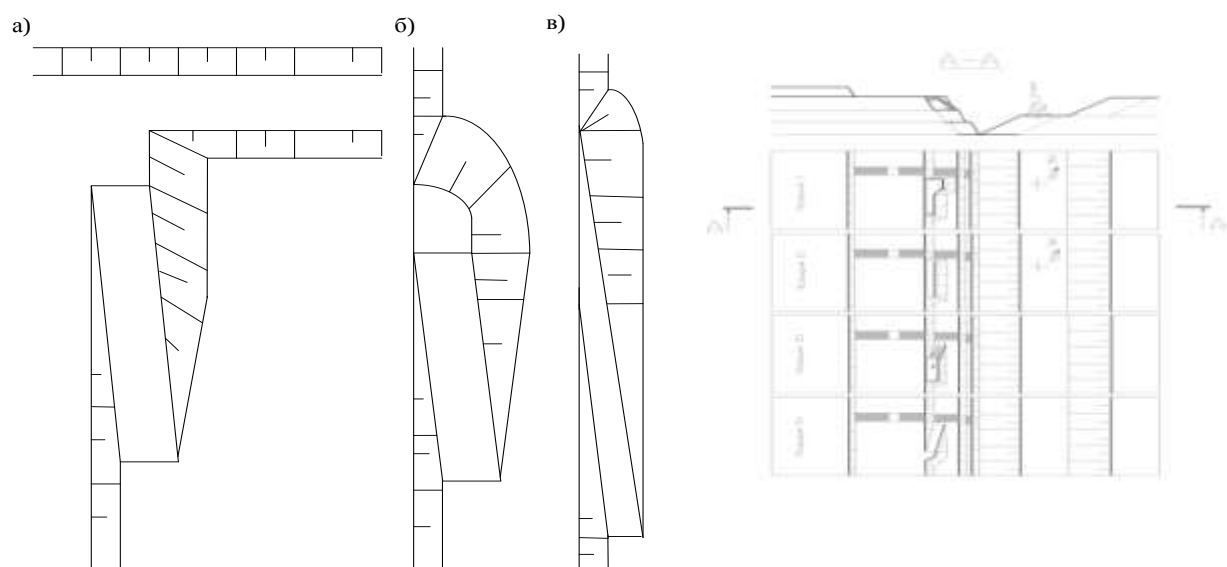


Рис.3.3.11. Виды насыпных съездов расположенных: а) в торце породугольной заходки; б,в) по фронту породугольной заходки

Схема создания насыпных съездов

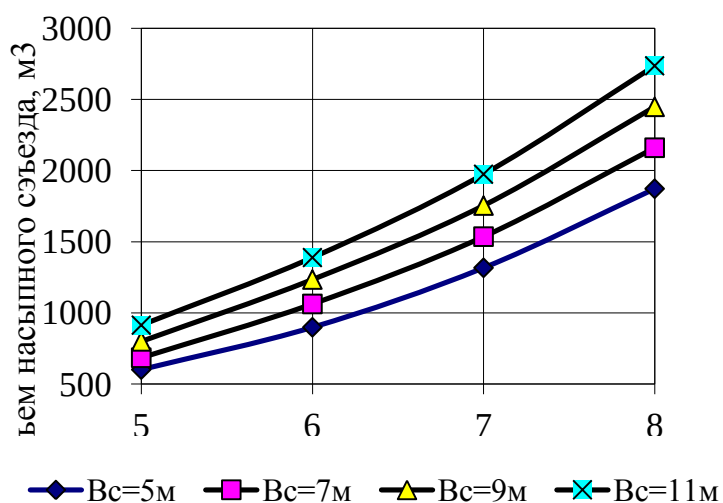


График зависимости объема сооружения насыпного съезда от высоты подступа и ширина съезда



мощность мехлопаты с вывозкой автотранспортом на поверхность коренных пород. Автосамосвал разгружается на поверхности внутреннего отвала из крепких пород перпендикулярно линии бровки откоса отвала образуя серию небольших породных навалов, которые затем перемещаются и сваливаются под откос бульдозером. Рекультивация осуществляется вслед за подвиганием вскрышного и добычного фронтов работ. Более детализировано варианты комбинации и организация производства рассмотрены в п.3.4 и п.3.5.

### **3.4. Экспериментальные исследования процесса перемещения вскрышной породы автотранспортом в навал и дальнейшей перевалкой экскаватором драглайном**

В технико-экономическом анализе для решения научно-производственных задач открытой разработки в частности может использоваться метод экспериментальных исследований, включающий промышленные или полупромышленные изыскания.

Объект и результаты экспериментальных исследований. В части полупромышленных экспериментов объектом обозначена технологическая схема комбинированной транспортно-бестранспортной технологии, а именно при которой часть породы забойной стороны карьерного поля разрабатывается карьерными лопатами с погрузкой в автотранспорт и подвозится к драглайну во временный навал для дальнейшей перевалки в отвал. В целом и как показывает опыт работы разрезов Южного Кузбасса с бестранспортной технологией, навалы вскрышных пород расположены всегда ниже уровня установки драглайна. Тогда и возникает необходимость в промышленном эксперименте, обусловленным тем, что часть навала расположен как ниже, так и выше уровня стояния драглайна и соответственно приходится драглайну формировать призму волочения по траектории сверху вниз по плоскости развала или наоборот.

При проведении наблюдений за работой драглайна ЭШ 13.50 на разрезах группы компаний ЗАО “Стройсервис” выявились следующие специфические условия производства горных работ, которые выражаются в последовательности формирования процесса экскавации породы драглайном в режиме скреперования (навал пород расположен на уровне стояния экскаватора или выше): а) врезка ковша драглайна в навал вскрышных пород; б) протяжка ковша по плоскости навала вскрышных пород; в) завершение процесса протяжки ковша у базы экскаватора.

Опыт разработки вскрышных пород экскаваторами типа “мехлопата” и перемещения в навалы или отвалы автомобильным транспортом известен с момента становления горных работ в Кемеровской области, начиная с конца 40-х годов прошлого столетия, и в целом всесторонне описан в научной и технической литературе. Исходя из этого утверждения, акцент эксперимента смещен в сторону момента, когда порода размещена в навале и ее дальнейшая перевалка осуществляется экскаватором типа драглайн. Последовательность операции черпания драглайна состоит в следующем (рис.3.4.1). Особенность заключается в том, что при разработке выше уровня установки драглайна начало процесса наполнения ковша начинается от верхней точки навала. Это обусловлено тем, что при заносе ковша дальше гребня навала тяговые канаты при протяжке ковша будут тереться об эту бровку, что приведет к их быстрому истиранию. Опустив ковш драглайна в точку врезки, осуществляется врезка. Затем управляя только тяговыми канатами, машинист экскаватора перемещает ковш по поверхности развала к его нижней бровке на длину черпания необходимую для заполнения ковша породой.

Установлено что при серии экспериментальных наблюдений (более 230 наблюдении), что заполнение ковша с шапкой происходит при длине черпания примерно равной 1,5-3 длины ковша драглайна.





Общий вид шагающего экскаватора  
ЭШ13.50 (тип “драглайн”).



Фотофрагмент процесса  
перемещения вскрышной породы в  
автомобильный навал БелАЗом-  
75131.



Рис.3.4.1. Фотосъемка отдельных фрагментов процесса формирования  
породной призмы волочения экскаватором ЭШ13.50.



Рис.3.4.2. Покадровые фрагменты видеосъемки технологического процесса черпания вскрышных пород из автомобильного навала экскаватором типа ЭШ13.50, номер 145 (ЗАО “Стройсервис”).

Затем остановив процесс наполнения, управляя только подъемными канатами, машинист экскаватора отрывает ковш от забоя и перемещает породу в отвал, одновременно совмещая поворот к месту разгрузки и подъем ковша в точку выгрузки.

В момент заполнения ковша драглайна и при его остановке по ходу движения на плоскости развала образуется серия породных натягов, которые необходимо при следующем повторном черпании убирать. На данном этапе выявляется еще одна особенность. Дело в том, что если не убирать породный натяг, то он в дальнейшем “мешает” продвижению ковша вдоль плоскости развала, при следующем черпании убираются именно эти породы.

В нижней части навала у подножия этот натяг скидывается в выработанное пространство во временный навал из которого уже нижним черпанием перемещается в постоянный внутренний бестранспортный отвал. Таким образом, выполняется весь процесс экскавации с одного места стояния драглайна, и затем он перемещается на новое место стояния.

По результатам серии экспериментальных наблюдений установлено (рис.3.4.3), что наполнение ковша с шапкой при его протяжке примерно на 1,5

длины ковша составляет 8-9с, а если длина пути черпания равна 3 длины ковша, то время черпания увеличивается до интервала 19-25с. Главным образом на увеличение продолжительности времени цикла оказывает влияние длина пути черпания.

Специфическим фактором в процессе экскавации в режиме скрепирования является протяжка ковша для его наполнения, причем это наблюдается только при отработке выше уровня установки драглайна.

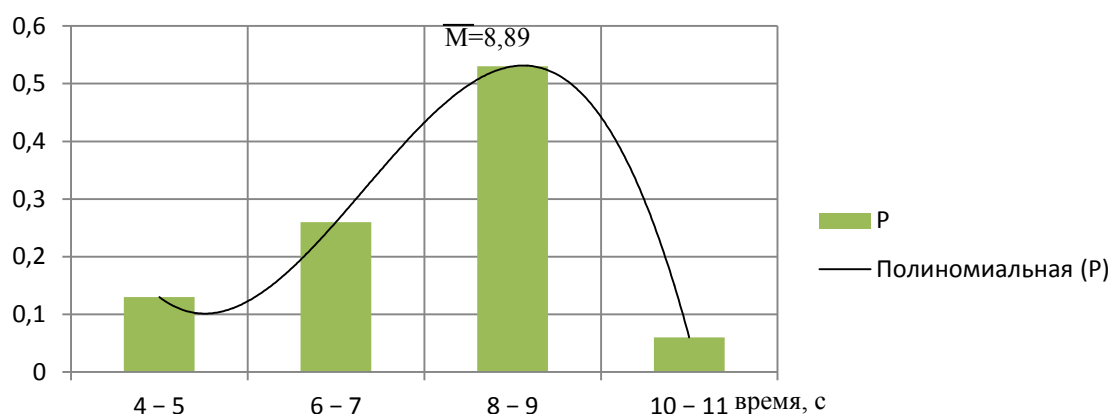
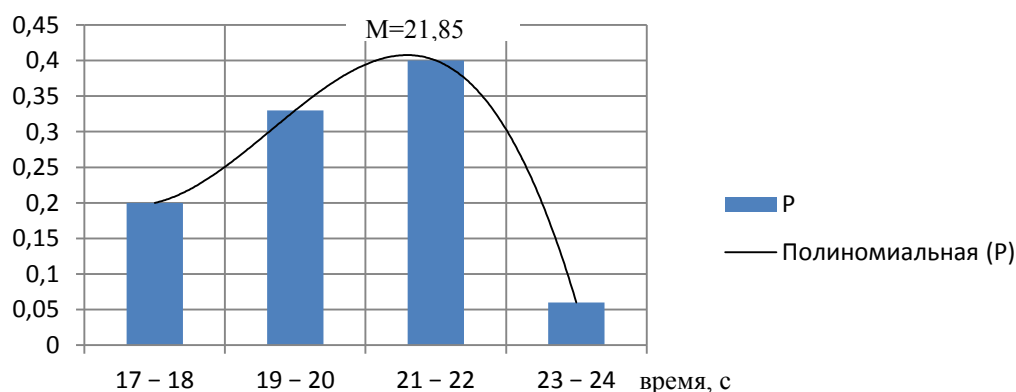


Рис. 3.4.3. Гистограмма математического ожидания времени наполнения ковша ЭШ 13.50 при разработке навала вскрышных пород с наполнением ковша драглайна ЭШ13.50 без его протяжки



Гистограмма математического ожидания времени наполнения ковша ЭШ 13.50 при разработке навала вскрышных пород с наполнением ковша драглайна ЭШ13.50 с протяжкой.

Таким образом, при расчете показателей интенсивности ведения горных работ время цикла (из-за особенностей операций черпания драглайна) учитывается в производительности выемочно-отвального технологического комплекса. При разработке ниже уровня установки драглайна время цикла будет выше в 2,5-3 раза, чем при разработке уступов выше уровня стояния.

### **3.5. Стендовый эксперимент исследования организации производства открытой угледобычи с использованием вариаций транспортной и бестранспортной технологий**

К числу технологических решений, которые повышают отраслевую эффективность, можно отнести складирование вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля, в том числе и с использованием ресурсосберегающей бестранспортной технологии. Как известно из практики открытых горных работ областью ее применения является придонный слой карьерного поля. На кафедре открытых горных работ КузГТУ проведены исследования, в которых, рассмотрено вскрытие уступов бестранспортной зоны, схемы перевалки породы междупластий во внутренний отвал, организация работы выемочного оборудования, дана оценка возможной высоты бестранспортной рабочей зоны при разработке свиты наклонных угольных пластов [126].

Как отмечается в работе [75] особенностью поперечной системы разработки является то, что при отработке уступов заходки имеют сложное строение: по их длине чередуются блоки породы-уголь, количество которых зависит от числа рабочих пластов в свите. По структуре такие заходки можно назвать породоугольные. При отработке таких заходов, попеременно производятся вскрышные и добычные работы одним экскаватором. Необходимость обеспечения селективной выемки пластов с минимальными потерями и засорением угля породой предъявляет высокие требования к

добычным работам. Поэтому добычные работы являются ведущими при выборе параметров бестранспортных и транспортных технологических схем экскавации. С позиции организации производства бестранспортная технология всегда являлась достаточно сложной, а учитывая подвигание фронта работ в крест простирания свиты пластов и наличие транспортной технологии перемещения вскрышных пород, еще больше усложняет пространственное маневрирование в забойной и отвальной сторонах карьерного поля. В этой связи, особенности параметров организации работы экскаваторов при комбинированной транспортно-бестранспортной технологии были учтены на основе аналогового моделирования.

Согласно источнику [82] аналоговое моделирование, когда модель и объект имеют разную физическую природу, но процессы, происходящие в модели, описываются подобными масштабными математическими соотношениями, что и в изучаемом объекте.

Аналоговая модель представляет собой миниатюрное масштабное изображение карьерного поля (рис. 3.5.1) с поперечной сплошной системой разработки и разработкой породугольного массива по комбинированной транспортно-бестранспортной технологией.

Тогда критерием подобия между моделью и фактическими данными будут выступать параметры организации работы горно-транспортного оборудования.

Расчёт организационных процессов базируется на интегральном показателе организации производства горных работ – продолжительности отработки забойной стороны на ширину заходки – Тзб, (смен). Этот показатель суммирует затраты времени на выполнение всего комплекса рабочих процессов в их организационной взаимосвязи.

Расчёт показателя Тзб основан на разделении процесса разработки забойной стороны на этапы, соответствующие полному циклу разработки каждой породугольной заходки.



Обязательным условием для расчёта показателей по моделям является построение в плане и профиле горных работ схема экскавации для разработки забойной стороны, необходимая для измерения объёмов переэкскавации породы в отвал по рабочим ходам экскаватора и установления последовательности выполнения этих ходов.

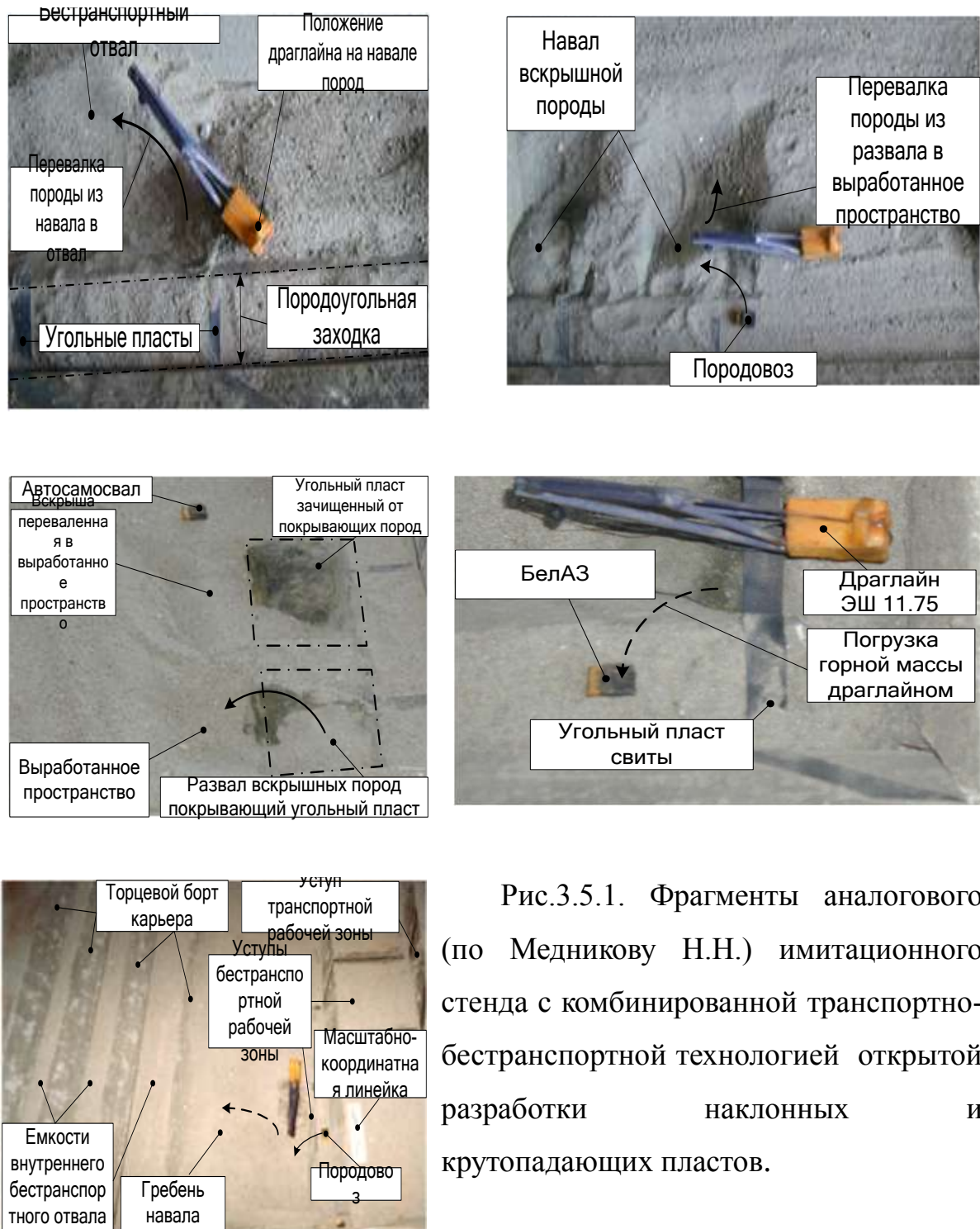


Рис.3.5.1. Фрагменты аналогового (по Медникову Н.Н.) имитационного стенда с комбинированной транспортно-бестранспортной технологией открытой разработки наклонных и крутопадающих пластов.

Структура расчетной модели включает: исходные данные, состоящие из постоянных параметров принятых в расчётах, и геометрических и линейных параметров залежи; линейные параметры породугольных заходок; объёмные параметры породугольных заходок; объёмные параметры и показатели разработки забойной стороны бестранспортной зоны; организационные параметры отработки породугольных заходок и забойной стороны; итоговые годовые технические показатели разработки бестранспортной зоны; экономические показатели разработки бестранспортной зоны.

Расчёт параметров организации работы оборудования, связанных с перевалкой навалов и определением времени переходов экскаваторов, производится совместно графо-аналитическим методом с использованием предварительно построенной по вычисленным линейным параметрам породугольных заходок схемы экскавации в профиле и плане горных работ и стенда с аналоговой моделью для проверки правильности ходов экскаватора. Со схемы экскавации снимаются данные по загрузке экскаватора при перевалке навала (площади сечения элементов забоя и индивидуальные углы поворота экскаватора на разгрузку), а также длина создаваемых рабочих трасс и, в некоторых сложных случаях, направление и расстояние перегонов экскаваторов.

В качестве методической основы при расчёте параметров организации работы оборудования для регистрации исходных данных снимаемых по схеме экскавации и для получения результатов расчёта разработана типовая таблица [126]. После проведения расчётов и заполнения табличного материала получаем итоговые значения результата производства горных работ по отработки забойной стороны  $n$ -ым числом заходок – продолжительность отработки забойной стороны, которые используются при проектировании интервальных рядов динамики (п.3.8).

### **3.6. Проектирование интервальными рядами динамики транспортной и бестранспортной технологий на примере Прокопьевско-Киселевского геолого-промышленного района**

В настоящее время бестранспортная технология применяется только при пологом залегании пластов, а при наклонном и крутом залегании мало реализована [23-26,50,52,56,55,57,77,78,104,177]. В частности на наклонных и крутых залежах при поперечных системах разработки может быть реализована комбинация [96,97] транспортной и бестранспортной технологий.

Особенностью технологии при отработке наклонных и крутопадающих залежей угля является наличие горизонтального основания отвала и боковых плоскостей из ненарушенного горного массива. Причём ширина основания отвала равна ширине дна карьера, а ширина отвала на уровне дневной поверхности соответствует ширине карьера по верху. Таким образом, внутренний отвал формируется в зажатой среде.

В соответствии с особенностями формирования внутреннего отвала комбинированная транспортно-бестранспортная технология должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечение минимальной кратности переэкскавации пород;
- обеспечение устойчивости отвального яруса и внутреннего отвала в целом;
- создание возможности рекультивации внутрикарьерного отвала по мере подвигания фронта работ;
- максимальное использование рабочих параметров экскавирующих средств;
- обеспечение максимальной степени извлечения балансовых запасов угля из свиты;
- транспортная работа по перемещению пород из забоя в отвал не



должна превышать значения работы, совершаемой традиционными транспортными средствами;

- обеспечение безопасных условий работ в рабочей зоне разреза;
- обеспечение минимального сближения забойной и отвальной зоны для сокращения дальности перевалки пород, что обеспечивается формированием угла откоса рабочей зоны близким к углу устойчивого откоса карьера.

Поэтому при разработке новых технологических схем необходимо учитывать поставленную задачу.

Проведенный анализ и обобщение материала публикаций, опыта применения бестранспортной технологии для разработки пологих пластов, горно-геометрического анализа залежей, как в профиле, так и в плане горных работ, позволил систематизировать способы разработки забойной стороны карьерного поля и перемещения породы в отвал (рис.3.6.1).

Способы разработки забойной стороны карьерного поля:

- нисходящими заходками (панелями) последовательно сверху вниз;
- со смещением заходов (панелей) относительно друг друга на ширину рабочей площадки;
- верхняя часть рабочей зоны отрабатывается смещенными заходками, нижняя нисходящими;
- верхняя часть рабочей зоны нисходящие заходки, а нижняя смещенные.

Способ производства вскрышных работ и перемещения породы во внутренний отвал (технологические признаки):

I. транспортный (признак IА - вся вскрыша перевозится автотранспортом или бестранспортный разрабатывается и переваливается в отвал драглайнами (признак Iб);

II. Комбинированный способ:

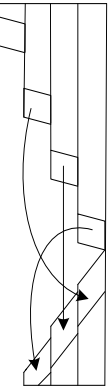
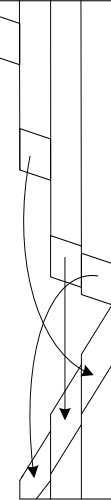
| <b>Способы разработки забойной стороны карьерного поля по транспортной и бестранспортной технологиям</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Нисходящими заходками                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Смещенными заходками                                                                | Верх - смещенные, низ - нисходящие заходки                                         | Верх - нисходящие, низ - смещенные заходки                                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |  |
| <b>Способ производства вскрышных пород и перемещения породы во внутренний отвал</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| I. Транспортный или Бестранспортный (вся вскрыша перевозится автотранспортом или переваливается в отвал драглайнами)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| II. Комбинированный способ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <p>IIа. Часть породы забойной стороны разрабатывается карьерными лопатами и перемещается в отвал транспортными средствами, а оставшаяся часть породы разрабатывается и переваливается в отвал драглайнами</p> <p>IIб. Вся порода забойной стороны карьерного поля разрабатывается карьерными лопатами и отсыпается во временный навал, который затем переваливается драглайном в отвал</p> <p>IIв. Часть породы забойной стороны карьерного поля разрабатывается карьерными лопатами и отсыпается во временный навал, а оставшаяся часть породы разрабатывается и переваливается в отвал вместе с породой временного отвала</p> <p>IIг. Часть породы забойной стороны карьерного разрабатывается карьерными лопатами с погрузкой в автотранспорт и подвозится к драглайну во временный навал для дальнейшей перевалки в отвал</p> <p>IIд. Порода забойной стороны карьерного поля, подлежащая разработке драглайном, частично переваливается им в отвал, а частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал</p> <p>IIе. Порода временного навала, предназначенная для разработки драглайном, частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал</p> |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <b>Способ разработки породугольных заходок (панелей) в транспортной и бестранспортной зонах</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <p>1. вскрышные и добычные работы полностью производятся карьерной лопатой или драглайном; 2. вскрышные работы производятся драглайном, а добычные - карьерной лопатой; 3. вскрышные и добычные работы выполняются карьерной лопатой, но со складированием вскрыши во временный навал для дальнейшей перевалки его в отвал драглайном</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <b>Конструкция внутренних отвалов по технологическим зонам</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| Одноярусные и многоярусные (двух, трех, четырех и пятиярусные)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <b>Способы доставки породы по ярусам внутреннего отвала</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| Последовательная доставка с нижнего яруса на верхний или наоборот и с подготовкой дополнительной емкости в нижнем ярусе                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <b>Способ разработки рыхлых отложений</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |
| <p>а) разработка рыхлых отложений карьерными лопатами с перемещением породы транспортными средствами на отвал</p> <p>б) разработка рыхлых отложений драглайнами с погрузкой в автотранспорт и перевозкой на отвал</p> <p>в) разработка рыхлых отложений драглайном и перевалка породы им в отвал</p> <p>г) разработка рыхлых отложений драглайном с перевалкой их во временный навал на рабочем борту с дальнейшей их многократной переэкскавацией драглайном по мере продвижения фронта работ</p> <p>д) разработка рыхлых отложений способом гидромеханизации</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                   |

Рис. 3.6.1. Систематизация вариантов комбинированной транспортно-бестранспортной технологии

(IIa) часть породы забойной стороны разрабатывается карьерными лопатами и перемещается в отвал транспортными средствами, а оставшаяся часть породы разрабатывается и переваливается в отвал драглайнами;

(IIб) вся порода забойной стороны карьерного поля разрабатывается карьерными лопатами и отсыпается во временный навал, который затем переваливается драглайном в отвал;

(IIв) часть породы забойной стороны карьерного поля разрабатывается карьерными лопатами и отсыпается во временный навал, а оставшаяся часть породы разрабатывается и переваливается в отвал вместе с породой временного отвала;

(IIг) часть породы забойной стороны карьерного разрабатывается карьерными лопатами с погрузкой в автотранспорт и подвозится к драглайну во временный навал для дальнейшей перевалки в отвал;

(IIд) порода забойной стороны карьерного поля, подлежащая разработке драглайном, частично переваливается им в отвал, а частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал;

(IIе) порода временного навала, предназначенная для разработки драглайном, частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал.

Способ разработки породоугольных заходок (панелей):

а) вскрышные и добычные работы полностью производятся карьерной лопатой или драглайном;

б) вскрышные работы производятся драглайном, а добычные - карьерной лопатой;

в) вскрышные и добычные работы выполняются карьерной лопатой, но со складированием вскрыши во временный навал для дальнейшей перевалки его в отвал драглайном.

Конструкция внутренних отвалов по технологическим зонам:

Одноярусные и многоярусные (двух, трех, четырех и пятиярусные);

Способы доставки породы по ярусам внутреннего отвала:

Последовательная доставка с нижнего яруса на верхний или наоборот и с подготовкой дополнительной емкости в нижнем ярусе;

Способ разработки рыхлых отложений:

- а) разработка рыхлых отложений карьерными лопатами с перемещением породы транспортными средствами на отвал;
- б) разработка рыхлых отложений драглайнами с погрузкой в автотранспорт и перевозкой на отвал;
- в) разработка рыхлых отложений драглайном и перевалка породы им в отвал;
- г) разработка рыхлых отложений драглайном с перевалкой их во временный навал на рабочем борту с дальнейшей их многократной переэкскавацией драглайном по мере подвигания фронта работ.

Одной из важнейших задач математической статистики является изучение изменений анализируемых показателей во времени, то есть их динамика [48].

Эта задача решается при помощи анализа рядов динамики (временных рядов). Ряд динамики (или временной ряд) - это числовые значения определенного статистического показателя в последовательные моменты или периоды времени (т.е. расположенные в хронологическом порядке). Числовые значения того или иного статистического показателя, составляющего ряд динамики, называют уровнями ряда и обычно обозначают буквой  $y$  (в нашем случае это показатели интенсификации ведения горных работ при принятых организационно-технических условиях). Первый член ряда  $y$  - называют начальным или базисным уровнем, а последний  $y_n$  - конечным. Моменты или периоды времени, к которым относятся уровни, обозначают через  $t$ .

В качестве методического положения в численных расчетах принято, что за точку отсчета принято дно карьерного поля, затем добавляется число породугольных заходов высотой  $H_{зс}$  (исчисляемых в метрах) которые отрабатывается за промежуток времени  $t$  (смены, месяц, год) начиная от начала

разработки породугольной заходки и до момента укладки породы в отвальную емкость.

Тогда применительно к оценке вариации транспортной и бестранспортной технологий средний уровень интервальных рядов динамики, можно представить как отношение интегрального показателя интенсивности развития рабочей зоны при систематизированных установках вариаций к времени отработки определенного числа породугольной заходки.

Расчёт этих показателей базируется на интегральном показателе организации производства горных работ - продолжительности отработки забойной стороны на ширину заходки. Этот показатель суммирует затраты времени на выполнение всего комплекса рабочих процессов в их организационной взаимосвязи. Расчёт показателя основан на разделении процесса разработки забойной стороны на этапы, соответствующие полному циклу разработки каждой породугольной заходки. Обязательным условием для расчёта показателей по моделям является построение в плане и профиле горных работ схема экскавации для разработки забойной стороны, необходимая для измерения объёмов перемещаемой породы из забоя в отвал по рабочим ходам экскаватора и установления последовательности выполнения этих ходов. Затем на основании вычисленных данных строятся статистические зависимости динамичности ряда. Общую схему численного моделирования можно представить как решение задачи от общего к частному: систематизация технологических вариаций; показатели интенсивности (отношение объема производства за единицу времени); статистические закономерности технологической вариативности. Такая структура расчетной модели включает: исходные данные, состоящие из постоянных параметров принятых в расчётах, и геометрических и линейных параметров залежи; линейные параметры породугольных заходок; объёмные параметры породугольных заходок; объёмные параметры и показатели разработки забойной стороны; организационные параметры отработки породугольных заходок и забойной стороны.

Расчёт параметров организации работы оборудования, связанных с определением времени переходов экскаваторов, производится графо-аналитическим методом с использованием предварительно построенной по вычисленным линейным параметрам породугольных заходов схемы экскавации в профиле и плане горных работ. Со схемы экскавации снимаются данные по загрузке экскаватора при перевалке навала (площади сечения элементов забоя и индивидуальные углы поворота экскаватора на разгрузку), а также длина создаваемых рабочих трасс и, в некоторых сложных случаях, расстояние перегонов экскаваторов. В статистических расчетах комплектование структур ведется на принципах поточности, совмещения основных операций и сокращения числа вспомогательных операций.

Структуры комплексной механизации должны удовлетворять следующим требованиям:

- машины какого-либо звена структуры должны обеспечивать оптимальность протекания всех процессов;
- структуры по возможности необходимо формировать из машин с одним принципом действия;
- производительность машин смежных процессов должна быть одинаковой;
- число звеньев структуры должно быть минимальным;
- структура должна обеспечивать требуемые технические показатели разработки – интенсивность разработки (объемы выемки вскрыши и полезного ископаемого, скорости углубки карьера и подвигания фронта горных работ и др.).

К примеру, если использовать только бестранспортный способ (линия Iб), то не зависимо от конструкции забойной стороны характер интервального ряда вариации будет убывающим с 525 тыс.м<sup>3</sup>/год до 318 тыс.м<sup>3</sup>/год.

На рис.3.6.2 представлены характерные интервальные ряды динамики и информационная база технико-экономической модели для их расчета.

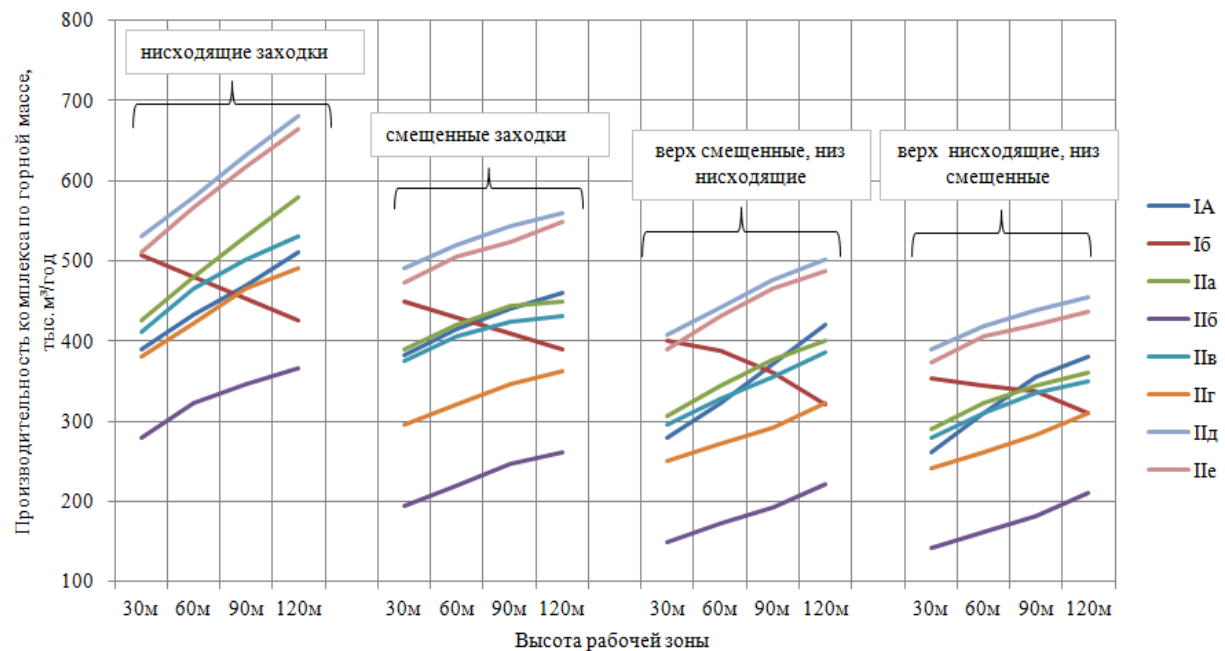
[illegible]

Рис.3.6.2. Расчетная модель и закономерности рядов динамики транспортной и бестранспортной технологий открытой разработки наклонных и крутопадающих угольных залежей при поперечной сплошной системе разработки.

В сочетании со способом, когда порода забойной стороны карьерного поля, подлежащая разработке драглайном, частично переваливается им в отвал, а частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал (линия Пд) ряд динамики возрастающий от 290 тыс.м<sup>3</sup>/год до 690 тыс.м<sup>3</sup>/год. и только на его временное распределение будет влиять конструкция забойной стороны.

Для вновь проектируемых карьеров задача проектирования структуры комплексной механизации при различных вариациях технологий с помощью динамики рядов, будет заключается в комплексном выборе типов основных и вспомогательных машин, в расчете производительности оборудования и числа его единиц. На действующих карьерах такая задача состоит в оптимизации типов и параметров оборудования в увязке их с параметрами оборудования других процессов

### **Выводы**

В сочетании со способом, когда порода забойной стороны карьерного поля, подлежащая разработке драглайном, частично переваливается им в отвал, а частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал (линия Пд) ряд динамики возрастающий от 290 тыс.м<sup>3</sup>/год до 690 тыс.м<sup>3</sup>/год. и только на его временное распределение будет влиять конструкция забойной стороны.

Для вновь проектируемых карьеров задача проектирования структуры комплексной механизации при различных вариациях технологий с помощью динамики рядов, будет заключается в комплексном выборе типов основных и вспомогательных машин, в расчете производительности оборудования и числа его единиц. На действующих карьерах такая задача состоит в оптимизации типов и параметров оборудования в увязке их с параметрами оборудования других процессов

Верхние горизонты шахтных полей,



особенно старых шахт, отработанные подземным способом с большими потерями, порядка 50-60 %, к тому же оставшиеся запасы угля на этих горизонтах шахтных полей со временем начинают самовозгораться, создавая опасную экологическую обстановку для окружающей среды. Всего на шахтных полях Прокопьевско-Киселевского района выявлено 29 участков открытой угледобычи с общим запасом 55 млн.т.

Основным направлением устранения последствий подземной разработки шахтных полей является локализация или полная изоляция влияния подземных выработок на состояние поверхностного слоя шахтных полей, что может быть достигнуто за счёт технологий, обеспечивающих повышение эффективности открытого способа угледобычи, например за счет бестранспортной технологии при поперечном развитии фронта горных работ.

При отработке шахтных полей подземным способом угольные пласты вынимались с применением различных систем разработки, а отдельные пласты вообще не отрабатывались, вследствие этого оставшиеся запасы угля в границах шахтных полей представляют собой совокупность отдельных предохранительных целиков, разделенных выработанным пространством, закладочным материалом или обрушенными горными породами и характеризующаяся линейными и объемными параметрами породугольного массива, с числовыми диапазонами от значений нескольких метров до километров.

Расширение области открытой разработки полей ликвидированных шахт может быть достигнута за счет применения поперечной сплошной системы разработки крутопадающих залежей по транспортной и бестранспортной технологий с рекультивацией нарушенных земель вслед за продвижением фронта горных работ. Для решения этой задачи была выполнена систематизация технологических вариантов разработки забойной стороны карьерного поля и перемещения породы во внутренний отвал по следующим классификационным признакам:

- способ перемещения вскрышных пород во внутренний отвал;

- способ разработки породугольных заходок;
- конструкция внутренних отвалов по технологическим зонам;
- способы доставки породы по ярусам внутреннего отвала;
- способ разработки рыхлых отложений.

Исследованиями установлено, что общей чертой классификационных признаков является перевалка навалов по бестранспортной технологии и черпание породы драглайном с протяжкой ковша или без нее.

Исследованиями проведенными в промышленных условиях на примере одной технологической схемы систематизации, а именно разработка вскрышного забоя карьерной лопатой и перевозкой в автотранспортные навалы с последующей перегрузкой драглайном во внутренний отвал, установлено 2,5-3 кратное отличие времени цикла драглайна при делении навала на верхнюю и нижнюю части относительно уровня стояния.

Технологическая эффективность схем оценивается с учетом зависимости производительности технологического комплекса от высоты рабочей зоны, вычисленных на числовых различиях времени цикла драглайна и организации производства работ в каждой технологической схеме систематизации.

Технико-экономическая модель включающая 104 расчетные формулы основана на числовом диапазоне, включающем данные по породугольному массиву, звеньям технологического комплекса и организации производства. Для практического использования числовые данные модели аппроксимируются интервальными рядами динамики.

## **Глава 4. Модернизированная система и технология открытой разработки с внутренним отвалообразованием при разработке перспективных угольных залежей**

### **4.1. Общие положения**

На разрезах Кузнецкого угольного бассейна наметилась тенденция к применению систем разработки наклонных и крутых залежей с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве.

В свете изложенного, в работе дается обоснование системы разработки с внутренними отвалами, обеспечивающие снижение эксплуатационных затрат, экологической нагрузки на Кемеровскую область и землеемкости открытых горных работ.

В настоящее время мощность отрабатываемой бестранспортной вскрыши на разрезе «Красногорский» с применением драглайна ЭШ 45.85 достигает 55 – 60м. Схема сложная, так как для укладки породы в отвал формируется четыре яруса, для чего экскаватор выполняет пять рабочих ходов по фронту и создаёт две трассы подъёма – спуска при отсыпке третьего и четвёртого ярусов. Большое число ярусов объясняется значительным углом наклона основания отвала ( $12^\circ$ ), что уменьшает горизонтальную ширину отвального слоя по ярусам (ширина отвальной заходки по наклонному основанию  $A=40\text{м}$ , горизонтальная ширина отвального слоя – 32м) и, следовательно, вместимость отвала. При поперечной системе разработки, когда ширина отвальной заходки и ширина отвального слоя по ярусам равны, вместимость отвала при той же его высоте будет значительно больше.

При продольном подвигании, фронта работ вскрышная заходка непрерывна по длине, а при поперечном прерывна. В последнем случае после взрывных работ по междупластью поверхность развала становится ниже отметки верхней рабочей площадки.

Особенностью технологии при поперечном развитии фронта горных работ при отработке залежей угля является наличие горизонтального основания отвала и боковых плоскостей из ненарушенного горного массива. Причём ширина основания отвала равна ширине дна карьера, а ширина отвала на уровне дневной поверхности соответствует ширине карьера поверху. Таким образом, внутренний отвал формируется в зажатой среде. Отсыпка отвала производится ярусами, т.е. отвалообразование ведётся на всех ярусах отвала.

#### **4.2. Блочно-слоевая система разработки с комбинированной транспортно-бестранспортной технологией**

Идея разработки карьерных полей блоками предложена Б.Т. Рутковским в 1961г. Сущность заключается в предварительном разделении карьерного поля на отдельные блоки, разрабатываемые последовательно. При этом отработка первоочередного блока осуществляется по продольной углубочной системе разработки с транспортной технологией и вывозкой всего объема вскрыши на внешние отвалы. Затем последующий блок отрабатывается по той же технологии, что и первый, но вскрыша вывозится в выработанное пространство от первого блока. Этому варианту блочной технологии присущи большинство недостатков традиционной технологии. Вся порода во внутренний отвал размещается с применением транспортной технологии.

На кафедре «Открытые горные работы» КузГТУ с участием автора проводились исследования по модернизации блокового способа отработки карьерных полей и предлагается блочно-слоевая сплошная система разработки, отличающаяся тем, что сооружение карьера первой очереди, отработка блока и горизонтальных слоев в блоке ведется по площадно-слоевой технологии, обеспечивающей выемку всех пластов свиты со стороны висячего бока. Отработка слоев в блоке осуществляется выемочно-

транспортным комплексом, состоящим из выемочных машин нижнего черпания (обратная лопата) и экскаватора прямая лопата в комплексе с автомобильным транспортном. При переходе на внутреннее отвалообразование отработка блока ведется по комбинированной транспортно-бестранспортной технологиям. Порода из отрабатываемого слоя перемещается под откос блока в зону действия экскаватора-драглайна, формирующего яруса внутреннего отвала с отсыпкой породы выше уровня своего стояния, а так же часть вскрышных пород, что не вместила отвальная емкость первого яруса переэкскавируется на вышерасположенный отвальный ярус с помощью драглайна (рис.4.1-4).

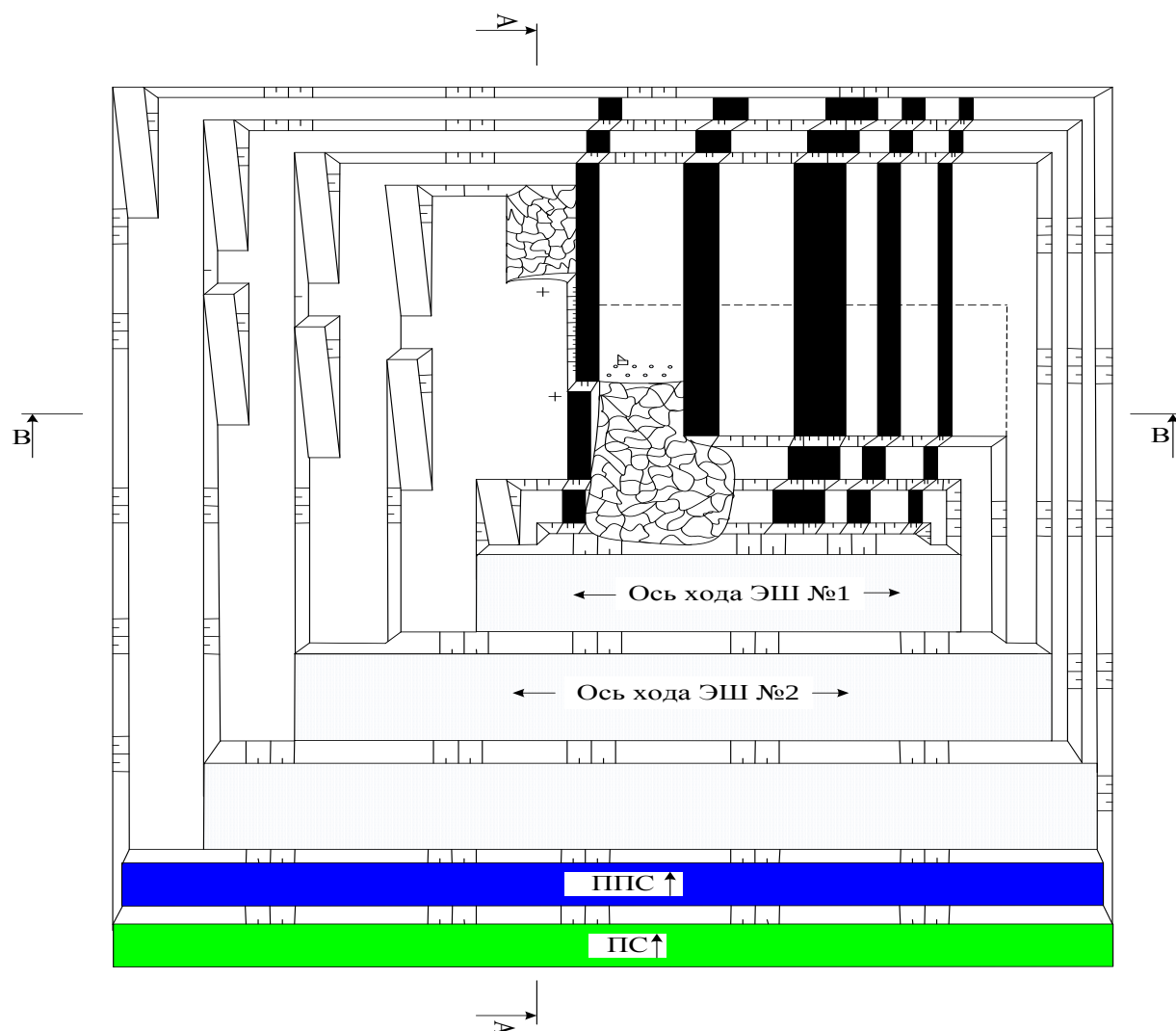


Рис.4.2.1. Схема блочно-слоевой системы разработки с площадно-слоевой комбинированной транспортно-бестранспортной технологией.

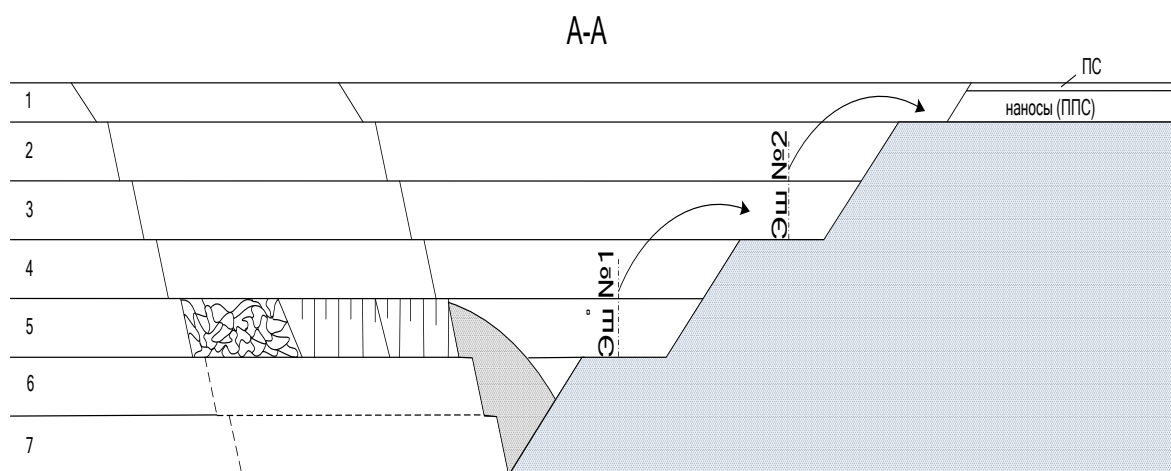


Рис.4.2.2. Продольный профиль рабочей зоны карьера.

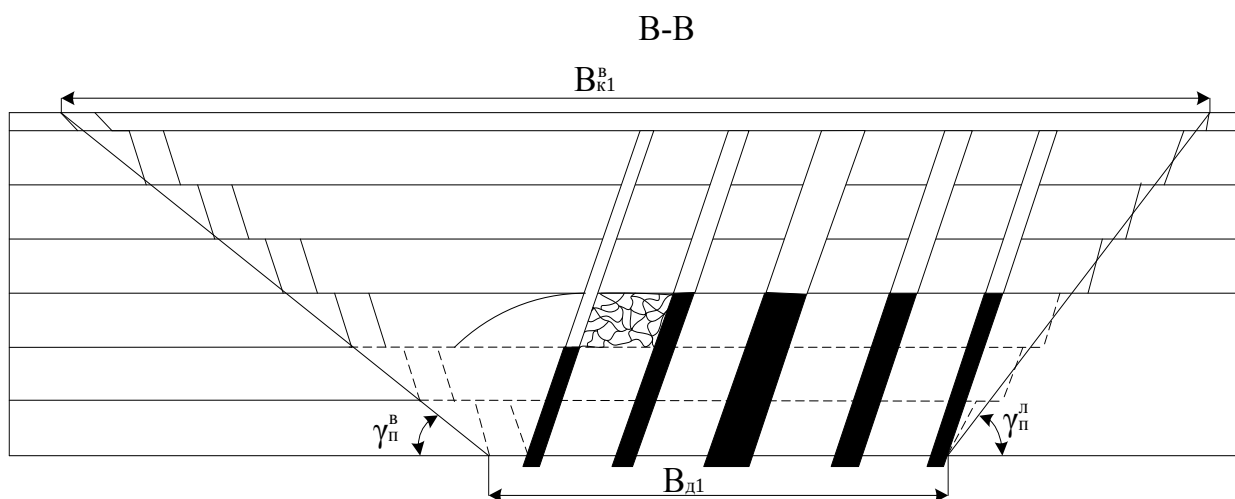


Рис.4.2.3. Поперечный профиль карьерного поля.

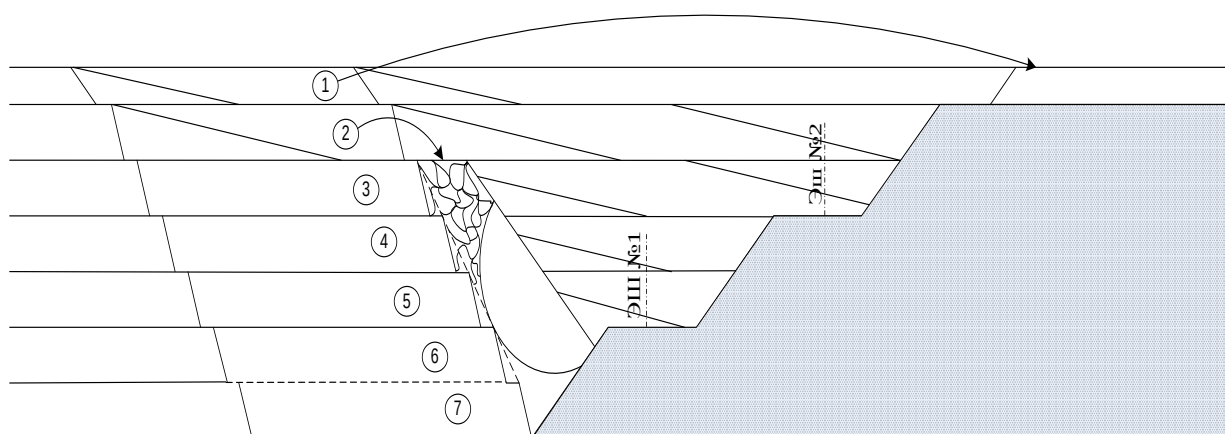


Рис.4.2.4. Схема экскавации вскрыши из слоя во внутренний отвал.

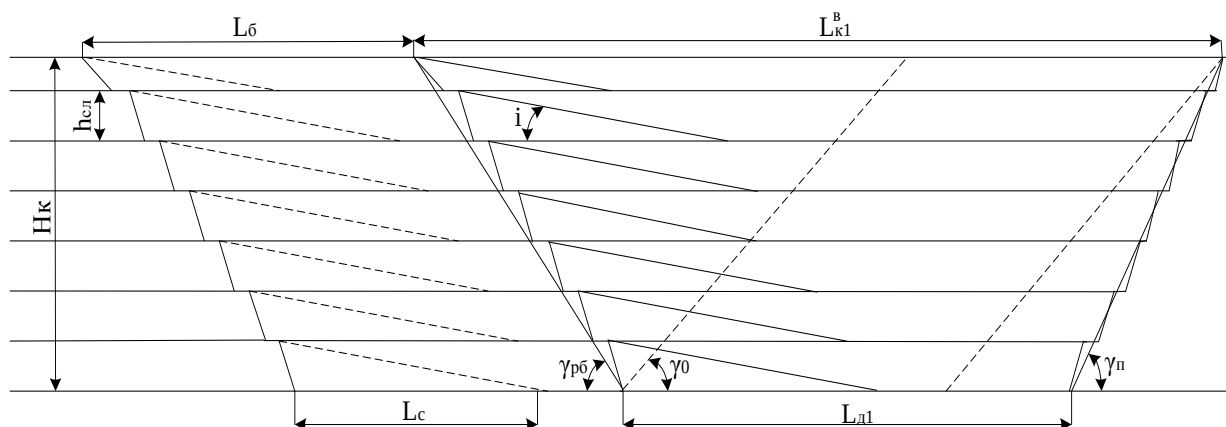


Рис.4.2.5. Схема к расчету параметров карьера первой очереди при блочно-слоевой сплошной системе разработки.

На рис. 4.2.5 принято: ППС – потенциально плодородный слой почвы; ПС- почвенный слой; 1,23...7 – порядковый номера слоев в блоке;  $V_{к1}^п$  – ширина карьера по верху, км.  $V_{д1}$  – ширина дна карьерного поля;  $\gamma_{п}^в$  – угол наклона борта со стороны всячего бока залежи, град.;  $\gamma_{п}^л$  – то же со стороны лежащего бока залежи, град.

Потенциально-плодородный слой пород (глина, суглинки) транспортируются отдельно автотранспортом с укладкой на поверхность внутреннего отвала из коренных пород. После отработки карьерного поля остаточная горная выработка может засыпаться вскрышными породами внешнего отвала образованного при сооружении карьера первой очереди с последующим нанесением потенциально-плодородного слоя пород и плодородного слоя.

Основными элементами блочно-слоевой сплошной системы разработки являются: карьер первой очереди, блоки карьерного поля по простиранию залежи, горизонтальные слои в пределах блоков, внутренний отвал, внешний отвал, вскрывающие выработки. Параметры карьера первой очереди определяются во взаимосвязи с параметрами выемочных блоков (рис.4.2.5,4.2.6).

$$L_{д1} = L_6 - 0,5 \cdot H_k (ctg\gamma_0 - ctg\gamma_{п}) \quad (4.2.1)$$

$$= \frac{1000 \cdot h_c \cdot K_{рТ}}{i} - 0,5 \cdot H_k \cdot (ctg\gamma_0 - ctg\gamma_{п})$$

где  $L_6$  - длина блока выемки, м;  $H_k$  - проектная глубина карьера, м;  $\gamma_0$  - генеральный угол откоса отвала, град;  $\gamma_{п}$  - угол погашения борта карьера, град;  $h_c$  - мощность слоя, м;  $K_{рТ}$  - коэффициент развития трассы, ( $K_{рТ} = 1,3$ );  $i$  - уклон трассы, ‰.

Длина съезда

$$L_c = \frac{1000 \cdot h_c}{i} \quad (4.2.2)$$

Длина карьера первой очереди по верху  $L_{к1}^B$ :

$$L_{к1}^B = L_{д1} + H_k \cdot (ctg\gamma_{л} - ctg\gamma_{рб}) \quad (4.2.3)$$

Ширина карьера первой очереди по дну

$$B_{к1}^B = \frac{M_{св}}{\sin\alpha_{св}} (max) \quad (4.2.4)$$

Ширина карьера первой очереди поверху (рис.4.2.3).

$$B_{к1}^B = B_{д1} + H_k \cdot (ctg\gamma_{л}^B - ctg\gamma_{л}^Л) \quad (4.2.5)$$

где  $\gamma_{л}^B$  - угол погашения борта с висячей стороны свиты, град;  $\gamma_{л}^Л$  - угол погашения борта с лежачей стороны свиты.

Длина выемочного блока определяется высотой горизонтального слоя по коренным породам ( $h_c$ ) и углом подъема трассы ( $i$ )

$$L_6 = \frac{1000 \cdot h_c \cdot K_{рТ}}{i} \quad (4.2.6)$$

Применение поперечных систем разработки в условиях Кузбасса имеет свои специфические особенности, к которым относится, наличие свит угольных пластов сложного залегания с крепкими вмещающими породами, требующими буровзрывной подготовки для их выемки.

Принимая во внимание, что длина фронта работ на уступах значительно меньше, чем при традиционной продольной системе разработки, возникает проблема обеспечения безопасности и организации горных работ в



ограниченном пространстве рабочей зоны разреза. В этих условиях применение бестранспортной технологии при отработке нижнего горизонта карьерного поля становится затруднительной (рис.4.2.6).

По данным входящим в формулы (4.2.1)-(4.2.7) построена номограмма (рис.4.2.6), позволяющая определять взаимозависимости параметров залежи (угол залегания, угленосность, мощность свиты), блоков (глубины разработки, длины блоков) и производственной мощности разреза по добыче полезного ископаемого.

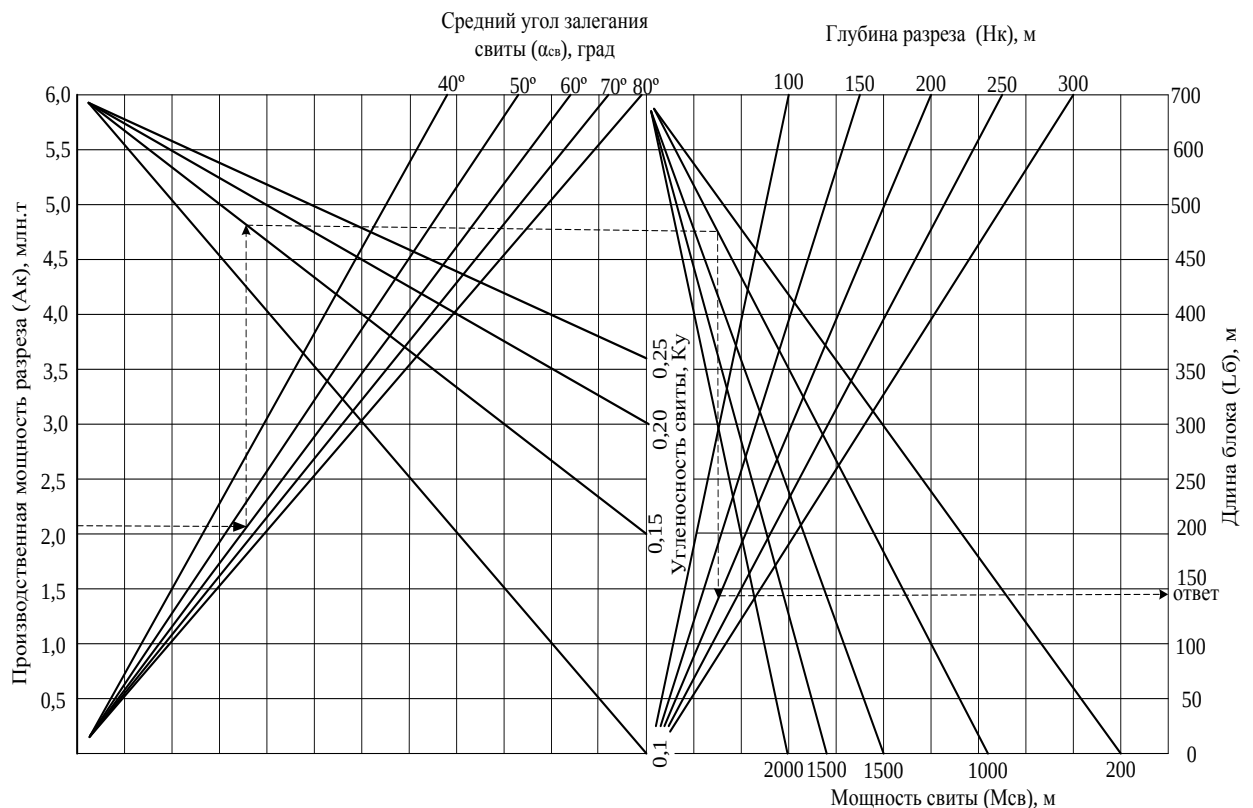


Рис.4.2.6. График взаимозависимостей параметров блока и карьера.

Для осуществления такой возможности необходимо выполнять условие

$$B_{д1} = L_p^{бвр} + 2Ш_{пу} + L_{вб} + 2B_T = 2(L_p^{бвр} + Ш_{пу} + B_T) + L_{вб}, \quad (4.2.7)$$

где  $B_{д1}$  - длина фронта работ на нижнем горизонте, м;  $L_p^{бвр}$  - безопасное расстояние по условиям ведения БВР, м;  $Ш_{пу}$  - ширина площадки для размещения шагающего экскаватора, м;  $B_T$  - ширина транспортной бермы, м;  $L_{вб}$  - длина взрываемого блока, м.

Длина фронта горных работ на нижнем горизонте зависит от мощности разрабатываемой свиты угольных пластов, граничного коэффициента вскрыши, угленосности свиты, балансовых запасов по пластам, количества пластов принятых к отработке с формированием единичного общего горизонта.

При отработке свиты пластов сложного строения и залегания длина фронта работ на нижнем горизонте по этому критерию становится равной

$$L_{\text{фр}}^{\text{н}} = \frac{M_{\text{св}}}{\sin \alpha}, \quad (4.2.8)$$

где  $M_{\text{св}}$  - мощность отрабатываемой свиты угольных пластов, м;  $\alpha$  – угол падения пластов свиты, град.

При отработке части свиты длина фронта работ на нижнем горизонте уменьшается. Таким образом, возможность бестранспортной технологии исключается при  $L_{\text{фр}}^{\text{н}} \leq (2L_{\text{р}}^{\text{бвр}} + 2Ш_{\text{пу}} + L_{\text{вб}} + 2B_{\text{т}})$ . Так при использовании драглайна ЭШ 11.75. минимальная длина фронта работ на нижнем горизонте составит 620м. Мощность угленосной свиты наклонных и крутых залежей на месторождениях Кузбасса колеблется в пределах 200-2000м., что обеспечивает возможность применения бестранспортной технологии на нижних горизонтах разреза.

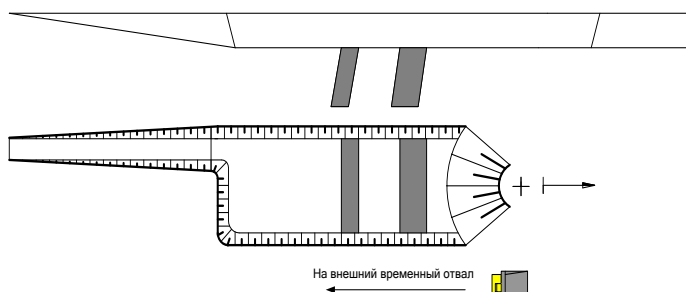
#### Технология сооружения карьера первой очереди

Одним из важнейших элементов поперечной системы разработки является карьер первый очереди, создающий условия для внутреннего отвалообразования.

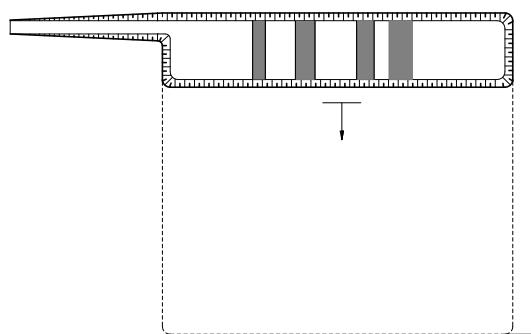
Карьер первой очереди сооружается по площадно-слоевой транспортной технологии, заключающейся в последовательной отработке поля в граничных контурах карьера первой очереди горизонтальными слоями. Отработка слоев карьера первой очереди осуществляется выемочными машинами нижнего черпания (обратная лопата) в комплексе в автомобильным транспортом .

Вскрытие карьера первой очереди осуществляется на глубину, равную мощности наносов (рис. 4.2.7).

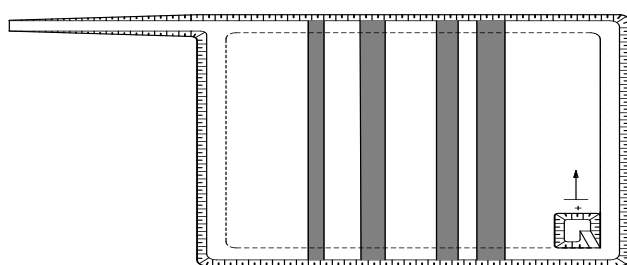
Технологическая схема уборки наносов  
(положение 1)



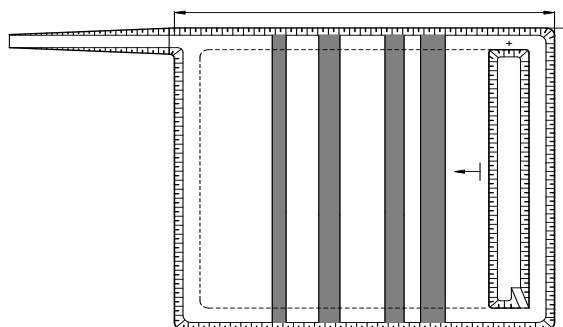
Технологическая схема уборки  
наносов (положение 2)



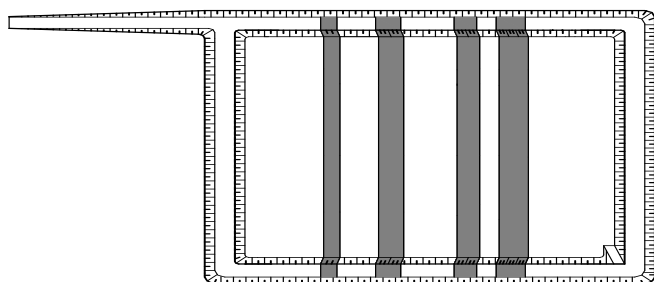
Технологическая схема уборки наносов  
(положение 3) и начало вскрытия слоя  
коренных пород скользящим съездом в  
безугольной зоне (положение I)



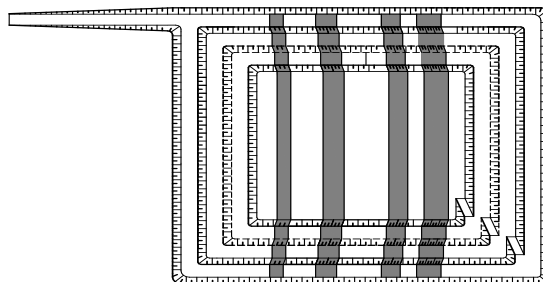
Технологическая схема вскрытия  
слоя коренных пород скользящим  
съездом в безугольной зоне  
(положение II)



Технологическая схема вскрытия слоя  
коренных пород скользящим съездом в  
безугольной зоне (положение III)



Технологическая схема  
положения карьера первой  
очереди на момент окончания его  
строительства





- - - - - ➡ - направление движения породовозов  
- - - - - ➤ - направление движения углевозов

Плодородный и потенциально плодородный слои пород (наносов) раздельно складываются на борту карьера первой очереди. Далее приступают к отработке коренных пород с извлечением угля в карьере первой очереди. Вскрытие уступов осуществляется скользящими съездами в безугольной зоне.

Достоинства технологической схемы заключаются в том, что отсутствуют эксплуатационные потери полезного ископаемого, так как съезды не пересекают пласты, не создавая дополнительных потерь.

Также при использовании данного метода вскрытия отсутствуют дополнительные нарушения земной поверхности, так как скользящие съезды закладываются с учетом того, что рабочий фронт подходит со стороны висячего бока свиты пластов.

Отработка начинается с верхнего горизонта одним (общим) горизонтальным слоем несколькими экскаваторными участками по поверхности слоя. Вскрышные вмещающие породы и уголь отгружаются обратной гидравлической лопатой в автотранспорт.

Экскаватор перемещается от вскрытого фланга заходки к противоположному вкrest простирания свиты угольных пластов. Пустая порода перевозится на внешний временный отвал, формируемый на борту выработки, по траншеи, пройденной по наносам, а уголь аналогичным способом доставляется к местам его переработки и складирования. После отработки одной заходки на всю ее длину, равную поперечному сечению свиты угольных пластов, происходит углубление горных работ с одновременным повторением цикла горных работ. Таким образом, ведутся работы до конечной глубины карьера.

После завершения сооружения карьера первой очереди производится отработка оставшейся части карьерного поля блоками по поперечной сплошной системе разработки. Вслед за подвиганием фронта горных работ осуществляется рекультивация.

Технология рекультивации осуществляется в следующей последовательности. Потенциально-плодородный слой отсыпается вслед за подвиганием отвального фронта работ на поверхность коренных пород в отвальном ярусе, а почвенный слой укладывается поверх него и их доборка осуществляется в следующем порядке.

Бульдозер перемещает поверхностный слой в навал тем самым, образуя его по фронту работ, который затем разрабатывает колесный погрузчик на автотранспорт с перевозкой на поверхность внутреннего отвала (на рисунке показано стрелкой). При этом потенциально-плодородной слой разрабатывается на всю его мощность мехлопатой с вывозкой автотранспортом на поверхность коренных пород. Складирование на поверхность вышеуказанных слоев производится аналогично и в следующей последовательности. Автосамосвал разгружается перпендикулярно линии бровки откоса отвала образуя серию небольших породных навалов, которые затем перемещаются и сваливаются под откос бульдозером.

Рекультивация осуществляется вслед за подвиганием вскрышного и добычного фронта работ. После отработки карьерного поля остаточная горная выработка засыпается породами внешнего отвала, образуемого при сооружении карьера первой очереди с последующим нанесением потенциально-плодородного слоя пород и плодородного слоя.

Основными элементами блочно-слоевой сплошной системы разработки являются: карьер первой очереди; блоки карьерного поля по простираанию залежи; горизонтальные слои в пределах блоков, внутренний отвал; внешний временный отвал; вскрывающие выработки.

Параметры карьера первой очереди определяются во взаимосвязи с параметрами выемочных блоков (рис.4.2.8, 4.2.9).

Длина выемочного блока определяется высотой горизонтального слоя по коренным породам ( $h_c$ ) и углом подъема трассы ( $i$ )

$$L_6 = \frac{1000 \cdot h_c \cdot K_{\text{пр}}}{i} \quad (4.2.9)$$

Длина дна карьера первой очереди ( $L_{\text{ди}}$ ):

$$\begin{aligned} L_{\text{ди}} &= L_6 - 0,5 \cdot H_k \cdot (\text{ctg} \gamma_{\text{п}} - \text{ctg} \gamma_{\text{п}}) \\ &= \frac{1000 \cdot h_c \cdot K_{\text{пр}}}{i} - 0,5 \cdot H_k \cdot (\text{ctg} \gamma_0 - \text{ctg} \gamma_{\text{п}}) \end{aligned} \quad (4.2.10)$$

где  $L_6$  - длина блока выемки, м;  $H_K$  - проектная глубина карьера, м;  $\gamma_0$  - генеральный угол откоса отвала, град;  $\gamma_n$  - угол погашения борта карьера, град;  $h_c$  - мощность слоя, м;  $K_{рТ}$  - коэффициент развития трассы, ( $K_{рТ} = 1,3$ );  $i$  - уклон трассы, ‰.

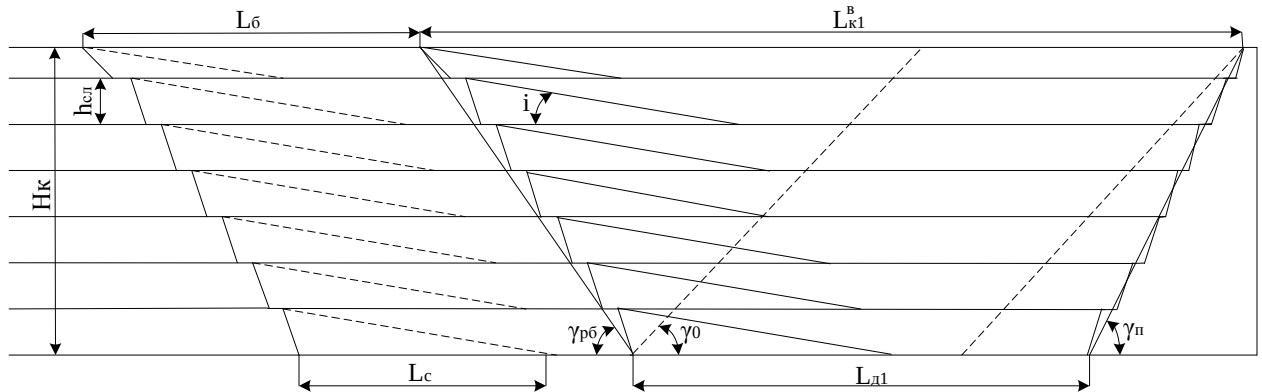


Рис. 4.2.8. Схема к расчету параметров карьера первой очереди при блочно-слоевой сплошной системе разработки.

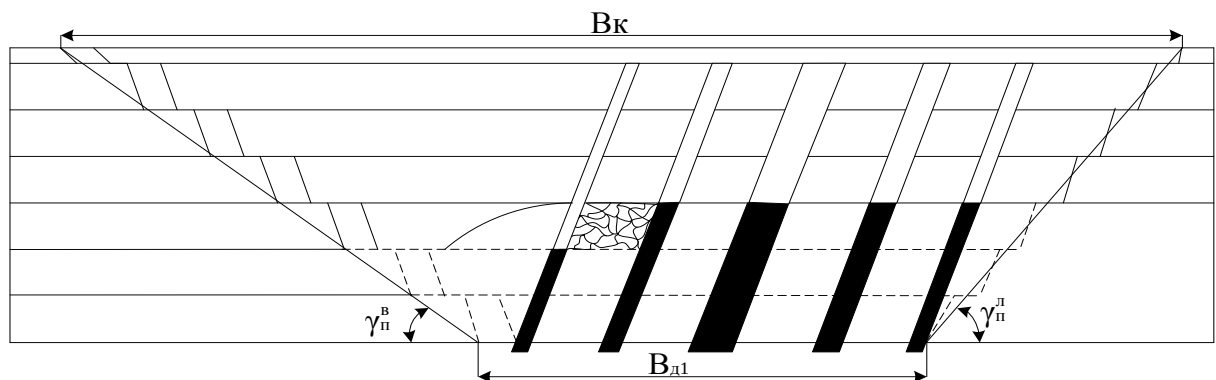


Рис.4.2.9. Поперечный профиль карьерного поля.

На примере «Бачатского» угольного разреза (считая поле нетронутым) были рассчитаны основные параметры карьерного поля для поперечной и продольной систем разработок. При одинаковых коэффициентах вскрыши глубина карьера при поперечной системе разработке больше, чем при продольной, а ширина карьера по верху, наоборот, меньше. На основании этого делаем вывод, что, используя блочно-слоевую сплошную поперечную систему разработки, запасов полезного ископаемого будет извлечено больше, а площадь нарушений земной поверхности меньше, чем при использовании

углубочной продольной двухбортной системы разработки.

#### 4.3. Установление технической границы бестранспортной технологии

Для целенаправленного выбора вариантов ведения горных работ и вскрышного оборудования предлагается использовать жёсткую взаимосвязь между объёмом вскрышной породы забойной зоны и вместимостью внутреннего отвала, т.е. вместимость внутреннего бестранспортного отвала равна произведению объема вскрышных пород забойной стороны карьерного поля и коэффициента разрыхления.

Расчёт объёмов вскрышных пород в забойной зоне и вместимости внутреннего отвала для бестранспортной технологии при поперечном развитии фронта работ имеет свои особенности.

Так как забойная зона представляет породугольную горную массу (рис.4.3.1), то при расчёте объёма горной массы, переваливаемой во внутренний отвал необходимо из общего объёма горной массы забойной зоны вычесть объём угля.

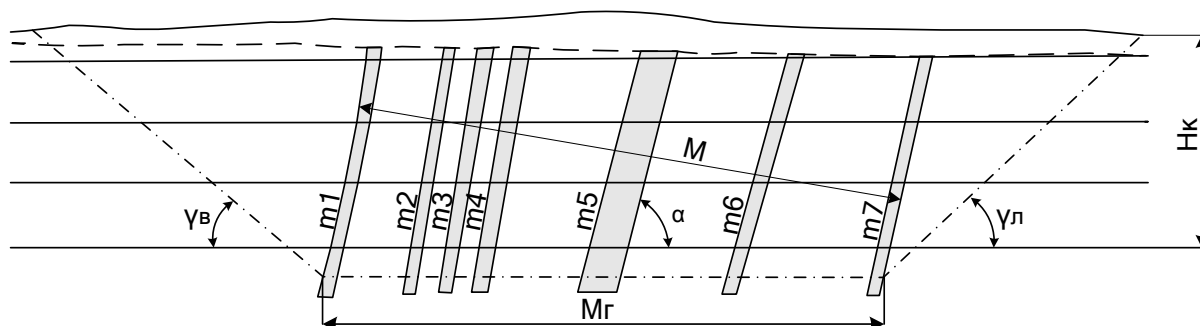


Рис.4.3.1. Поперечное сечение забойной стороны угольного разреза:  $m1-m7$  – нормальная мощность угольных пластов;  $M$  – нормальная мощность свиты;  $M_g$  – горизонтальная мощность свиты;  $\alpha$  – средний угол падения залежи;  $\gamma_v, \gamma_l$  – соответственно углы откоса бортов со стороны висячего и лежащих боков залежи.



Объём потерь угля при ведении добычных работ следует отнести к объёмам вскрыши, переваливаемым во внутренний отвал.

Как пример, на рис. 4.3.1 показана предполагаемая разработка свиты из семи угольных пластов. Свита характеризуется параметрами: нормальная мощность свиты  $M$ , горизонтальная мощность свиты  $M_{\Gamma}$ ; средний угол падения залежи, град, нормальная мощность пластов  $m_1 \dots m_7$ .

При этом, угленосность свиты определяется отношением суммарных нормальных мощностей свиты к нормальной мощности свиты.

При поперечном развитии фронта работ ширина дна карьерного поля и длина внутреннего отвала по дну карьера равны горизонтальной мощности свиты [126]. При исследовании и проектировании бестранспортной технологии, задачи определения объёмов вскрышных пород во вскрышной или отвальной зонах с достаточной степенью точности решаются как плоские – на один метр фронта работ или на ширину выемочной заходки. В данной работе определение объёмов горной массы принимается на один метр залежи по её простиранию.

В этом случае объём вскрышных пород и угля в забойной зоне ( $V$ ) равен,  $\text{м}^3$

$$V = H_{\kappa} \cdot [M_{\Gamma} + 0,5 \cdot (ctg\gamma_{\text{в}} + ctg\gamma_{\text{л}})] \quad (4.3.1)$$

где  $H_{\kappa}$  - высота забойной зоны (карьерного поля), м;  $\gamma_{\text{в}}$  и  $\gamma_{\text{л}}$  - соответственно, углы наклона бортов карьера со стороны висячего и лежащего боков залежи, градусов.

Объём угля ( $V_y$ ) в забойной зоне,  $\text{м}^3$ , равен:

$$V_y = H_{\kappa} \cdot M_{\Gamma} \cdot K_y \quad (4.3.2)$$

Объём горной массы, с учётом потерянного угля, переваливаемый во внутренний отвал, равен:

$$V_{\text{в}} = V - V_y \cdot (1 - K_{\text{п}}) \quad (4.3.3)$$

где коэффициент  $K_{\text{п}}$  - потерь угля.

В развёрнутом виде объём горной массы, размещаемой в отвале

равен, м<sup>3</sup>

$$V_B = H_K \cdot \{M_{\Gamma} \cdot [(1 - K_{\Pi})] + 0,5 \cdot (ctg\gamma_B + ctg\gamma_L)\} \quad (4.3.4)$$

Отсыпка внутреннего бестранспортного отвала при сплошной поперечной системе разработки также имеет свои особенности. Основание отвала представляет собой горизонтальную плоскость, что обеспечивает ему хорошую устойчивость. Анализ горно-геологических условий залежей наклонного и крутого падения показал относительно небольшую протяжённость внутреннего отвала по дну карьера – в пределах 100-900м [125]. Отвал формируется в выработанном пространстве, ограниченном на флангах бортами карьера, что при коротком отвальном фронте способствует повышению его устойчивости (рис.4.3.2а).

$$H_K = \frac{\sqrt{(M_{\Gamma} \cdot K_p \cdot T)^2 + 4 \cdot R \cdot K_p \cdot (H_o \cdot M_{\Gamma} + H_o^2 \cdot R)} - M_{\Gamma} \cdot K_p \cdot T}{2 \cdot R \cdot K_p} \quad (4.3.7)$$

Используя уравнение (4.3.6) исследованы зависимости высоты внутреннего отвала от влияющих факторов: горизонтальной мощности свиты, её угленосности и высоты забойной зоны (рис.4.3.3а, б, в).

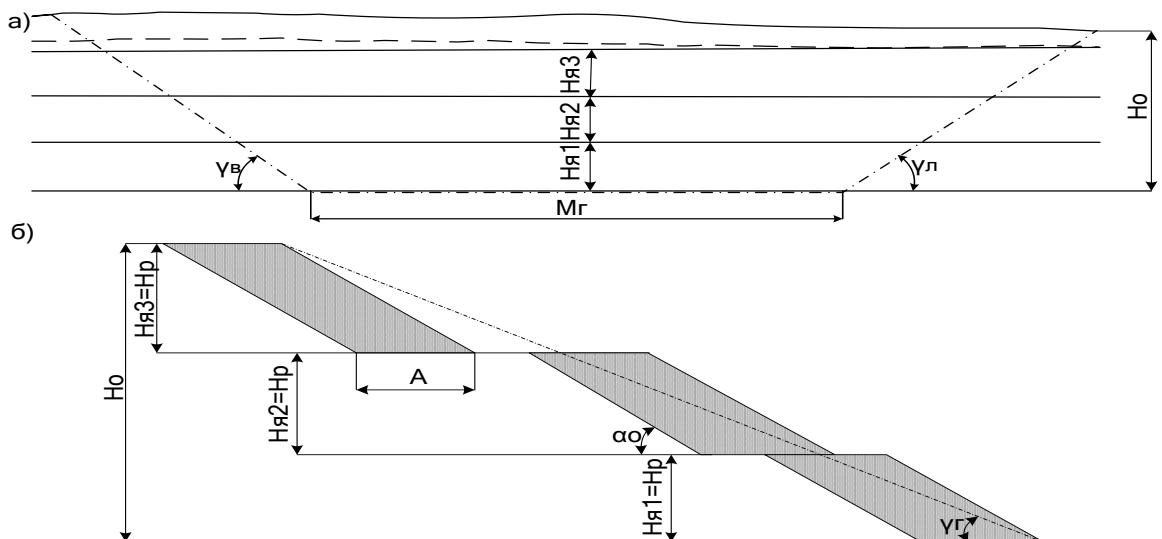


Рис.4.3.2. Расчетные схемы внутреннего бестранспортного отвала: а – фронтальный вид, б – поперечное сечение.

на рис.4.3.2 приняты следующие обозначения:  $H_o$  – высота бестранспортного отвала;  $H_{я1}$ ,  $H_{я2}$ ,  $H_{я3}$  – высоты бестранспортных отвальных ярусов;  $A$  –

ширина отвальной заходки;  $H_p$  – высота разгрузки драглайна;  $\gamma$  – генеральный

Вместимость внутреннего отвала на один метр протяжённости залежи, при его высоте ( $H_o$ ) равна,  $m^3$

$$E_o = H_o \cdot [M_r + 0,5 \cdot H_o \cdot (ctg\gamma_v + ctg\gamma_l)] \quad (4.3.5)$$

Используя величину угленосности свиты и формулы (4.3.4), (4.3.5) можно получить уравнения для решения двух задач. Прямая задача – определить высоту внутреннего отвала  $H_o$  при известной высоте забойной зоны и обратная – определить по высоте внутреннего отвала  $H_o$  высоту забойной зоны  $H_k$ .

Для сокращения объёма формул примем:

$$R = 0,5 \cdot (ctg\gamma_v + ctg\gamma_l) \text{ и } T = [1 - K_n \cdot (1 - K_n)]$$

Тогда

$$H_o = \frac{\sqrt{M_r^2 + 4 \cdot R \cdot K_p \cdot (H_k^2 \cdot R + H_k \cdot M_r \cdot T - M_r)}}{2 \cdot R} \quad (4.3.6)$$

Угленосность свит принята по данным работы [75], где представлены результаты анализа строения и угленосности свит месторождений Кузбасса.

Установлено, что не существенно влияние горизонтальной мощности свиты (ширина дна карьера)  $M_g$  на высоту внутреннего отвала  $H_o$  (рис. 4.3.3а). Так при увеличении горизонтальной мощности свиты на 100м высота отвала возрастает на 0,8%, причём при любых значениях высоты забойной зоны и угленосности свиты.

Существенно влияет на высоту внутреннего отвала угленосность свиты, характеризуемая коэффициентом угленосности. Увеличение угленосности свиты на 10% приводит к снижению высоты отвала на 8% (рис.4.3.3б).

Для практических расчётов при проектировании предлагается использовать зависимости высоты отвала от глубины карьерного поля и

коэффициента угленосности представленные на рис.4.3.3в.

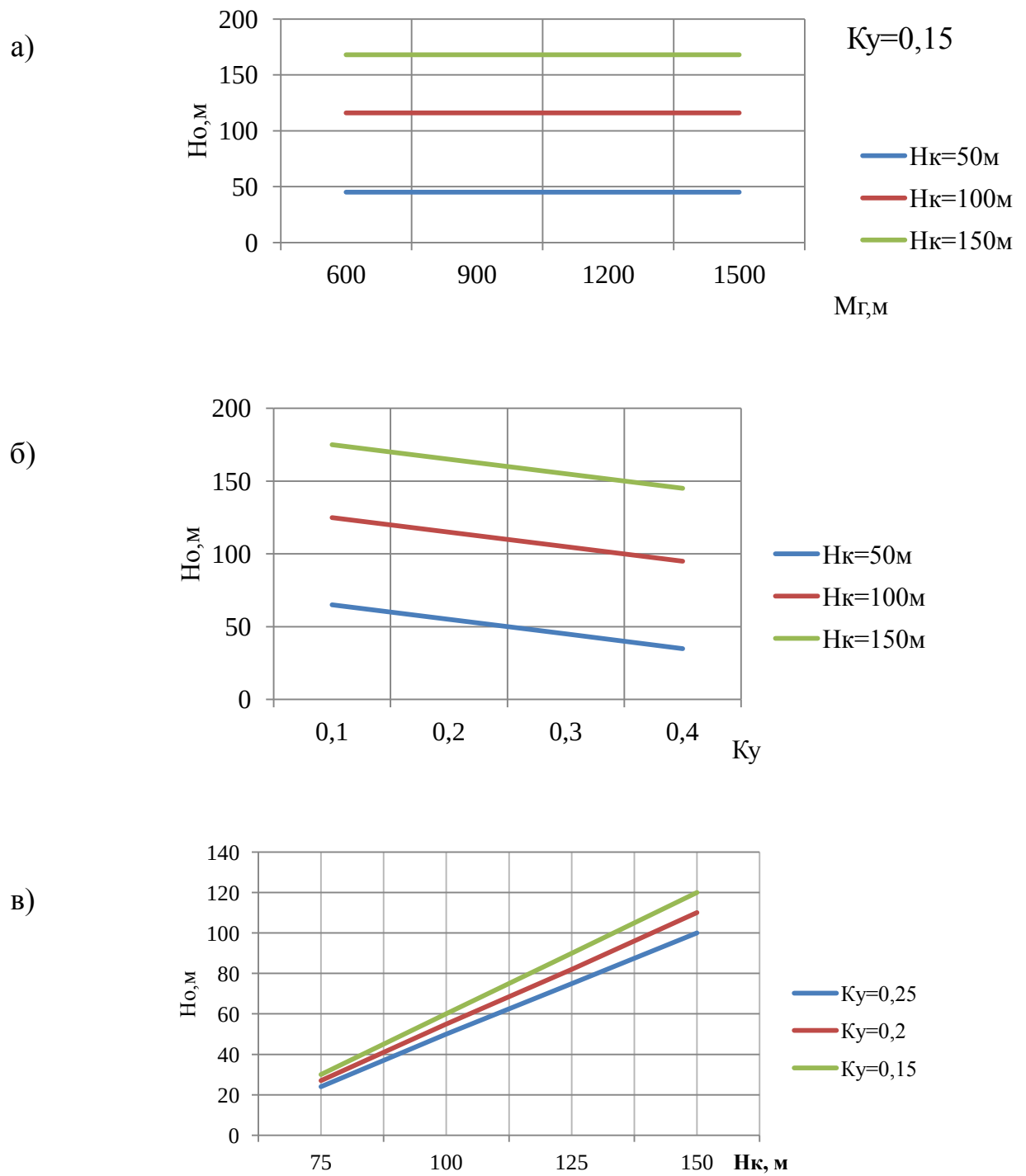


Рис. 4.3.3. Зависимости высоты внутреннего бестранспортного отвала ( $H_0$ ) от: а – горизонтальной мощности угленосной свиты ( $M_{Г}$ ); б – коэффициента угленосности свиты ( $K_y$ ); в – высоты забойной зоны карьера, обрабатываемой по бестранспортной технологии ( $H_k$ ).

Например, для перспективного месторождения «Уропское – Северное» найденная по граничному коэффициенту вскрыши средняя глубина отработки составляет 80м .

Угленосность свиты  $K_y=0,16$ , тогда по графику на рис.4.3.3в высота отвала равна 90м. Выбор вариантов оборудования для отсыпки отвала такой высоты зависит от модели отвального драглайна и конструкции отвала. Конструкция внутренних отвалов отличается ярусностью: одним, двумя, тремя ярусами и т.д. В практике разрезов Кузбасса при углубочных продольных системах разработки внутренние бестранспортные отвалы чаще двух- и трёхъярусные, но есть опыт отсыпки четырёх- и пятиярусных (разрезы «Красногорский», «Моховский», «Ерунаковский» и др.).

Выделение ярусов вызвано необходимостью учёта коэффициента запаса устойчивости, что обуславливает формирование общего (генерального) угла откоса отвала  $\gamma_B$  по величине меньше, чем угол естественного откоса  $\alpha_0$  (рис.4.3.2б). Выполаживание угла осуществляется за счёт предохранительных берм, а высота ярусов соответствует высоте разгрузки отвального драглайна. По рекомендациям Прокопьевского филиала ВНИМИ [67] для обеспечения устойчивости отвала накладываются ограничения на высоту первого яруса ( $H_{я1}$ ): для грунтосмесей пород III-IV категорий по трудности экскавации – 25м, для пород IV категории – 30-35м.

С учётом особенностей отсыпки внутренних отвалов их высота ( $H_o$ ) определяется по формуле, м,

$$H_o = H_{я1} + (i - 1) \cdot H_p \quad (4.3.8)$$

где  $H_{я1}$  - высота первого яруса, м;  $i$  - количество ярусов отвала;  $H_p$  - высота разгрузки отвального драглайна, м.

Предельно возможные значения высот внутренних отвалов при максимальном использовании высоты разгрузки серийных и перспективных моделей драглайнов приведены на рис.4.3.4.

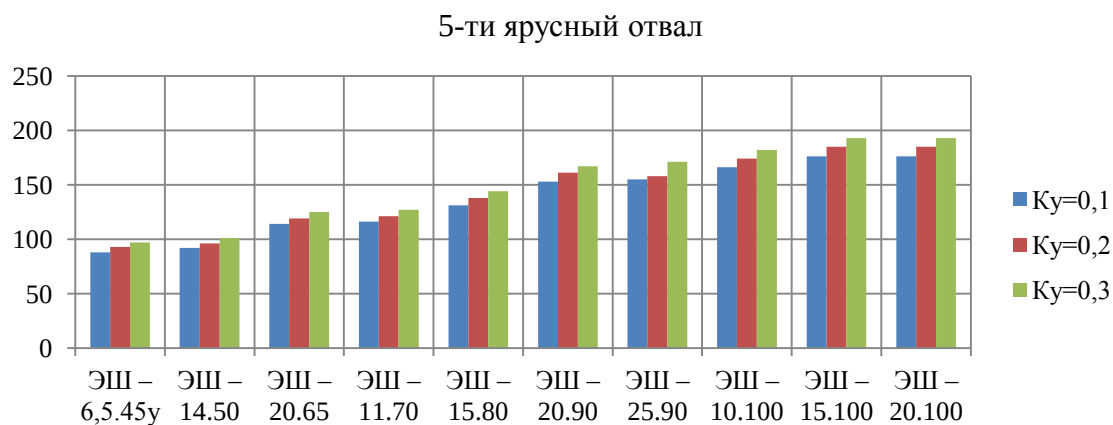
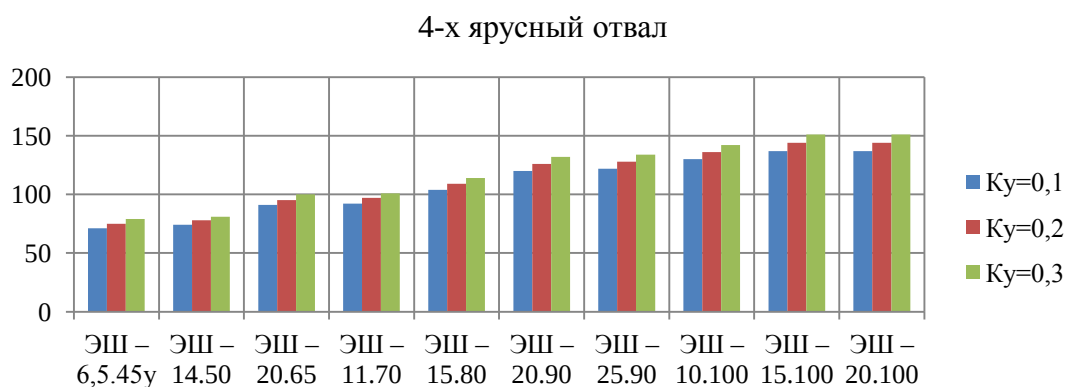
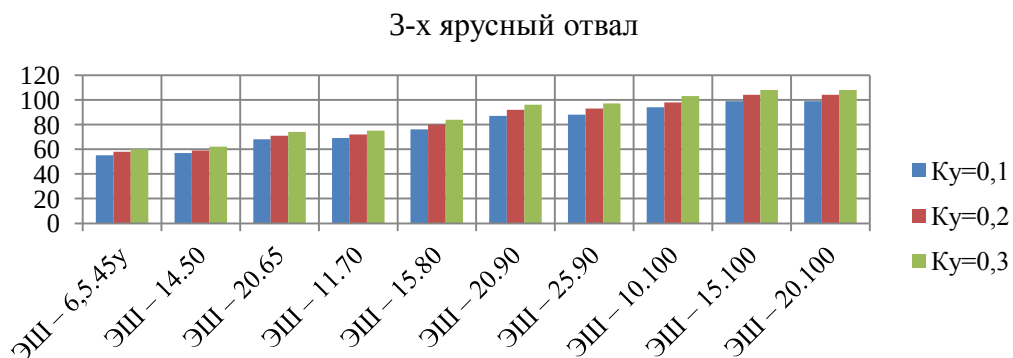
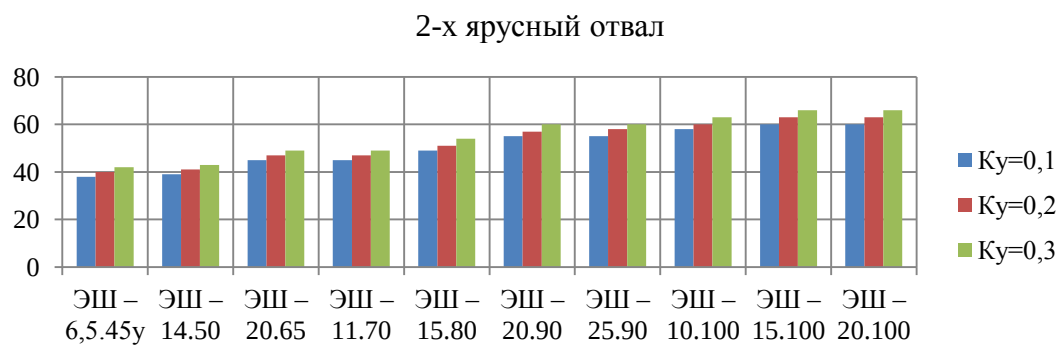


Рис. 4.3.4. Высоты внутреннего отвала  $H_0$  при использовании на отвалообразовании различных моделей драглайнов

Для месторождения «Уропское – Северное», предпочтительными к рассмотрению являются варианты с использованием драглайнов ЭШ – 15.80, ЭШ – 20.90 с отсыпкой трёхъярусного отвала и ЭШ – 11.70 с отсыпкой четырёхъярусного отвала. Следует иметь ввиду, что увеличение количества ярусов приводит к усложнению организации работы отвального драглайна. В этом случае увеличивается как количество перевалок, так и число создаваемых по фронту работ трасс переходов с яруса на ярус. Всё это приводит к увеличению переэкскавируемых объёмов и, следовательно, к снижению эффективности технологии.

### **Выводы**

При разработке перспективных угольных залежей Кемеровской области наметились тенденции в увеличении долевого участия блочного порядка отработки карьерных полей, основывающегося на применении высокозатратного транспортного способа перемещения как при подготовке емкости под внутренний отвал, так и при отработке карьерного поля со складированием вскрышной породы в выработанном пространстве. Соответственно предложена модернизированное решение базирующееся на комбинированной транспортно-бестранспортной технологии и площадно-слоевом порядке отработки блоков.

Предложена концепция отработки карьерных полей перспективных угольных месторождений.

Предложена методика вычисления долевого участия бестранспортной технологии на основе функциональных зависимостей угленасыщенной зоны.

Установлено, что не существенное влияние горизонтальной мощности свиты на высоту внутреннего отвала. Так при увеличении горизонтальной мощности свиты на 100м высота отвала возрастает на 0,8%, причём при любых значениях высоты забойной зоны и угленосности свиты. Существенно

влияет на высоту внутреннего отвала угленосность свиты, характеризуемая коэффициентом угленосности. Увеличение угленосности свиты на 10% приводит к снижению высоты отвала на 8%.

Для практических расчётов при проектировании технологии предлагается использовать зависимости высоты отвала от глубины карьерного поля и коэффициента угленосности, что предопределяет отсыпку многоярусных отвалов (до 5 ярусов) с суммарной высотой не более 200м.



## **Глава 5. Разработка технологии складирования вскрышной породы на внешний автомобильный низко профильный отвал**

### **5.1. Общие положения**

Согласно требованиям Закона Российской Федерации "О недрах", участки земли и другие природные объекты, нарушенные горными разработками, в том числе внешние отвалы угольных разрезов, должны быть приведены в состояние, пригодное для их дальнейшего использования. Основным способом восстановления природных систем является рекультивация нарушенных земель.

Наиболее заметные достижения в области восстановления нарушенных земель в РФ, странах ближнего и дальнего зарубежья рассмотрены в работах [3,4,14,37,5,63,64,64,167,184,]. Значительный опыт рекультивации земель, нарушенных горными работами, имеется за рубежом. В США, Англии, Германии и ряде других стран разработка месторождений не разрешается без утверждения плана восстановительных работ. Общий срок проведения рекультивационных работ может занять до нескольких десятков лет и направлен на создание ландшафта, приближающегося к природному.

В настоящее время многие предприятия нарушившие земли прекратили свою деятельность, либо стремятся снижать расходы на рекультивацию, применять наименее затратные формы восстановления территории [51]. Всё это может привести к негативным последствиям, таким как оползень, просадки и т.п., что влечет за собой дорогостоящий ремонт тела отвала. Иллюстрационно пример оползня отвального тела представлен на рис. 5.1.1.

Практика показывает то, что отсыпка вскрышных отвалов по ГОСТу и методикам 1970-1980гг. резко снижает эффективность, сокращается площадь рекультивированного отвала, сокращается площадь естественно природного

ландшафта, на котором отсыпан отвал [33,34].

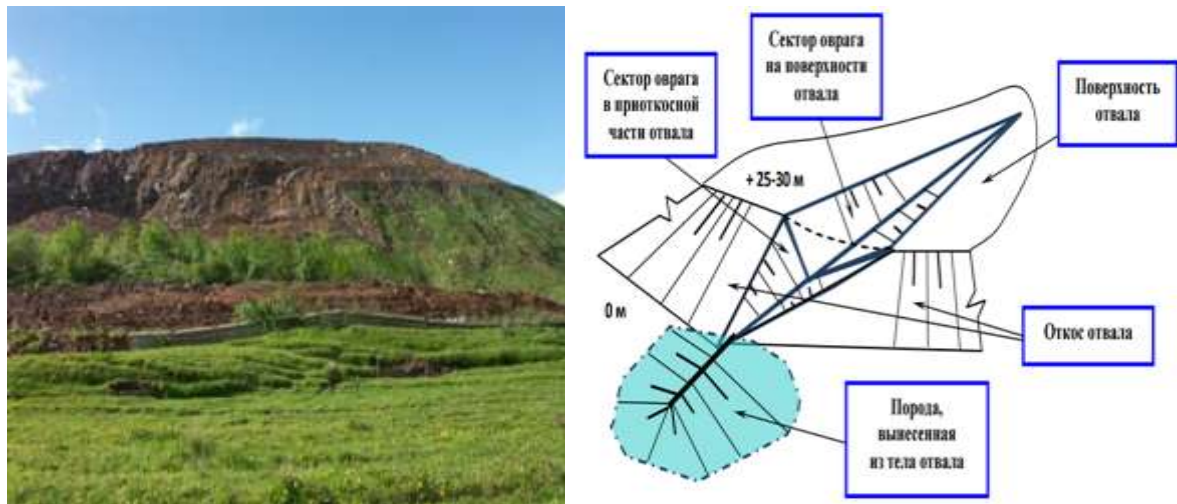


Рис.5.1.1 Оползень части тела рекультивированного отвала и схема деформации внешнего отвала вскрышных пород.

Как показывает опыт эксплуатации угольных разрезов Кемеровской области, имеются случаи, когда на внешних многоярусных отвалах в период эксплуатации имелись случаи нарушения устойчивости отвала с оползнями в объеме несколько десятков тысяч кубометров породы.

Причиной таких явлений в укрупненном представлении явились:

- многократно возросшие объемы вскрыши складированной на внешнем отвале при одновременном наращивании высоты отвала с целью сокращения арендной платы за пользование земельными ресурсами в течение всего срока эксплуатации предприятия;
- неуклонное стремление предприятий сохранить или сократить средневзвешенную дальность транспортирования вскрыши колесными видами транспорта, зачастую автомобильным;
- из предыдущей причины вытекает следующее, что расположение отвала вблизи карьерного поля приводит к деформациям откосных сооружений как на самом отвале, так и на уступах и бортах карьера, где территориально расположен внешний отвал, т.е. при углублении горных работ нарастает крепость пород, следовательно, при формировании

техногенной насыпи на менее крепкие породы складываются более крепкие, что может приводить к более ускоренным геомеханическим процессам сдвижения пород.

Таким образом, ремонт внешнего отвала, в процессе эксплуатации или после рекультивации дорогостоящее дело.

## **5.2. Внешние отвалы угольных разрезов и рельефообразующие процессы с позиции науки «Геоморфологии»**

В соответствии со ст. 12 Земельного кодекса РФ целями охраны земель являются: предотвращение и ликвидация загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения земель и почв и иного негативного воздействия на земли и почвы, а также обеспечение рационального использования земель, в том числе для восстановления плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения и улучшения земель.

Виды ландшафтной структуры и возможные способы ее организации представлены на рис. 5.2.1.

В основном для сокращения затрат и как проиллюстрировано схемой на рис. 5.2.2, откос отвального яруса, в основном отсыпанный под углом естественного откоса пород  $38^\circ$ , выполаживается до  $18-22^\circ$ , что вызывается необходимостью конечной цели этого этапа рекультивации.

Следует особо подчеркнуть, что в работе [55] отмечено, что склоны - это самая неустойчивая часть любой геоморфосистемы, поскольку их устойчивость зависит от множества факторов, которые в свою очередь являются причиной рельефообразующих поверхностей. Формируемые в процессе разработки месторождений твердых полезных ископаемых участки земной поверхности на 70% состоят из наклонных поверхностей, и именно на них приходится основная экологическая нагрузка от функционирования любой морфосистемы [55].

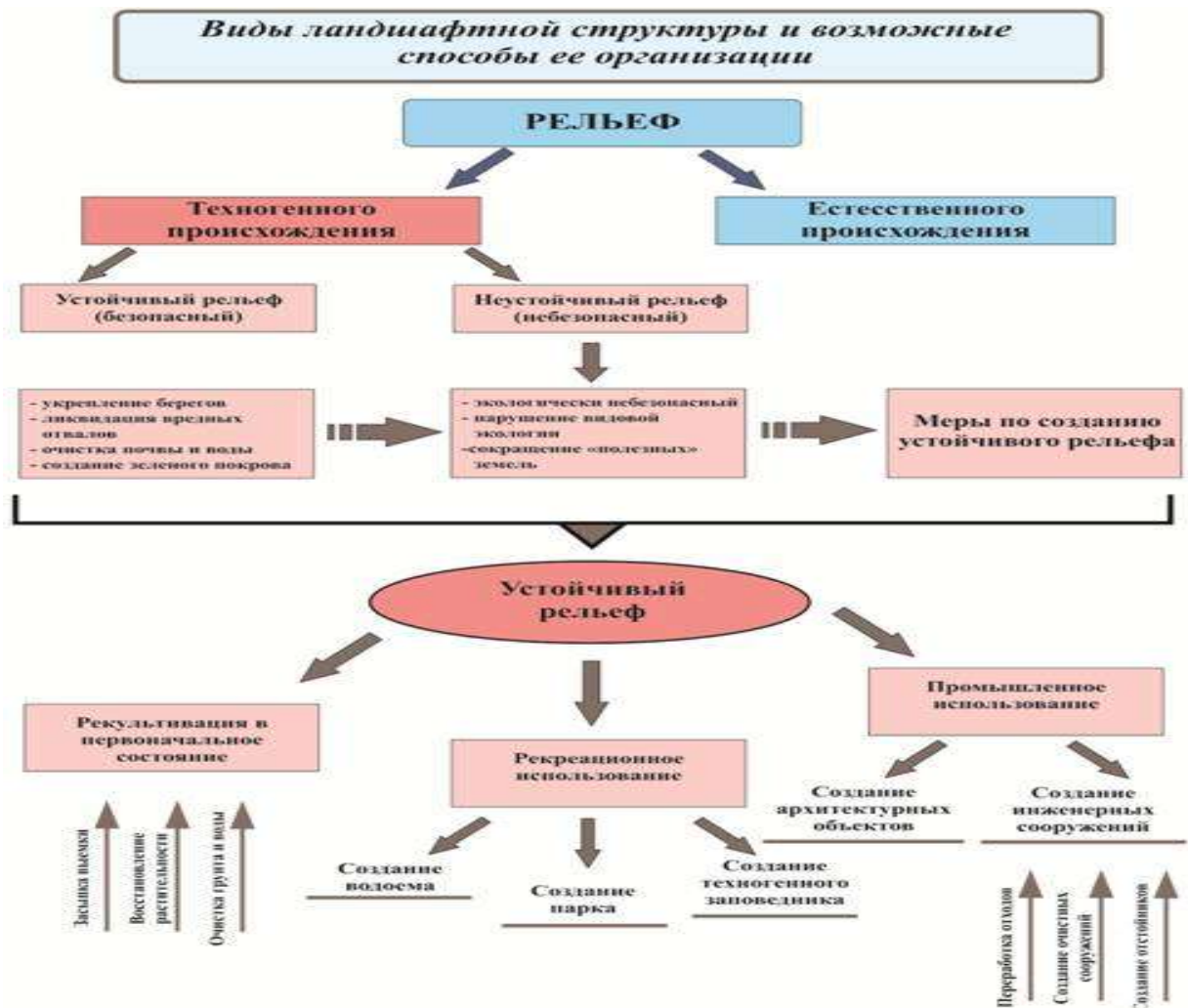


Рис.5.2.1. Логическая блок-схема типологии ландшафта с позиции науки «Геоморфологии»

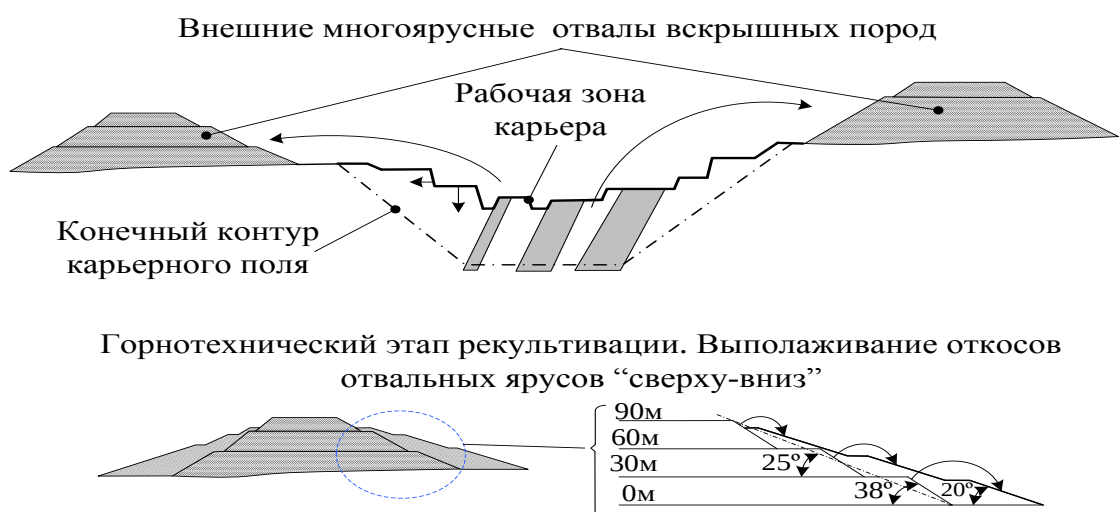


Рис 5.2.2. Размещение многоярусного отвала, принципы горнотехнической рекультивации.

Формировать склоны без учета рельефообразующих процессов – значит сформировать неустойчивый, а иногда опасный рельеф поверхности с точки зрения его последующего использования [55]. Прогнозная оценка финансирования работ по ремонту одного отвала при одном разрушении [51] представлена на рис. 5.2.3. На графике нижняя кривая определяет изменение затрат на проектно-изыскательские работы и прохождение экологической экспертизы. Эти затраты в принципе увеличиваются во времени под влиянием инфляции, а также могут увеличиваться за счет количества разрушаемых участков отвалов. Верхняя кривая на графике отражает изменение затрат на ремонт отвала. Рост затрат во времени обусловлен увеличением геометрических размеров отвала в трехмерном пространстве в каждом из его измерений.

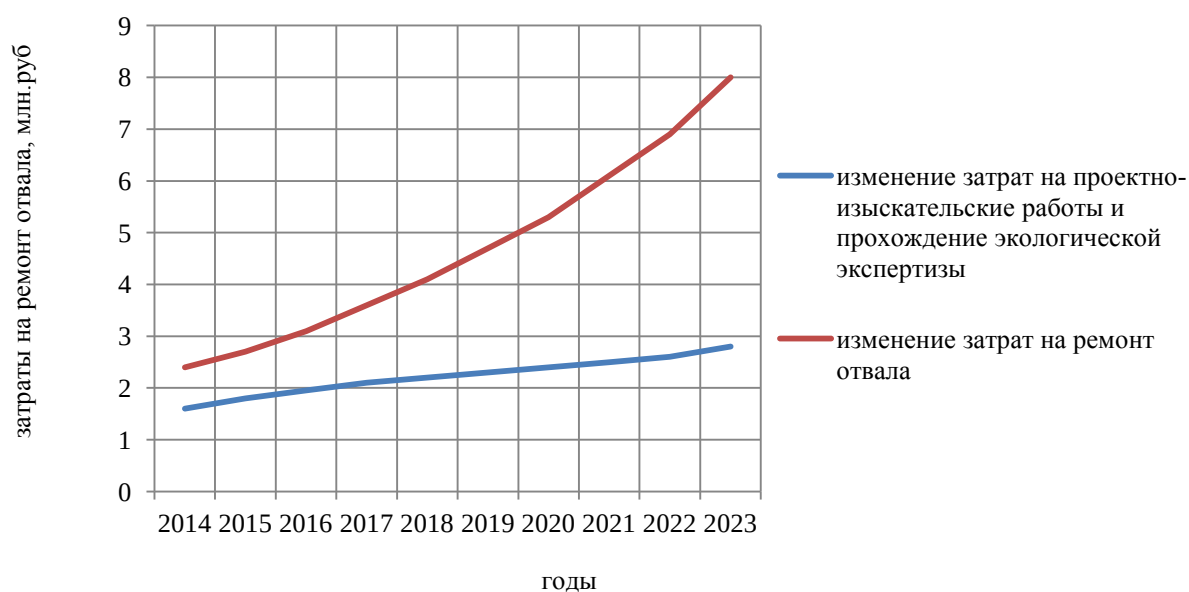


Рис.5.2.3. Принципиальная схема к расчету ремонта породного отвала и изменение затрат на ремонт внешнего породного отвала вскрышных пород.

В заключение следует отметить следующее, изменение затрат на ремонт отвалов характеризуется явно выраженным их ростом во времени, причем интенсивность роста усиливается с каждым годом. Также необходим анализ причин происходящего с целью определения источника

финансирования работ по ремонту ранее рекультивированных отвалов вскрышных пород, сформированных в ходе добычи угля открытым способом.

### **5.3. Принципиальная схема складирования вскрышной породы на внешний автомобильный низко профильный отвал**

Как представлено в п.5.1. и п.5.2. основными способом отвалобразования на угольных разрезах Кемеровской области является внешнее отвалобразование с преобладающей долей автомобильного транспорта на доставке вскрышной породы из забоя в отвал. После завершения работ многоярусные отвалы рекультивируют, однако восстановление нарушенных земель приводит к еще большим затратам, первопричиной которых являются деформации откосных сооружений. Таким образом, в главе 5 предлагается усовершенствовать внешнее отвалобразование с позиции формирования низкопрофильных отвалов.

Под термином «низкопрофильный отвал» понимается геометрическое сечение отвального тела слагаемое ярусами и заполняющее естественные выемки рельефа поверхности месторождения с суммарной высотой, не превышающей значения одно или двухярусного отвала.

В дальнейшем и как показывают последующие числовые вычисления по высотам внешнего отвала предлагаемый ниже, чем многоярусный отвал в более распространенном понимании, тогда относительно существующих отвалов угольных разрезов предлагается обозначить предлагаемый отвал «низкопрофильным» из-за его высоты.

При проведении анализа технико-экономических показателей предлагаемой технологии, необходимо найти оптимальное значение параметров отвала. К их числу можно отнести:

- средневзвешенная дальность транспортирования вскрышных пород;

- геометрические размеры внешнего отвала;
- высота и площадь занимаемая отвалом;
- емкость отвала.

Во-первых, нужно определить необходимый объём вскрышной породы, который в дальнейшем будет вмещать отвал. Во-вторых, требуется найти наиболее удобное расположение будущего отвала при минимальной дальности транспортирования от карьерной выемки до его максимально удалённой точки. В третьих, отвал следует располагать с учетом рельефа поверхности и факторов (водные ресурсы, геологические нарушения и т.п.) влияющих на удобство и возможность размещения вскрышных пород в месте перспективного складирования.

В дальнейшем с помощью графического моделирования в программном обеспечении AutoCAD Civil 3D 2016 определяется оптимальное соотношение площади и высоты отвала с учетом необходимого размещения объема вскрышных пород, с помощью программы Microsoft Excel 2013 мы получаем несколько экономических моделей при различных вариантах размещения отвала, сравнивая показатели этих моделей выбираем наилучший вариант размещения [82,109,122].

Учитывая показатели других моделей можно оценить экономическую эффективность от проектирования низкопрофильного отвала.

Эффективность заключается в лучшем сочетании геомеханических, экологических и эксплуатационных составляющих площадного отвала перед более распространенным для Кузбасса многоярусным отвалом.

Также данная схема отвалообразования позволяет нам оптимизировать процесс транспортировки вскрышной породы от карьерной выемки до отвала с учетом варьирования дальности транспортирования, то есть сокращения или увеличения плеча транспортирования от большего к меньшему, в зависимости от общего технико-экономического положения предприятия.

Наряду с этим, рекультивированные многоярусные отвалы не могут

быть вовлечены в сельскохозяйственный, лесохозяйственный и др. оборот в отличие от низкопрофильных.

На рис. 5.3.1а. в общем виде представлено, что отвал будет развиваться от самой дальней точки, в сторону карьерной выработки, это позволит улучшить технико-экономические показатели в дальнейшем за счет уменьшения дальности транспортирования. Из рис. 5.3.1б видно, что на I этапе с помощью разгрузки автотранспорта образуются навалы вскрышной породы, которые в дальнейшем (II этап) планируют с помощью бульдозеров. На III этапе, автосамосвал производит разгрузку непосредственно на площадку отвала (а на этапе IV в сторону дальнейшего развития), которую в дальнейшем также планируют с помощью бульдозера.

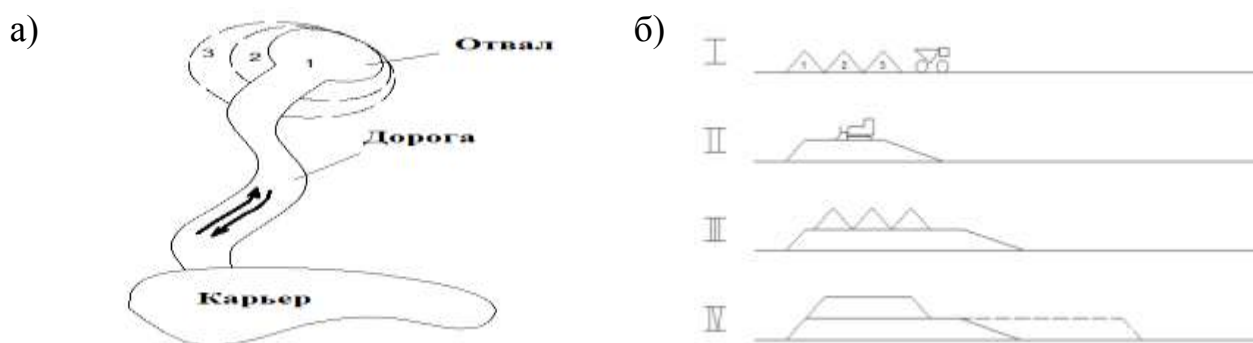


Рис.5.3.1. Принципиальная схема поэтапного образования низкопрофильного отвала в пространстве.

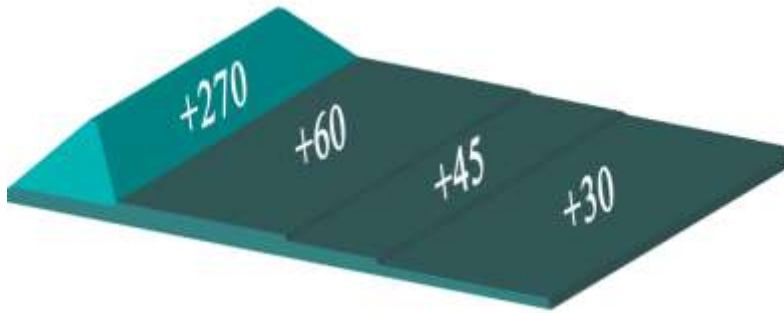
Принципиальная схема формирования низкопрофильного отвала в высоту.

На рис. 5.3.2 можно увидеть, как изменяется площадь отвала с увеличением высоты. Уменьшение площади может дать нам преимущество в компактности размещения, но ухудшаются показатели устойчивости и относительной вместимости отвала исходя из физических и геомеханических процессов. Начальная высота отвала формируется на основе рельефа поверхности и оптимального соотношения его вместимости (объема,  $\text{м}^3$ ) и дальности транспортирования (длина, км). Для примера расчетов принимаем ровную поверхность и карьерную выработку, расположенную рядом с

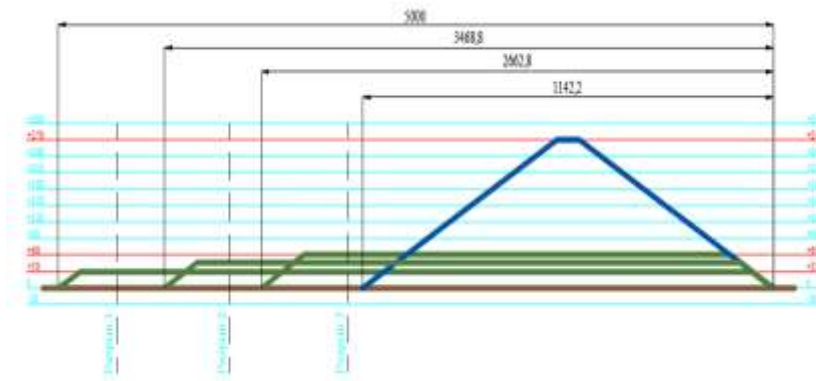


отвалом.

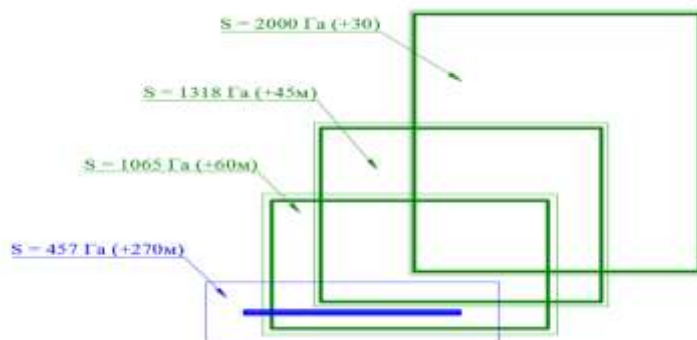
Дальность транспортирования с увеличением площади отвала растет без какой-либо выраженной математической прогрессии, если учитывать дальность при подъеме на верхнюю точку отвала.



а) 3D модель  
внешнего  
автомобильного отвала  
с различными  
высотными отметками.



б) профили  
проектируемого  
низкопрофильного и  
пирамидального  
отвалов



в) геометрические  
параметры  
сравниваемых отвалов.

Рис.5.3.2. Графическое моделирование параметров низкопрофильного отвала.

На графике (рис. 5.3.3) мы видим сравнение дальности транспортирования при размещении отвала с одной стороны и с двух от карьерного поля.

Следовательно, исходя из промежуточных расчетов видно, что оптимальным расстоянием при одинаковом объеме можно считать отвал с

высотой +60м над поверхностью. Так же для сокращения транспортного плеча, возможно размещение отвала с двух сторон карьерной выемки. Это схематично показано на рис. 5.3.3.

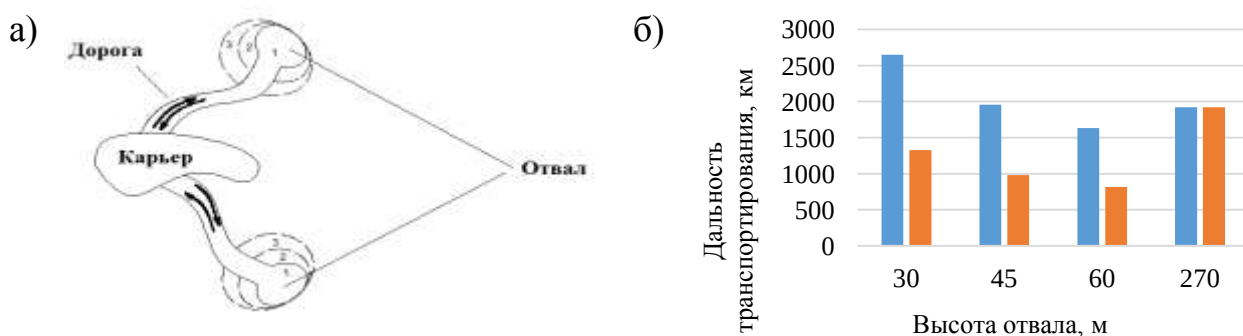


Рис. 5.3.3. Принципиальная схема размещения низкопрофильного отвала с нескольких сторон карьерной выемки.

График зависимости дальности транспортирования от высоты отвала

Таким образом, иллюстрациями продемонстрировано принципиальные позиции и промежуточные расчеты по размещению низкопрофильных отвалов.

#### 5.4. Обоснование параметров низкопрофильного отвала с использованием программного обеспечения (ПО) Autocad Civil 3D и Microsoft Office Excel на примере Терсинского геолого-промышленного района

В качестве объекта проектирования формирования низкопрофильного внешнего отвала предложен перспективный «Терсинский» геолого-промышленный район Кемеровской области.

Поверхность поля представлена гористым рельефом с весьма большим перепадом высотных отметок: от +280 м до +460 м. На рис. 5.4.1 показана 3D модель поверхности поля Терсинского геолого-промышленного района

вблизи проектируемого объекта. Карьерное поле проектируемого разреза простирается с юго-запада на северо-восток. Его площадь составляет 510,7 Га при длине 4,5 км и ширине равной 1,5 км, а его максимальная глубина изменяется от 260 м. до 180 м. в зависимости от рельефа поверхности. Учитывая, что объем горной массы, извлекаемой из карьера, составляет около 800 млн. м<sup>3</sup>, а средний коэффициент вскрыши равен 10, следует вывод, что запасы в границах лицензии варьируются в диапазоне 60-80 млн.т. Карьер с таким количеством запасов можно отнести к среднему – с производственной мощностью 3-5 млн. т/год. Таким образом взяв во внимание величину запасов и возможную производственную мощность делаем вывод, что срок службы карьера составляет приблизительно 21год.

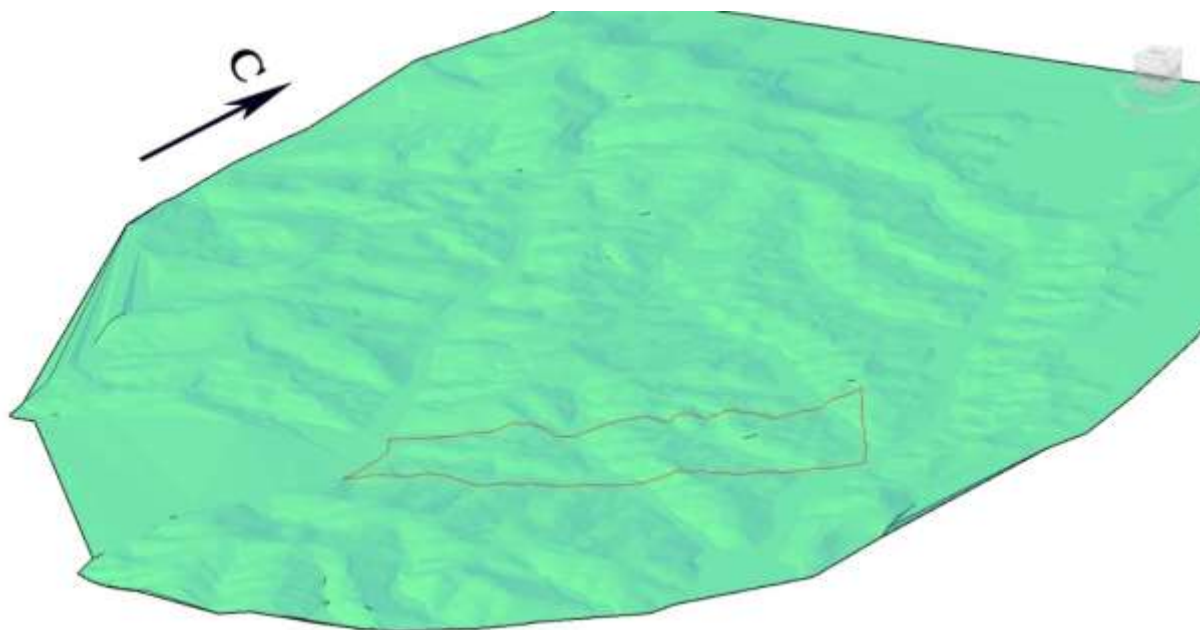


Рис. 5.4.1. 3D модель поверхности поля «Терсинского» геолого-экономического района вблизи проектируемого объекта.

В зависимости от объема горной массы, извлекаемой из карьерной выемки разреза, рассчитывается площадь и высота будущего отвала.

Рельефная особенность месторождения может позволить нам разместить отвал учитывая разность самой низкой и самой высокой точек поверхности. Заполнение углублений поверхности вскрышной породой не

только позволит нам сделать отвал более устойчивым, но и создать абсолютно ровную горизонтальную площадку с возможностью дальнейшего использования в любых промышленных или гражданских целях.

Размещение отвала прямо проводить в логах и впадинах на расстоянии от карьера не превышающем экономически выгодное плечо транспортирования. С помощью программы AutoCAD Civil 3D 2016г. было отстроено тело отвала и рассчитана его вместимость и занимаемая площадь. Средняя дальность транспортирования при этом не превысила 5 км.

Полученный отвал при расположении в логах рельефа естественно разделяется на 3 разных по площади и вместимости тела. Низкопрофильный отвал в плане повторяет изогипсы рельефа поверхности, т.к. отсыпается строго до определённой отметки. Параметры низкопрофильного отвала, представлены в таблице 5.4.1.

Таблица 5.4.1

Параметры низкопрофильного отвала

| № Тела | Площадь,<br>Га | Объем,<br>млн. м <sup>3</sup> | Высота,<br>м |
|--------|----------------|-------------------------------|--------------|
| 1      | 315            | 57,1                          | 40           |
| 2      | 275            | 55,7                          |              |
| 3      | 633            | 157,1                         |              |
| Σ      | 1233           | 270,9                         |              |

Объем отвала, вмещающий 271 млн. м<sup>3</sup> вскрышных пород, (при выбранной средней высоте 40м. и размещенный на потенциально пригодной площади поверхности) не соответствует объему, который необходимо вывезти за пределы границ карьерного поля. Поэтому принимается решение увеличить высоту отвала до средней величины в 80м. и рассчитать его параметры.

Вмещающий объем отвала соответствующий объему извлекаемой

вскрышной породы из карьера возможен при увеличении высоты отвала. Средняя дальность транспортирования при этом меняется незначительно. План размещения низкопрофильного отвала показан на рис. 5.4.3. Отвал отстроенный естественным образом разделяется на 2 тела. Увеличение высоты отвала привело к сливанию тел 2 и 3 соответствующих отвалу, путем заполнения и выравнивания рельефных неровностей до общей горизонтальной поверхности (рис.5.4.4).

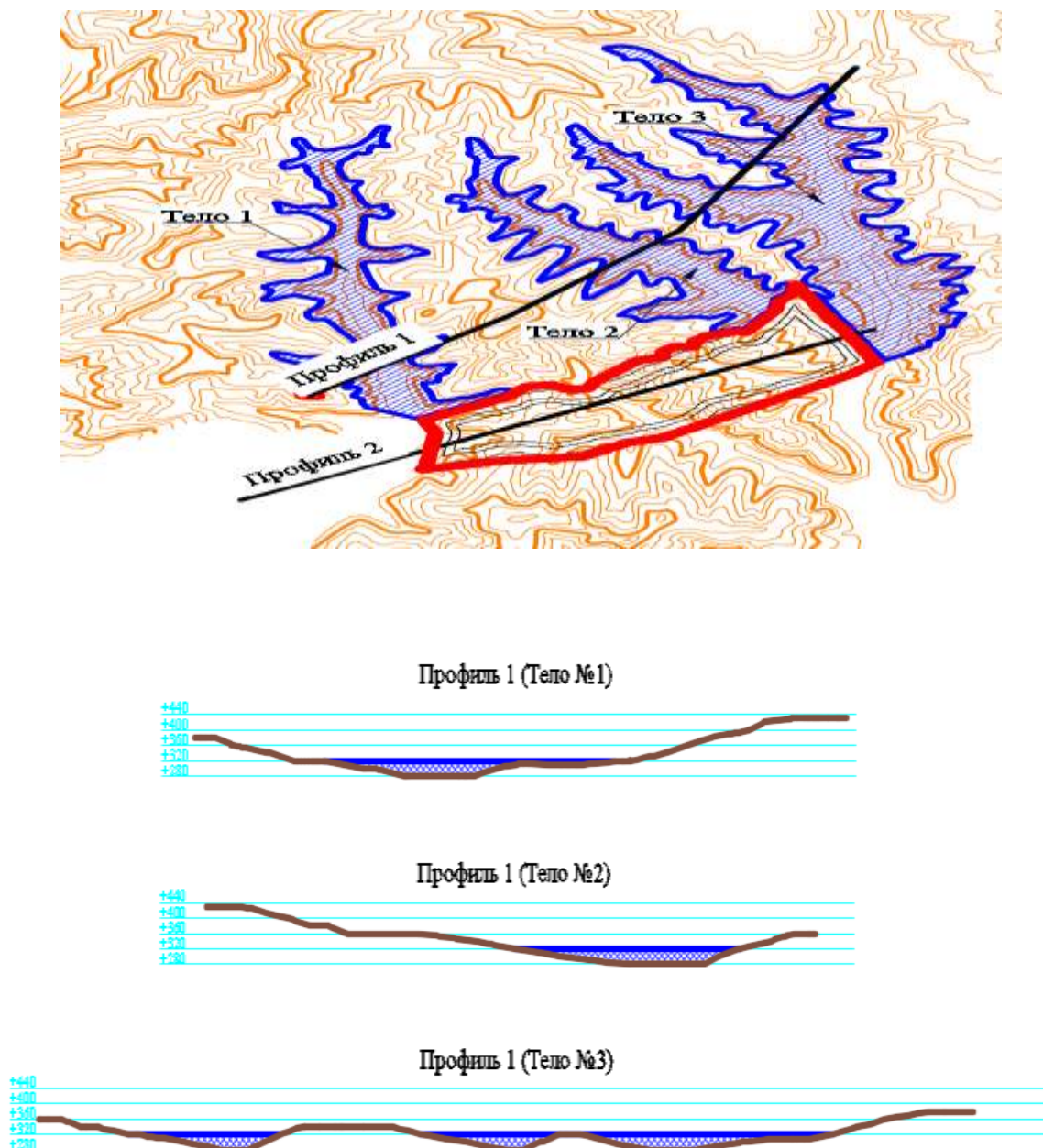
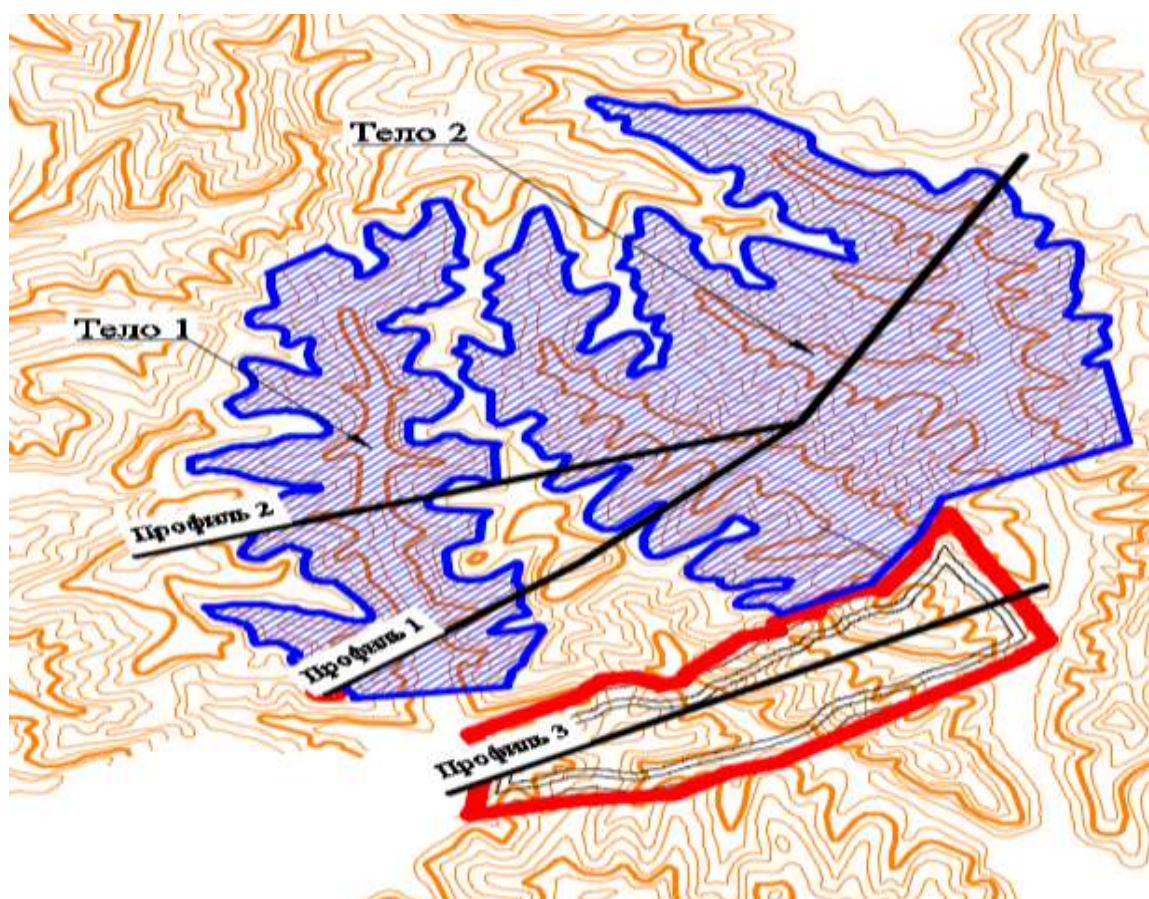
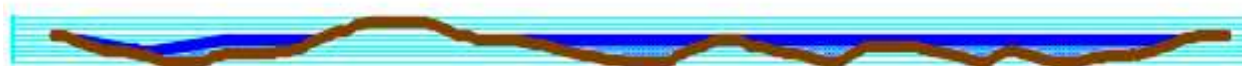


Рис. 5.4.2. План размещения низкопрофильного отвала.





Профиль 1



Профиль 2



Профиль 3

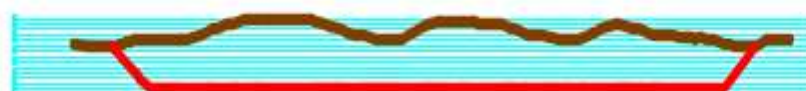


Рис. 5.4.3. План размещения низкопрофильного отвала и профили низкопрофильного отвала и карьерной выемки.



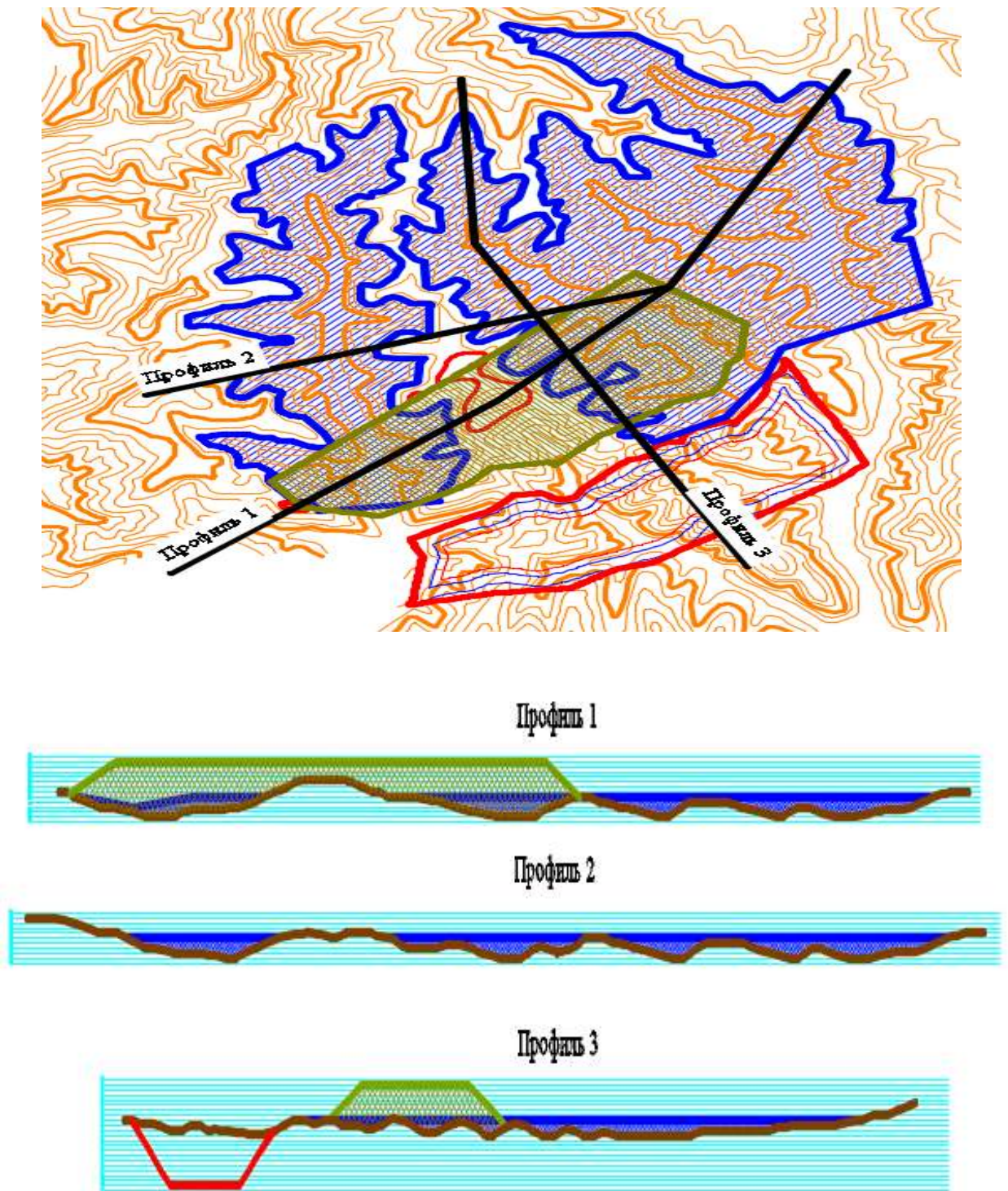


Рис. 5.4.4. План размещения низкопрофильного и многоярусного отвалов  
 профили проектируемого низкопрофильного и многоярусного отвалов  
 совместно с профилем карьерной выемки.

В данном случае емкость отвала способна вместить нужный нам объем вскрышной породы. Отвал отстроенный создает в северо-восточной части поля абсолютно ровную поверхность, пригодную для дальнейшего

использования в промышленных или гражданских целях. Параметры низкопрофильного отвала, представлены в таблице 5.4.2. Проектируемый низкопрофильный отвал вмещает больше вскрышной породы, чем необходимо вывезти, то в данном случае есть возможность корректировки его границ по мере заполнения

Таблица 5.4.2

## Параметры низкопрофильного отвала

| № Тела | Площадь,<br>Га | Объем,<br>млн. м <sup>3</sup> | Высота,<br>м |
|--------|----------------|-------------------------------|--------------|
| 1      | 658            | 213,6                         | 80           |
| 2      | 1466           | 534,7                         |              |
| Σ      | 2124,3         | 748,3                         |              |

Сравнение двух принципиальных схем отвалообразования позволит нам установить преимущества и недостатки каждой из них, и выбрать наиболее выгодный в технико-экономическом плане вариант отсыпки.

Размещение привычного для Кузбасса многоярусного отвала также возможно, но в данном случае оно может быть затруднено в связи с большими перепадами высотных отметок. Данный отвал, равный по площади 582,4Га и вмещает около 700млн.м<sup>3</sup> вскрышной породы. Высота отвала варьируется от 70м. до 220м., что в среднем превышает высоту низкопрофильного отвала на 120-140м.

Многоярусный отвал расположен на севере от карьерной выемки вдоль ее простирания. Рельеф поверхности на севере имеет ярко выраженные перепады высотных отметок, и создание устойчивого отвального тела в этом случае является затруднительным и спорным вопросом. Поэтому было принято решение сравнить технико-экономические показатели низкопрофильного и многоярусного отвалов.

Параметры многоярусного отвала, представлены в таблице 5.4.3.



Таблица 5.4.3

## Параметры пирамидального отвала

| № Тела | Площадь,<br>Га | Объем,<br>млн. м <sup>3</sup> | Высота,<br>м |
|--------|----------------|-------------------------------|--------------|
| 1      | 582,4          | 692,3                         | 70-220       |

Возможность поэтапной планировки низкопрофильного отвала также дает нам возможность начать отсыпку с максимально удаленной точки проектируемого отвала и сокращать плечо транспортирования по мере углубления карьерной выемки. Этого невозможно достичь при отсыпке многоярусного отвала.

Погодовое распределение объемов вскрышных пород в совокупности с дальностью транспортирования до каждого участка представлено в таблице 5.4.4.

Таблица 5.4.4

## Погодовое распределение объемов вскрышных пород с дальностью транспортирования до каждого участка низкопрофильного отвала

| Год<br>отсыпки | Объем вмещающей<br>вскрыши | Площадь, занимаемая<br>частью отвала | Дальность<br>транспортирования |
|----------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
|                | млн. м <sup>3</sup>        | Га                                   | км                             |
| 1              | 30,8                       | 113,9                                | 7,7                            |
| 2              | 37,6                       | 147,1                                | 7,6                            |
| 3              | 36                         | 123,2                                | 6,6                            |
| 4              | 36,7                       | 90,4                                 | 6,5                            |
| 5              | 35,8                       | 97,9                                 | 6,4                            |
| 6              | 34,9                       | 129,3                                | 6,2                            |
| 7              | 38,9                       | 84,4                                 | 6,1                            |
| 8              | 35,1                       | 77,4                                 | 5,8                            |
| 9              | 34,9                       | 102,5                                | 5,5                            |
| 10             | 36,6                       | 82,5                                 | 5,2                            |
| 11             | 36                         | 58,7                                 | 5,1                            |
| 12             | 34,6                       | 86,7                                 | 5                              |
| 13             | 37,1                       | 105,1                                | 4,9                            |
| 14             | 35,7                       | 106,1                                | 4,4                            |
| 15             | 35                         | 60,2                                 | 4,3                            |

|    |                  |                   |               |
|----|------------------|-------------------|---------------|
| 16 | 35,4             | 101,8             | 4,3           |
| 17 | 40,2             | 89,9              | 4,3           |
| 18 | 37,2             | 108,9             | 4             |
| 19 | 32,2             | 134               | 3,5           |
| 20 | 36,5             | 111               | 3,4           |
| 21 | 31,1             | 113,3             | 3,1           |
|    | $\Sigma = 748,3$ | $\Sigma = 2124,3$ | Средняя = 5,2 |

Эта разница становится менее значительной, если учитывать их среднее значение и принять во внимание, что подъем на многоярусный отвал требует дополнительной прибавки расстояния, зависящего от разницы высот отвалов и уклона въезда на верхний горизонт. Рациональное распределение дальностей транспортирования обоих отвалов приведены в таблице 5.4.5.

Таблица 5.4.5

## Сравнение дальностей транспортирования

| Год отсыпки   | Низкопрофильный отвал | Многоярусный отвал |
|---------------|-----------------------|--------------------|
|               | км.                   | км.                |
| 1             | 7,7                   | 2,6                |
| 2             | 7,6                   | 2,8                |
| 3             | 6,6                   | 3,0                |
| 4             | 6,5                   | 3,2                |
| 5             | 6,4                   | 3,4                |
| 6             | 6,2                   | 2,8                |
| 7             | 6,1                   | 3,0                |
| 8             | 5,8                   | 3,2                |
| 9             | 5,5                   | 3,4                |
| 10            | 5,2                   | 3,6                |
| 11            | 5,1                   | 3,8                |
| 12            | 5,0                   | 4,1                |
| 13            | 4,9                   | 4,4                |
| 14            | 4,4                   | 4,7                |
| 15            | 4,3                   | 5,0                |
| 16            | 4,3                   | 4,1                |
| 17            | 4,3                   | 4,4                |
| 18            | 4,0                   | 4,7                |
| 19            | 3,5                   | 5,0                |
| 20            | 3,4                   | 5,3                |
| 21            | 3,1                   | 5,5                |
| Среднее плечо | 5,2                   | 3,8                |

Сравнивая параметры поэтапной отсыпки низкопрофильного и пирамидального отвалов можно заметить, что при размещении отвала в горизонтальном положении происходит существенное увеличение дальности транспортирования. На 5.4.5 показан план очередности отсыпки низкопрофильного отвала по годам, с учетом дальности транспортирования и трассировкой непосредственно к каждому участку отсыпки.

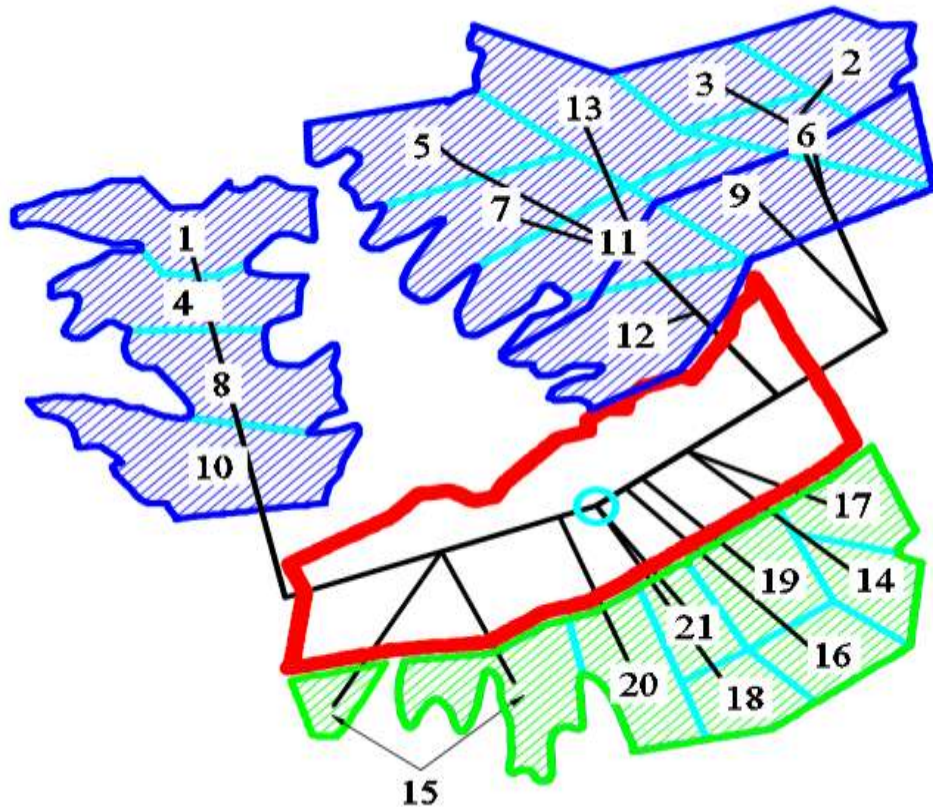


Рис. 5.4.5. План распределения частей отсыпки переформированного низкопрофильного отвала по годам с трассировкой до каждого участка.

Также при планировке низкопрофильного появляется возможность брать участок под часть отвала в аренду на максимально короткий срок, и после отсыпки, усадки и рекультивации определённого участка отвала незамедлительно возвращать его для дальнейшего альтернативного использования.

Таким образом, экономически эффективно эксплуатируем арендованную территорию и в короткие сроки возвращаем часть земель,

экологически пригодных и экономически потенциальных для ведения хозяйства или последующей застройки.

Переместив часть отвала с северной стороны от карьерной выемки на южную мы сокращаем дальность транспортирования. Перепланировка отвальных тел осуществляется в зависимости от расположения того или иного участка и удаленности его от карьерной выемки от большей к меньшей.

Это дает возможность более гибко отрегулировать отсыпaeмый объем в низкопрофильный отвал (переформированный) за счет внедрения нового тела и скорректировать его в соответствии с требуемым объемом (табл.5.4.6). У низкопрофильного отвала (переформированного) наряду с изменением плеча транспортирования поменяются и другие параметры отвальных тел: площади, объемы общие и частей, отсыпaeмых за год (табл. 5.4.7).

Таблица 5.4.6

## Сравнение дальностей транспортирования по отвалам

| Год отсыпки | Низкопрофильный отвал (одностороннее расположение) | Низкопрофильный отвал (двухстороннее расположение) | Многоярусный отвал |
|-------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|
|             | км.                                                | км.                                                | км.                |
| 1           | 7,7                                                | 5,5                                                | 2,6                |
| 2           | 7,6                                                | 5,2                                                | 2,8                |
| 3           | 6,6                                                | 5,1                                                | 3,0                |
| 4           | 6,5                                                | 5                                                  | 3,2                |
| 5           | 6,4                                                | 4,9                                                | 3,4                |
| 6           | 6,2                                                | 4,4                                                | 2,8                |
| 7           | 6,1                                                | 4,3                                                | 3,0                |
| 8           | 5,8                                                | 4,3                                                | 3,2                |
| 9           | 5,5                                                | 4,3                                                | 3,4                |
| 10          | 5,2                                                | 4                                                  | 3,6                |
| 11          | 5,1                                                | 3,5                                                | 3,8                |

|               |     |     |     |
|---------------|-----|-----|-----|
| 12            | 5,0 | 3,4 | 4,1 |
| 13            | 4,9 | 3,1 | 4,4 |
| 14            | 4,4 | 2,5 | 4,7 |
| 15            | 4,3 | 2,5 | 5,0 |
| 16            | 4,3 | 2,2 | 4,1 |
| 17            | 4,3 | 2,1 | 4,4 |
| 18            | 4,0 | 1,9 | 4,7 |
| 19            | 3,5 | 1,6 | 5,0 |
| 20            | 3,4 | 1,6 | 5,3 |
| 21            | 3,1 | 1,4 | 5,5 |
| Среднее плечо | 5,2 | 3,5 | 3,8 |

Тело №3 также отсыпается при средней высоте 80 м, вдоль всей длины карьерного поля с южной стороны.

Таблица 5.4.7

#### Параметры переформированного низкопрофильного отвала

| Год отсыпки | Объем вмещающей вскрыши |      |   | Площадь, занимаемая частью отвала |       |   | Дальность транспортирования |     |   |
|-------------|-------------------------|------|---|-----------------------------------|-------|---|-----------------------------|-----|---|
|             | млн. м <sup>3</sup>     |      |   | Га                                |       |   | км                          |     |   |
|             | Тело                    |      |   | Тело                              |       |   | Тело                        |     |   |
|             | 1                       | 2    | 3 | 1                                 | 2     | 3 | 1                           | 2   | 3 |
| 1           | 34,9                    |      |   | 102,5                             |       |   | 5,5                         |     |   |
| 2           |                         | 36,6 |   |                                   | 82,5  |   |                             | 5,2 |   |
| 3           |                         | 36   |   |                                   | 58,7  |   |                             | 5,1 |   |
| 4           | 34,6                    |      |   | 86,7                              |       |   | 5                           |     |   |
| 5           |                         | 37,1 |   |                                   | 105,1 |   |                             | 4,9 |   |
| 6           |                         | 35,7 |   |                                   | 106,1 |   |                             | 4,4 |   |

|          |       |       |       |        |       |       |               |     |     |
|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------|-----|-----|
| 7        |       | 35    |       |        | 60,2  |       |               | 4,3 |     |
| 8        | 35,4  |       |       | 101,8  |       |       | 4,3           |     |     |
| 9        |       | 40,2  |       |        | 89,9  |       |               | 4,3 |     |
| 10       | 37,2  |       |       | 108,9  |       |       | 4             |     |     |
| 11       |       | 32,2  |       |        | 134   |       |               | 3,5 |     |
| 12       |       | 36,5  |       |        | 111   |       |               | 3,4 |     |
| 13       |       | 31,1  |       |        | 113,3 |       |               | 3,1 |     |
| 14       |       |       | 30,4  |        |       | 45,6  |               |     | 2,5 |
| 15       |       |       | 27,5  |        |       | 110,5 |               |     | 2,5 |
| 16       |       |       | 29    |        |       | 49,3  |               |     | 2,2 |
| 17       |       |       | 27,6  |        |       | 48,5  |               |     | 2,1 |
| 18       |       |       | 28,2  |        |       | 43,3  |               |     | 1,9 |
| 19       |       |       | 29,9  |        |       | 67,7  |               |     | 1,6 |
| 20       |       |       | 28,4  |        |       | 71,1  |               |     | 1,6 |
| 21       |       |       | 28,9  |        |       | 40,5  |               |     | 1,4 |
| $\Sigma$ | 142,1 | 320,4 | 229,9 | 399,9  | 860,8 | 476,5 | Средняя = 3,5 |     |     |
|          | 692,4 |       |       | 1737,2 |       |       |               |     |     |

Из таблицы 5.4.7 видно, что наряду с уменьшением средней дальности транспортирования уменьшается и площадь арендуемых под засыпку отвала земель примерно на 400 Га.

Путем графического моделирования установлено, что снижение затрат на транспортирование возможно за счет размещения отвальных тел по обеим сторонам карьерного поля, тогда появляется возможность существенно сократить плечо транспортирования вскрыши -  $L_{тр}$  (рис.5.4.6).

Анализ данных приведенных на рис.5.4.6 показывает, что дальность транспортирования ( $L_{тр}$ ) на низкопрофильный отвал на 300 метров меньше, чем при многоярусном. Функции  $L_{тр}$  по календарным периодам отсыпки ( $T$ ) устанавливаются интерполяционными полиномами для низкопрофильного (5.4.1) и многоярусного отвалов (5.4.2).

$$L_{\text{тр}} = 7E-05T^4 - 0,0024T^3 + 0,0233T^2 - 0,2429T + 5,6783 \quad (5.4.1)$$

$$L_{\text{тр}} = -2E-06T^6 + 0,0002T^5 - 0,0052T^4 + 0,0768T^3 - 0,5331T^2 + 1,6456T + 1,2998 \quad (5.4.2)$$

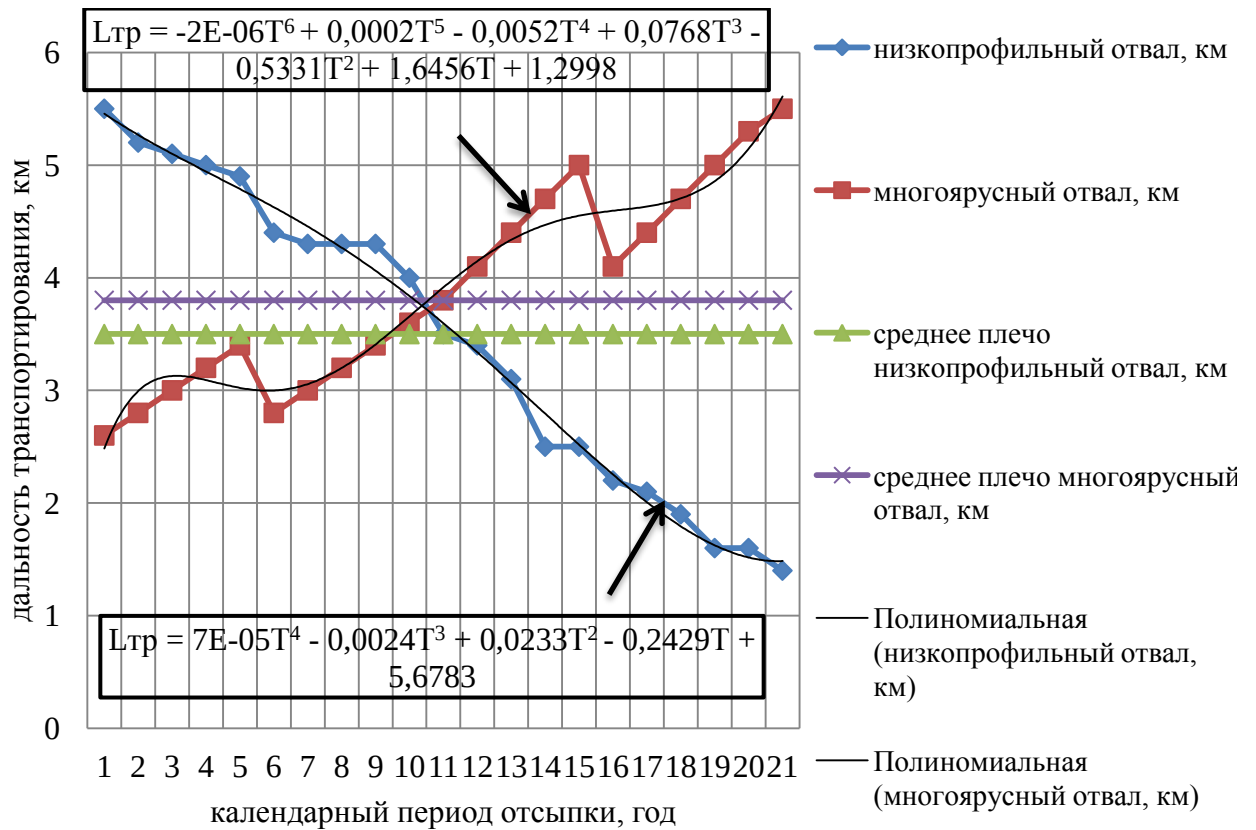


Рис.5.4.6. Зависимости дальности транспортирования вскрыши ( $L_{\text{тр}}$ ) от календарного периода отсыпки ( $T$ ).

## 5.5. Эффективность технологии складирования вскрыши на внешний автомобильный низко профильный отвал

Классическая схема отсыпки вскрышных пород в многоярусный отвал обладает большой землеемкостью, высокой экологической нагрузкой и низкой геомеханической устойчивостью, что создаёт определённые финансовые риски для инвесторов, экономические и технические риски для предприятия, а так же приводит к снижению дальнейшей ценности земельной единицы.

При проведении экономической оценки систем отвалообразования использовались следующие показатели:

- затраты на транспортировку вскрышной массы;
- затраты на планировочные работы;
- затраты на аренду земель;
- затраты на рекультивацию.

Для экономических расчетов были условно приняты условные технико-экономические показатели БелАЗ-75131, Cat-D9R. В качестве основы методики расчета экономической эффективности приняты данные изложенные в работах [171,172].

Затраты на отвалообразование

$$z_{\text{отв}}^{\text{уд}} = C_{\text{транс}} + C_{\text{планир}} \quad (5.5.1)$$

Удельные затраты на транспортировку вскрышной массы

$$C_{\text{транс}} = L_{\text{тр}} \cdot V_{\text{вскр}} \cdot \rho \cdot Z_{\text{т/км}} \quad (5.5.2)$$

где  $L_{\text{тр}}$  - дальность транспортирования, км;  $V_{\text{вскр}}$  - объем вскрышной породы, м<sup>3</sup>;  $\rho$  - плотность породы, кг/м<sup>3</sup>;  $Z_{\text{т/км}}$  - стоимость, т/км.

Удельные затраты на планировочные работы

$$C_{\text{планир}} = \frac{V_{\text{вскр}}}{P_{\text{см}}} \cdot T_{\text{см}} \cdot Z_{\text{см}} \quad (5.5.3)$$

где  $V_{\text{вскр}}$  - объем вскрышной породы;  $P_{\text{см}}$  - сменная производительность бульдозера;  $T_{\text{см}}$  - продолжительность смены, час;  $Z_{\text{см}}$  - эксплуатационные затраты бульдозера, тыс.руб/маш.час.

Затраты на аренду земель

$$Z_{\text{аренда}} = Z_{\text{зем}} \cdot S \cdot n \quad (5.5.4)$$

где  $Z_{\text{зем}}$  - стоимость аренды 1Га земли;  $S$  - площадь арендуемых земель, Га;  $n$  – срок аренды, лет.

Затраты на рекультивацию

$$Z_{\text{рекульт}} = S \cdot C_{\text{рекульт}} \quad (5.5.5)$$

где  $S$  - площадь арендуемых земель, Га;  $C_{\text{рекульт}}$  - стоимость



рекультивации 1 гектара нарушенной земли.

С помощью программы Microsoft Office Excel 2013 проводим технико-экономический анализ в нескольких экономических моделях при различных вариантах размещения отвала и расчетные затраты при разных вариантах отвалообразования.

Для экономических расчетов затрат при разной высоте отвала, использовались показатели: зависимость высоты отвала от его параметров, параметров отвалов при различных высотах, зависимость дальности транспортирования от высоты отвала (табл. 5.5.1-4).

Таблица 5.5.1

Экономический расчет затрат при разной высоте отвала

| Высота отвала | Площадь | Объем               | Дальность транспортирования | Аренда    | Затраты на транспортировку | Планировка | Рекультивация | Сумма затрат |
|---------------|---------|---------------------|-----------------------------|-----------|----------------------------|------------|---------------|--------------|
| м             | Га      | млн. м <sup>3</sup> | км                          | руб.      | руб.                       | руб.       | руб.          | руб.         |
| +30           | 2000    | 584                 | 2,65                        | 100000000 | 27083000000                | 3369230769 | 1000000000    | 32,45223077  |
| +45           | 1318    | 592                 | 1,96                        | 659000000 | 20305600000                | 3415384615 | 659000000     | 25,03898462  |
| +60           | 1065    | 594                 | 1,63                        | 532500000 | 16943850000                | 3426923077 | 532500000     | 21,43577308  |
| +270          | 457     | 589                 | 1,92                        | 228500000 | 19790400000                | 3398076923 | 228500000     | 23,64547692  |

Таблица 5.5.2

Параметры переформированного низкопрофильного отвала

| Год отсыпки | Объем вмещающей вскрыши |      |   | Площадь, занимаемая частью отвала |      |   | Дальность транспортирования |     |   |
|-------------|-------------------------|------|---|-----------------------------------|------|---|-----------------------------|-----|---|
|             | млн. м <sup>3</sup>     |      |   | Га                                |      |   | км                          |     |   |
|             | Тело                    |      |   | Тело                              |      |   | Тело                        |     |   |
|             | 1                       | 2    | 3 | 1                                 | 2    | 3 | 1                           | 2   | 3 |
| 1           | 34,9                    |      |   | 102,5                             |      |   | 5,5                         |     |   |
| 2           |                         | 36,6 |   |                                   | 82,5 |   |                             | 5,2 |   |

|          |       |       |       |        |       |       |               |     |     |
|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------|-----|-----|
| 3        |       | 36    |       |        | 58,7  |       |               | 5,1 |     |
| 4        | 34,6  |       |       | 86,7   |       |       | 5             |     |     |
| 5        |       | 37,1  |       |        | 105,1 |       |               | 4,9 |     |
| 6        |       | 35,7  |       |        | 106,1 |       |               | 4,4 |     |
| 7        |       | 35    |       |        | 60,2  |       |               | 4,3 |     |
| 8        | 35,4  |       |       | 101,8  |       |       | 4,3           |     |     |
| 9        |       | 40,2  |       |        | 89,9  |       |               | 4,3 |     |
| 10       | 37,2  |       |       | 108,9  |       |       | 4             |     |     |
| 11       |       | 32,2  |       |        | 134   |       |               | 3,5 |     |
| 12       |       | 36,5  |       |        | 111   |       |               | 3,4 |     |
| 13       |       | 31,1  |       |        | 113,3 |       |               | 3,1 |     |
| 14       |       |       | 30,4  |        |       | 45,6  |               |     | 2,5 |
| 15       |       |       | 27,5  |        |       | 110,5 |               |     | 2,5 |
| 16       |       |       | 29    |        |       | 49,3  |               |     | 2,2 |
| 17       |       |       | 27,6  |        |       | 48,5  |               |     | 2,1 |
| 18       |       |       | 28,2  |        |       | 43,3  |               |     | 1,9 |
| 19       |       |       | 29,9  |        |       | 67,7  |               |     | 1,6 |
| 20       |       |       | 28,4  |        |       | 71,1  |               |     | 1,6 |
| 21       |       |       | 28,9  |        |       | 40,5  |               |     | 1,4 |
| $\Sigma$ | 142,1 | 320,4 | 229,9 | 399,9  | 860,8 | 476,5 | Средняя = 3,5 |     |     |
|          | 692,4 |       |       | 1737,2 |       |       |               |     |     |

Таблица 5.5.3

Экономический расчет затрат на отсыпку переформированного  
низкопрофильного отвала

| Год<br>отсы<br>пки | Пло-<br>щадь<br>отсы<br>пки | Объ-<br>ем             | Дальн<br>ость | Аренда       | Транспорти<br>-ровка | Плани-<br>ровка | Рекульти<br>-вация |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|--------------|----------------------|-----------------|--------------------|
|                    | Га                          | млн.<br>м <sup>3</sup> | км.           | руб.         | руб.                 | руб.            | руб.               |
| 1                  | 102,5                       | 34,9                   | 5,5           | 5125000<br>0 | 3359125000           | 201346153,<br>8 | 51250000           |
| 2                  | 82,5                        | 36,6                   | 5,2           | 4125000<br>0 | 3330600000           | 211153846,<br>2 | 41250000           |
| 3                  | 58,7                        | 36                     | 5,1           | 2935000<br>0 | 3213000000           | 207692307,<br>7 | 29350000           |
| 4                  | 86,7                        | 34,6                   | 5             | 4335000<br>0 | 3027500000           | 199615384,<br>6 | 43350000           |
| 5                  | 105,1                       | 37,1                   | 4,9           | 5255000      | 3181325000           | 214038461,      | 52550000           |

|    |            |       |     |               |                 |                 |               |
|----|------------|-------|-----|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
|    |            |       |     | 0             |                 | 5               |               |
| 6  | 106,1      | 35,7  | 4,4 | 5305000<br>0  | 2748900000      | 205961538,<br>5 | 53050000      |
| 7  | 60,2       | 35    | 4,3 | 3010000<br>0  | 2633750000      | 201923076,<br>9 | 30100000      |
| 8  | 101,8      | 35,4  | 4,3 | 5090000<br>0  | 2663850000      | 204230769,<br>2 | 50900000      |
| 9  | 89,9       | 40,2  | 4,3 | 4495000<br>0  | 3025050000      | 231923076,<br>9 | 44950000      |
| 10 | 108,9      | 37,2  | 4   | 5445000<br>0  | 2604000000      | 214615384,<br>6 | 54450000      |
| 11 | 134        | 32,2  | 3,5 | 6700000<br>0  | 1972250000      | 185769230,<br>8 | 67000000      |
| 12 | 111        | 36,5  | 3,4 | 5550000<br>0  | 2171750000      | 210576923,<br>1 | 55500000      |
| 13 | 113,3      | 31,1  | 3,1 | 5665000<br>0  | 1687175000      | 179423076,<br>9 | 56650000      |
| 14 | 45,6       | 30,4  | 2,5 | 2280000<br>0  | 1330000000      | 175384615,<br>4 | 22800000      |
| 15 | 110,5      | 27,5  | 2,5 | 5525000<br>0  | 1203125000      | 158653846,<br>2 | 55250000      |
| 16 | 49,3       | 29    | 2,2 | 2465000<br>0  | 1116500000      | 167307692,<br>3 | 24650000      |
| 17 | 48,5       | 27,6  | 2,1 | 2425000<br>0  | 1014300000      | 159230769,<br>2 | 24250000      |
| 18 | 43,3       | 28,2  | 1,9 | 2165000<br>0  | 937650000       | 162692307,<br>7 | 21650000      |
| 19 | 67,7       | 29,9  | 1,6 | 3385000<br>0  | 837200000       | 172500000       | 33850000      |
| 20 | 71,1       | 28,4  | 1,6 | 3555000<br>0  | 795200000       | 163846153,<br>8 | 35550000      |
| 21 | 40,5       | 28,9  | 1,4 | 2025000<br>0  | 708050000       | 166730769,<br>2 | 20250000      |
| Σ  | 1737,<br>2 | 692,4 | 3,5 | 8686000<br>00 | 4356030000<br>0 | 3994615385      | 86860000<br>0 |

Сумма затрат = 49,292 млрд. руб

Примечание: 1) Аренда земель с/х назначения = 100000 руб/Га.

2) Транспортирование вскрыши автосамосвалами БелАЗ 75131 = 7 руб/т.км.

3) Планировка отвала бульдозером CAT-D9R= 2500 руб/час (с учетом сменной Qсм = 5200 м3/см).

4) Рекультивация нарушенных поверхностей = 500000 руб/Га

Таблица 5.5.4

## Сводная таблица затрат на отвалообразование

| Затраты                                                                                             | Низкопрофильный<br>отвал | Многоярусный<br>отвал | Переформированный<br>низкопрофильный<br>отвал |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|
|                                                                                                     | млн. руб                 | млн. руб              | млн. руб                                      |
| Аренда                                                                                              | 1062,2                   | 728                   | 868,6                                         |
| Транспортировка                                                                                     | 68613,48                 | 46320,75              | 43560,3                                       |
| Планировка                                                                                          | 4317,1                   | 3992,3                | 3994,6                                        |
| Рекультивация                                                                                       | 1062,15                  | 291,2                 | 868,6                                         |
| $\Sigma$                                                                                            | 75055*                   | 51332                 | 49292                                         |
| Примечание: * с учетом поправки на объем затраты на низкопрофильный отвал составляют 69426 млн. руб |                          |                       |                                               |

Из данных таблиц 5.5.1-4 видно, что основная часть затрат приходится на транспортировку вскрышных пород и не сопоставима с другими затратами: арендой, планировкой, рекультивацией. Потому затраты на перевозку вскрыши в отвалы считается первоочередной и главенствующей.

Снижение транспортных затрат возможно разными способами. Если отсыпaeмый низкопрофильный отвал расположить вдоль карьерного поля с обеих его сторон, то появляется возможность существенно сократить плечо транспортирования и сопутствующие затраты.

Многоярусный отвал данной возможности лишен. Плечо транспортирования такого отвала невелико, но с ростом отвального тела в вертикальном положении появляется дополнительное расстояние, обусловленное подъемом на вышележащие горизонты и напрямую связанное с их уклоном.

Низкопрофильный отвал дает возможность регулировать дальность транспортирования, учитывая углубление карьерной выемки.

Многоярусный отвал лишен возможности доскональной планировки

поверхности с учетом развития горных работ в вертикальном положении.

Система поэтапной отсыпки позволяет проводить локальную рекультивацию отвала и брать в аренду земли для размещения отвальных пород на более короткие сроки, и рекультивированные земли могут приносить доход от альтернативного использования площадей, давая преимущество данной схеме отсыпки отвала в экономическом и социальном развитии. Начать возвращать земли из аренды государству при низкопрофильном отвале возможно уже через 5-6 лет.

При формировании многоярусного отвала возвращение земли из аренды происходит после всех 4-х этапов открытых горных работ, т.е. земли начинают использоваться в народном хозяйстве через 20 лет.

Исходя из этого более целесообразно рассматривать экономическую эффективность отвала как на этапе его отсыпки, так и от последующего использования земель благоприятных для ведения промышленности или иного вида хозяйства, будь то сельское, животноводческое и др.

В данном случае низкопрофильный отвал будет намного более рентабельным, т.к. несет в себе большую ценность для последующих поколений. Дальнейшая прибыль от использования земель может измеряться миллиардами рублей, а положительная экологическая оценка поверхности позволит избежать устрашающих последствий, возникающих после использования предприятием.

Геомеханическая устойчивость низкопрофильного отвала исключит возможность техногенных катастроф, таких как оползни, сели и др., а также позволят избежать дополнительных затрат совокупных с фактором риска, и оградить предприятие от неблагоприятных экономических и производственных последствий. Пример использования площадей отвала в альтернативных после отсыпки и предполагаемый доход представлен в таблице 5.5.5. Зависимость стоимости отвалообразования от высоты отвала приведена на рис. 5.5.1.

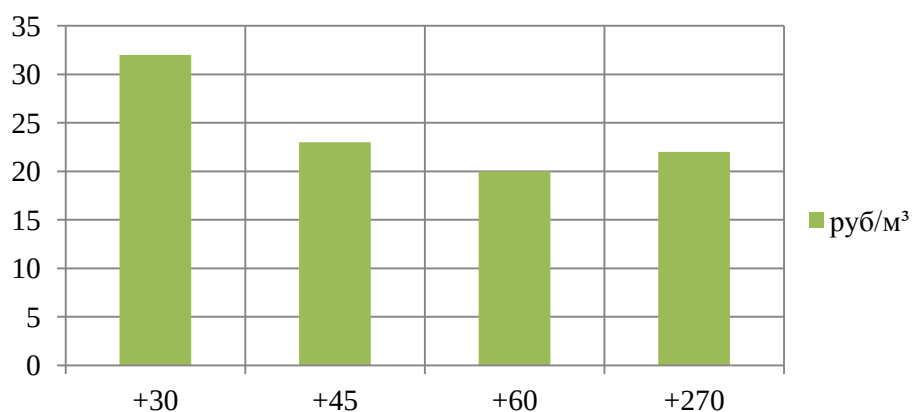


График 5.5.1. Зависимость стоимости отвалообразования от высоты отвала.

Таблица 5.5.5

Пример использования площадей отвала в последующих после отсыпки  
годах и предполагаемый доход

| Год<br>использования | Используемая<br>часть | Используемая<br>площадь | Доход    |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
|                      |                       | Га                      | руб      |
| 1                    | -                     | -                       | -        |
| 2                    | -                     | -                       | -        |
| 3                    | -                     | -                       | -        |
| 4                    | -                     | -                       | -        |
| 5                    | -                     | -                       | -        |
| 6                    | 1                     | 102,5                   | 1722000  |
| 7                    | 2                     | 82,5                    | 3108000  |
| 8                    | 3                     | 58,7                    | 4094160  |
| 9                    | 4                     | 86,7                    | 5550720  |
| 10                   | 5                     | 105,1                   | 7316400  |
| 11                   | 6                     | 106,1                   | 9098880  |
| 12                   | 7                     | 60,2                    | 10110240 |
| 13                   | 8                     | 101,8                   | 11820480 |
| 14                   | 9                     | 89,9                    | 13330800 |
| 15                   | 10                    | 108,9                   | 15160320 |

|    |    |          |                |
|----|----|----------|----------------|
| 16 | 11 | 134      | 17411520       |
| 17 | 12 | 111      | 19276320       |
| 18 | 13 | 113,3    | 21179760       |
| 19 | 14 | 45,6     | 21945840       |
| 20 | 15 | 110,5    | 23802240       |
| 21 | 16 | 49,3     | 24630480       |
| 22 | 17 | 48,5     | 25445280       |
| 23 | 18 | 43,3     | 26172720       |
| 24 | 19 | 67,7     | 27310080       |
| 25 | 20 | 71,1     | 28504560       |
| 26 | 21 | 40,5     | 29184960       |
|    |    | $\Sigma$ | 346,2 млн. руб |

Примечание: 1) Расчет прибыли производился с учетом засева территорий после срока усадки отвала, технического и биологического этапа рекультивации и возвратом земель. 2) Земли, возвращенные в земельный фонд в период эксплуатации карьера используются под засев культурой «пшеница» 3) Годовая прибыль со 100 Га земли, в среднем по России, составляет 1 680 000 руб.

Из табл. 5.5.6 видно, что низкопрофильный отвал имеет преимущество по сравнению с многоярусным отвалом не только в геомеханических и экологических показателях, но и экономических только при определенной высоте (+60).

Из граф. 5.5.1. видно, что величина затрат возрастает как при низкой величине (+30) высоты отвала, так и при увеличении высоты отвала (+270), следовательно, необходимо найти оптимальную высоту отвала при которой будут наименьшие затраты. Далее привязываемся к другим параметрам проектируемого объекта.

В таблицах 5.5.6 и 5.5.7 представлены сравнительные характеристики

затрат на отсыпку низкопрофильного и многоярусного отвала соответственно.

В процентном соотношении разница в стоимости аренды земли не так существенна, 1,7% от всех затрат. Затраты на транспортировку вскрышных пород в отвал играют более существенную роль и несут более высокие затраты: примерно 90,2% затрат в случае отсыпки пирамидального отвала и 91,4% при отсыпке низкопрофильного.

Из таблиц 5.5.6 и 5.5.7 в сравнительной характеристике вариантов отвалов мы можем увидеть, что затраты на транспортировку вскрышных пород при отсыпке пирамидального отвала ниже на 1,2%, чем низкопрофильного, что объясняется разницей в дальности транспортирования вскрышной породы от карьерной выемки до места отсыпки отвала при низкопрофильном отвале. Выявленные данные учитывались в дальнейших расчетах.

Таблица 5.5.6

#### Уточнение затрат на низкопрофильное отвалообразование

|             | Объем вскрышной породы | Разница объемов | Затраты на отвалообразование |
|-------------|------------------------|-----------------|------------------------------|
|             | млн. м <sup>3</sup>    | %               | млрд. руб.                   |
| Фактический | 748,3                  | 7,5             | 75,055                       |
| Требуемый   | 693                    |                 | 69,426                       |

Стоит учитывать, что в расчетах имеется разница в объемах пород, которые вмещают в себе отвалы. Пропорциональный расчет уточненных затрат на отсыпку низкопрофильного отвала представлен в таблице 5.5.6.

Затраты на отсыпку отвала в объемах пород, которые вмещают в себе разные отвальные тела различна у разных видов.

Разница между низкопрофильным и многоярусного отвалами



составляет 18,093 млрд. руб. в пользу второго. Учитывая разницу во вмещаемых объемах корректируем затраты на низкопрофильное отвалообразование. Корректировка уменьшает сумму затрат на размещение низкопрофильного отвала до 69,426 млрд. руб. Затраты на транспортирование вскрышных пород дают существенное преимущество для отсыпки многоярусного отвала (табл.5.5.8).

Таблица 5.5.7

## Затраты на отсыпку низкопрофильного отвала

| Год отсыпки | Площадь отсыпки | Объем отсыпки       | Дальность транспортирования | Аренда   | Транспортировка вскрыши | Планировка отвала | Рекультивация |
|-------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|----------|-------------------------|-------------------|---------------|
|             | Га              | млн. м <sup>3</sup> | км.                         | руб.     | руб.                    | руб.              | руб.          |
| 1           | 113,9           | 30,8                | 7,7                         | 56950000 | 4150300000              | 177692307,7       | 56950000      |
| 2           | 147,1           | 37,6                | 7,6                         | 73550000 | 5000800000              | 216923076,9       | 73550000      |
| 3           | 123,2           | 36                  | 6,6                         | 61600000 | 4158000000              | 207692307,7       | 61600000      |
| 4           | 90,4            | 36,7                | 6,5                         | 45200000 | 4174625000              | 211730769,2       | 45200000      |
| 5           | 97,9            | 35,8                | 6,4                         | 48950000 | 4009600000              | 206538461,5       | 48950000      |
| 6           | 129,3           | 34,9                | 6,2                         | 64650000 | 3786650000              | 201346153,8       | 64650000      |
| 7           | 84,4            | 38,9                | 6,1                         | 42200000 | 4152575000              | 224423076,9       | 42200000      |
| 8           | 77,4            | 35,1                | 5,8                         | 38700000 | 3562650000              | 202500000         | 38700000      |
| 9           | 102,5           | 34,9                | 5,5                         | 51250000 | 3359125000              | 201346153,8       | 51250000      |
| 10          | 82,5            | 36,6                | 5,2                         | 41250000 | 3330600000              | 211153846,2       | 41250000      |
| 11          | 58,7            | 36                  | 5,1                         | 29350000 | 3213000000              | 207692307,7       | 29350000      |

|    |        |       |               |            |             |             |            |
|----|--------|-------|---------------|------------|-------------|-------------|------------|
| 12 | 86,7   | 34,6  | 5             | 43350000   | 3027500000  | 199615384,6 | 43350000   |
| 13 | 105,1  | 37,1  | 4,9           | 52550000   | 3181325000  | 214038461,5 | 52550000   |
| 14 | 106,1  | 35,7  | 4,4           | 53050000   | 2748900000  | 205961538,5 | 53050000   |
| 15 | 60,2   | 35    | 4,3           | 30100000   | 2633750000  | 201923076,9 | 30100000   |
| 16 | 101,8  | 35,4  | 4,3           | 50900000   | 2663850000  | 204230769,2 | 50900000   |
| 17 | 89,9   | 40,2  | 4,3           | 44950000   | 3025050000  | 231923076,9 | 44950000   |
| 18 | 108,9  | 37,2  | 4             | 54450000   | 2604000000  | 214615384,6 | 54450000   |
| 19 | 134    | 32,2  | 3,5           | 67000000   | 1972250000  | 185769230,8 | 67000000   |
| 20 | 111    | 36,5  | 3,4           | 55500000   | 2171750000  | 210576923,1 | 55500000   |
| 21 | 113,3  | 31,1  | 3,1           | 56650000   | 1687175000  | 179423076,9 | 56650000   |
| Σ  | 2124,3 | 748,3 | Среднее = 5,2 | 1062150000 | 68613475000 | 4317115385  | 1062150000 |

Сумма затрат = 75,055 млрд. руб

Примечание: 1) Аренда земель с/х назначения = 100000 руб/Га,  
 2) Транспортирование вскрыши автосамосвалами БелАЗ 75131 = 7 руб/т.км.  
 3) Планировка отвала бульдозером CAT-D9R= 2500 руб/час (с учетом сменной Q<sub>см</sub> = 5200 м<sup>3</sup>/см)  
 4) Рекультивация нарушенных поверхностей = 500000 руб/Га

Следовательно, возможный путь сокращения издержек на низкопрофильное отвалообразования является сокращение дальности транспортирования.

Для сокращения плеча транспортирования предложен перенос проектируемых площадей на отвал с самых дальних дистанций на более короткие – это позволит уменьшить как пиковые значения каждого из плеч, так и среднюю дальность транспортирования. Графический анализ и моделирование показали, что наиболее рациональный вариант сокращения транспортного плеча является перенос и размещение объема отвальных пород с тел отвала, расположенных с севера от карьерной выемки, в тело

отвала, проектируемого в южной части от него (рис.5.5.2).

Таблица 5.5.8

## Затраты на отсыпку отвала многоярусного отвала

| Этап отсыпки (1 этап=5 лет) | Площадь отсыпки | Объем отсыпки | Дальность транспортирования | Аренда        | Транспортировки вскрыши | Планировка отвала | Рекультивация |
|-----------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|---------------|
|                             | Га              | млн . м3      | км.                         | руб.          | руб.                    | руб.              | руб.          |
| 1                           | 145,6           | 33            | 2,6                         | 2912000<br>00 | 1501500000              | 190384615,4       | 291200000     |
|                             |                 | 33            | 2,8                         |               | 1617000000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3                           |               | 1732500000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3,2                         |               | 1848000000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3,4                         |               | 1963500000              | 190384615,4       |               |
| 2                           | 145,6           | 33            | 2,8                         | 2184000<br>00 | 1617000000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3                           |               | 1732500000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3,2                         |               | 1848000000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3,4                         |               | 1963500000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 3,6                         |               | 2079000000              | 190384615,4       |               |
| 3                           | 145,6           | 33            | 3,8                         | 1456000<br>00 | 2194500000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 4,1                         |               | 2367750000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 4,4                         |               | 2541000000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 4,7                         |               | 2714250000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 5                           |               | 2887500000              | 190384615,4       |               |
| 4                           | 145,6           | 33            | 4,1                         | 7280000       | 2367750000              | 190384615,4       |               |
|                             |                 | 33            | 4,4                         | 0             | 2541000000              | 190384615,4       |               |

|          |       |     |                      |               |                 |             |           |
|----------|-------|-----|----------------------|---------------|-----------------|-------------|-----------|
|          |       | 33  | 4,7                  |               | 2714250000      | 190384615,4 |           |
|          |       | 33  | 5                    |               | 2887500000      | 190384615,4 |           |
|          |       | 33  | 5,3                  |               | 3060750000      | 190384615,4 |           |
|          |       | 33  | 5,5                  |               | 3176250000      | 190384615,4 |           |
| $\Sigma$ | 582,4 | 693 | Средн<br>ее =<br>3,8 | 7280000<br>00 | 4632075000<br>0 | 3992307692  | 291200000 |

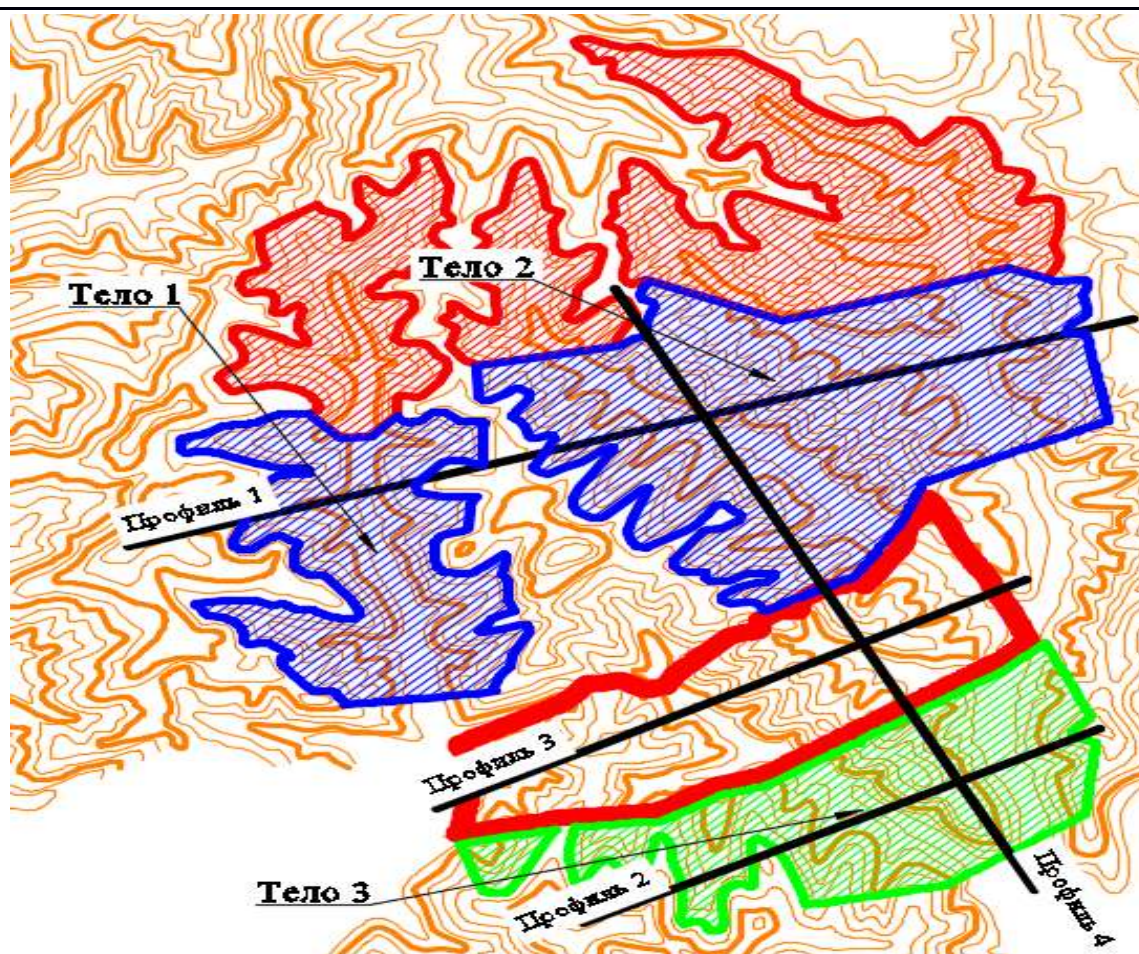
Сумма затрат = 51,332 млрд. руб

Примечание: 1) Аренда земель с/х назначения = 100000 руб/Га

2) Транспортирование вскрыши автосамосвалами БелАЗ 75131 = 7 руб/т.км.

3) Планировка отвала бульдозером CAT-D9R= 2500 руб/час (с учетом сменной Q см = 5200 м3/см)

4) Рекультивация нарушенных поверхностей = 500000 руб/Га





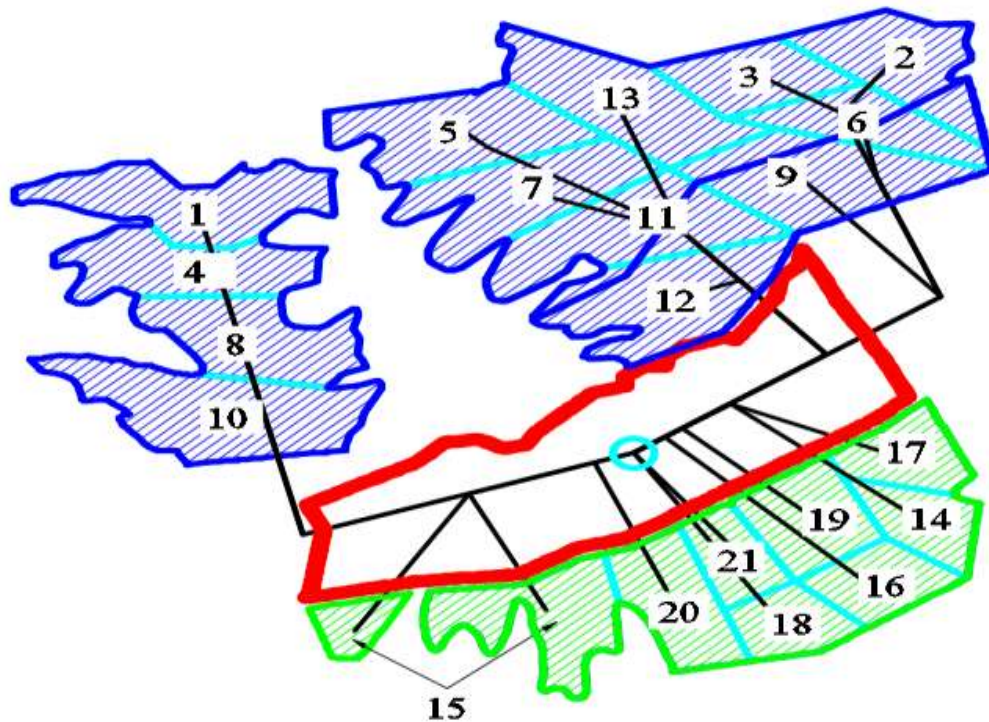


Рис. 5.5.2. План переноса части переформированного низкопрофильного отвала с тел 1 и 2 в тело 3 и план распределения частей отсыпки переформированного низкопрофильного отвала по годам с трассировкой до каждого участка.

Переместив часть отвала с северной стороны от карьерной выемки на южную, мы сокращаем дальность транспортирования и соответственно снижаем затраты на вывоз горной массы. Перепланировка отвальных тел осуществляется в зависимости от расположения того или иного участка и удаленности его от карьерной выемки от большей к меньшей (табл. 5.5.9).

Это дает возможность более гибко отрегулировать отсыпaeмый объем в низкопрофильный отвал (переформированный) за счет внедрения нового тела и скорректировать его в соответствии с требуемым объемом.

Таблица 5.5.9

Сравнение дальностей транспортирования до отвалов

| Год отсыпки | Низкопрофильный отвал (одностороннее положение) | Низкопрофильный отвал (двухстороннее положение) | Пирамидальный отвал |
|-------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
|-------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|

|                  | км. | км. | км. |
|------------------|-----|-----|-----|
| 1                | 7,7 | 5,5 | 2,6 |
| 2                | 7,6 | 5,2 | 2,8 |
| 3                | 6,6 | 5,1 | 3,0 |
| 4                | 6,5 | 5   | 3,2 |
| 5                | 6,4 | 4,9 | 3,4 |
| 6                | 6,2 | 4,4 | 2,8 |
| 7                | 6,1 | 4,3 | 3,0 |
| 8                | 5,8 | 4,3 | 3,2 |
| 9                | 5,5 | 4,3 | 3,4 |
| 10               | 5,2 | 4   | 3,6 |
| 11               | 5,1 | 3,5 | 3,8 |
| 12               | 5,0 | 3,4 | 4,1 |
| 13               | 4,9 | 3,1 | 4,4 |
| 14               | 4,4 | 2,5 | 4,7 |
| 15               | 4,3 | 2,5 | 5,0 |
| 16               | 4,3 | 2,2 | 4,1 |
| 17               | 4,3 | 2,1 | 4,4 |
| 18               | 4,0 | 1,9 | 4,7 |
| 19               | 3,5 | 1,6 | 5,0 |
| 20               | 3,4 | 1,6 | 5,3 |
| 21               | 3,1 | 1,4 | 5,5 |
| Среднее<br>плечо | 5,2 | 3,5 | 3,8 |

У низкопрофильного отвала (переформированного) наряду с изменением плеча транспортирования поменяются и другие параметры отвальных тел: площади, объемы общие и частей, отсыпаемых за год (табл. 5.5.10, 5.5.11). Тело №3 также отсыпается до отметки +360м. при средней

высоте 80м., вдоль всей длины карьерного поля с южной стороны.

Таблица 5.5.10

Параметры низкопрофильного отвала (двухстороннее положение)

| Год<br>отсыпки | Объем вмещающей<br>вскрыши |      |      | Площадь,<br>занимаемая частью<br>отвала |       |       | Дальность<br>транспортирования |     |     |
|----------------|----------------------------|------|------|-----------------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-----|-----|
|                | млн. м <sup>3</sup>        |      |      | Га                                      |       |       | км                             |     |     |
|                | Тело                       |      |      | Тело                                    |       |       | Тело                           |     |     |
|                | 1                          | 2    | 3    | 1                                       | 2     | 3     | 1                              | 2   | 3   |
| 1              | 34,9                       |      |      | 102,5                                   |       |       | 5,5                            |     |     |
| 2              |                            | 36,6 |      |                                         | 82,5  |       |                                | 5,2 |     |
| 3              |                            | 36   |      |                                         | 58,7  |       |                                | 5,1 |     |
| 4              | 34,6                       |      |      | 86,7                                    |       |       | 5                              |     |     |
| 5              |                            | 37,1 |      |                                         | 105,1 |       |                                | 4,9 |     |
| 6              |                            | 35,7 |      |                                         | 106,1 |       |                                | 4,4 |     |
| 7              |                            | 35   |      |                                         | 60,2  |       |                                | 4,3 |     |
| 8              | 35,4                       |      |      | 101,8                                   |       |       | 4,3                            |     |     |
| 9              |                            | 40,2 |      |                                         | 89,9  |       |                                | 4,3 |     |
| 10             | 37,2                       |      |      | 108,9                                   |       |       | 4                              |     |     |
| 11             |                            | 32,2 |      |                                         | 134   |       |                                | 3,5 |     |
| 12             |                            | 36,5 |      |                                         | 111   |       |                                | 3,4 |     |
| 13             |                            | 31,1 |      |                                         | 113,3 |       |                                | 3,1 |     |
| 14             |                            |      | 30,4 |                                         |       | 45,6  |                                |     | 2,5 |
| 15             |                            |      | 27,5 |                                         |       | 110,5 |                                |     | 2,5 |
| 16             |                            |      | 29   |                                         |       | 49,3  |                                |     | 2,2 |
| 17             |                            |      | 27,6 |                                         |       | 48,5  |                                |     | 2,1 |
| 18             |                            |      | 28,2 |                                         |       | 43,3  |                                |     | 1,9 |
| 19             |                            |      | 29,9 |                                         |       | 67,7  |                                |     | 1,6 |

|          |       |       |       |        |       |       |               |  |     |
|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------|--|-----|
| 20       |       |       | 28,4  |        |       | 71,1  |               |  | 1,6 |
| 21       |       |       | 28,9  |        |       | 40,5  |               |  | 1,4 |
| $\Sigma$ | 142,1 | 320,4 | 229,9 | 399,9  | 860,8 | 476,5 | Средняя = 3,5 |  |     |
|          | 692,4 |       |       | 1737,2 |       |       |               |  |     |

Таблица 5.5.11

Экономический расчет затрат на отсыпку низкопрофильного отвала  
(двухстороннее положение)

| Го<br>д<br>от<br>сы<br>пк<br>и | Площ<br>адь<br>отсып<br>ки | Объ<br>ем<br>отс<br>ыпк<br>и | Дал<br>ьно<br>сть<br>тра<br>нсп<br>орт<br>иро<br>ван<br>ия | Аренда   | Транспорти<br>ровки<br>вскрыши | Планировка<br>отвала | Рекультива<br>ция |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|----------------------|-------------------|
|                                | Га                         | млн<br>. м3                  | км.                                                        | руб.     | руб.                           | руб.                 | руб.              |
| 1                              | 102,5                      | 34,9                         | 5,5                                                        | 51250000 | 3359125000                     | 201346153,8          | 51250000          |
| 2                              | 82,5                       | 36,6                         | 5,2                                                        | 41250000 | 3330600000                     | 211153846,2          | 41250000          |
| 3                              | 58,7                       | 36                           | 5,1                                                        | 29350000 | 3213000000                     | 207692307,7          | 29350000          |
| 4                              | 86,7                       | 34,6                         | 5                                                          | 43350000 | 3027500000                     | 199615384,6          | 43350000          |
| 5                              | 105,1                      | 37,1                         | 4,9                                                        | 52550000 | 3181325000                     | 214038461,5          | 52550000          |
| 6                              | 106,1                      | 35,7                         | 4,4                                                        | 53050000 | 2748900000                     | 205961538,5          | 53050000          |
| 7                              | 60,2                       | 35                           | 4,3                                                        | 30100000 | 2633750000                     | 201923076,9          | 30100000          |
| 8                              | 101,8                      | 35,4                         | 4,3                                                        | 50900000 | 2663850000                     | 204230769,2          | 50900000          |
| 9                              | 89,9                       | 40,2                         | 4,3                                                        | 44950000 | 3025050000                     | 231923076,9          | 44950000          |



|    |        |       |     |           |             |             |           |
|----|--------|-------|-----|-----------|-------------|-------------|-----------|
| 10 | 108,9  | 37,2  | 4   | 54450000  | 2604000000  | 214615384,6 | 54450000  |
| 11 | 134    | 32,2  | 3,5 | 67000000  | 1972250000  | 185769230,8 | 67000000  |
| 12 | 111    | 36,5  | 3,4 | 55500000  | 2171750000  | 210576923,1 | 55500000  |
| 13 | 113,3  | 31,1  | 3,1 | 56650000  | 1687175000  | 179423076,9 | 56650000  |
| 14 | 45,6   | 30,4  | 2,5 | 22800000  | 1330000000  | 175384615,4 | 22800000  |
| 15 | 110,5  | 27,5  | 2,5 | 55250000  | 1203125000  | 158653846,2 | 55250000  |
| 16 | 49,3   | 29    | 2,2 | 24650000  | 1116500000  | 167307692,3 | 24650000  |
| 17 | 48,5   | 27,6  | 2,1 | 24250000  | 1014300000  | 159230769,2 | 24250000  |
| 18 | 43,3   | 28,2  | 1,9 | 21650000  | 937650000   | 162692307,7 | 21650000  |
| 19 | 67,7   | 29,9  | 1,6 | 33850000  | 837200000   | 172500000   | 33850000  |
| 20 | 71,1   | 28,4  | 1,6 | 35550000  | 795200000   | 163846153,8 | 35550000  |
| 21 | 40,5   | 28,9  | 1,4 | 20250000  | 708050000   | 166730769,2 | 20250000  |
| Σ  | 1737,2 | 692,4 | 3,5 | 868600000 | 43560300000 | 3994615385  | 868600000 |

Сумма затрат = 49,292 млрд. руб

Примечание: 1) Аренда земель с/х назначения = 100000 руб/Га  
 2) Транспортирование вскрыши автосамосвалами БелАЗ 75131 = 7 руб/т.км.  
 3) Планировка отвала бульдозером САТ-D9R= 2500 руб/час (с учетом сменной  $Q_{см} = 5200 \text{ м}^3/\text{см}$ )  
 4) Рекультивация нарушенных поверхностей = 500000 руб/Га

Исходя из этого (табл.5.15.10,5.5.11) более целесообразно рассматривать экономическую эффективность отвала как на этапе его отсыпки, так и от последующего использования земель благоприятных для ведения промышленности или иного вида хозяйства, будь то сельское, животноводческое и др.(табл.5.5.12).

Таблица 5.5.12

Сводная таблица затрат на отвалообразование

| Затраты | Низкопрофильный | Пирамидальны | Переформированны |
|---------|-----------------|--------------|------------------|
|---------|-----------------|--------------|------------------|

|                                                                                                      | отвал    | й отвал  | й низкопрофильный<br>отвал |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------------------------|
|                                                                                                      | млн. руб | млн. руб | млн. руб                   |
| Аренда                                                                                               | 1062,2   | 728      | 868,6                      |
| Транспортир<br>овка                                                                                  | 68613,48 | 46320,75 | 43560,3                    |
| Планировка                                                                                           | 4317,1   | 3992,3   | 3994,6                     |
| Рекультивац<br>ия                                                                                    | 1062,15  | 291,2    | 868,6                      |
| $\Sigma$                                                                                             | 75055*   | 51332    | 49292                      |
| Примечание: * с учетом поправки на объем затраты на низкопрофильный отвал составляют 69426 млн. руб. |          |          |                            |

В данном случае низкопрофильный отвал будет намного более рентабельным, т.к. несет в себе большую ценность для последующих поколений. Дальнейшая прибыль от использования земель может измеряться миллиардами рублей, а положительная экологическая оценка поверхности позволит избежать устрашающих последствий, возникающих после использования предприятием.

Геомеханическая устойчивость низкопрофильного отвала исключит возможность техногенных катастроф, таких как оползни, сели и др., а также позволят избежать дополнительных затрат совокупных с фактором риска, и оградить предприятие от неблагоприятных экономических и производственных последствий. Пример использования площадей отвала в альтернативных после отсыпки и предполагаемый доход представлен в таблице 5.5.13.

Таблица 5.5.13

Пример использования площадей отвала в последующих после отсыпки  
годах и предполагаемый доход

| Год | Используемая | Используемая | Доход |
|-----|--------------|--------------|-------|
|-----|--------------|--------------|-------|

| ИСПОЛЬЗОВАНИЯ | часть | площадь |                       |
|---------------|-------|---------|-----------------------|
|               |       | Га      | руб                   |
| 1             | -     | -       | -                     |
| 2             | -     | -       | -                     |
| 3             | -     | -       | -                     |
| 4             | -     | -       | -                     |
| 5             | -     | -       | -                     |
| 6             | 1     | 102,5   | 1722000               |
| 7             | 2     | 82,5    | 3108000               |
| 8             | 3     | 58,7    | 4094160               |
| 9             | 4     | 86,7    | 5550720               |
| 10            | 5     | 105,1   | 7316400               |
| 11            | 6     | 106,1   | 9098880               |
| 12            | 7     | 60,2    | 10110240              |
| 13            | 8     | 101,8   | 11820480              |
| 14            | 9     | 89,9    | 13330800              |
| 15            | 10    | 108,9   | 15160320              |
| 16            | 11    | 134     | 17411520              |
| 17            | 12    | 111     | 19276320              |
| 18            | 13    | 113,3   | 21179760              |
| 19            | 14    | 45,6    | 21945840              |
| 20            | 15    | 110,5   | 23802240              |
| 21            | 16    | 49,3    | 24630480              |
| 22            | 17    | 48,5    | 25445280              |
| 23            | 18    | 43,3    | 26172720              |
| 24            | 19    | 67,7    | 27310080              |
| 25            | 20    | 71,1    | 28504560              |
| 26            | 21    | 40,5    | 29184960              |
| <b>Σ</b>      |       |         | <b>346,2 млн. руб</b> |

Примечание:

- 1) Расчет прибыли производился с учетом засева территорий после срока усадки отвала, технического и биологического этапа рекультивации и возвратом земель.
- 2) Земли, возвращенные в земельный фонд в период эксплуатации карьера используются под засев культурой «пшеница»
- 3) Годовая прибыль со 100 Га земли, в среднем по России, составляет 1 680 000 руб.

Основные расчеты по технологии формирования низкопрофильного отвала, позволяют сделать следующие заключения. Главный экономический критерий влияющий на эффективность отвалообразования – являются затраты на транспортирование вскрышной породы. Затраты на транспортировку вскрышных пород в отвал играют более существенную роль и несут более высокие затраты на реализацию: примерно 90,2% затрат в случае отсыпки пирамидального отвала и 91,4% при отсыпке низкопрофильного. Стоимости аренды земель составляет 1,7% от всех затрат на отвалообразование. Увеличение показателей геомеханической устойчивости при формировании низкопрофильного отвала уменьшает риск возникновения техногенных катастроф, снижая затраты на их ликвидацию. Низкопрофильное отвалообразование позволяет получать прибыль с арендуемых земель, так как оно включает поэтапную сдачу отвальных земель в фонд государства. Благодаря поэтапной отсыпки начать возвращать земли из аренды государству при низкопрофильном отвале возможно уже через 5-6 лет. При формировании многоярусного отвала возвращение земли из аренды происходит после всех 4-х этапов открытых горных работ, т.е. земли начинают использоваться в народном хозяйстве через 20 лет. На первый взгляд может показаться, что предложенная несколько несколько уступает классической схеме в плане транспортных затрат, но предложенная схема отвалообразования создает положительную земельную единицу с позиции

рельефообразующих процессов и дает возможность получать в дальнейшем прибыль от неё на более ранних сроках, а также при проведении открытых горных работах вблизи населенных пунктов позволяет улучшить рельеф местности для дальнейшего промышленного, сельскохозяйственного и социального использования. Таким образом, сравнивая капитальные затраты на отсыпку двух видов отвалов экономический перевес должен склонить недропользователя к использованию инновационной схемы отсыпки отвала.

### **Выводы**

В ходе исследования проанализирована технология расположения и формирования низкопрофильного отвала вскрышных пород, произведен расчет экономической составляющей данного проекта.

Про результатам расчета в условиях, когда отвал отсыпается на неровности рельефа поверхности, а карьер находится рядом с ним было установлено, что величина затрат возрастает как при низкой величине (+30) высоты отвала, так и при увеличении высоты отвала (+270) следовательно, изыскивается оптимальная высота отвала при которой будет наименьшие затраты. Такой высотой оказалась (+60), при ней наблюдалась экономия в 2млрд. рублей. Так же как можно наблюдать, что основная доля затрат на отвалообразование зависит от дальности транспортирования.

Низкопрофильный отвал даёт преимущество в сокращении плеча транспортирования, т.к. отсыпка начинается с самых дальних участков к более ближним, тем самым корректируется дальность к темпу углубки горных работ, в отличие от многоярусного отвала, в котором с увеличением высоты отвального тела растет и глубина карьера, соответственно со временем увеличивается дальность транспортирования. Именно такая проблема возникла при подсчете экономического эффекта в конкретных горно-геологических условиях, по результатам принято, что схема по

переносу части отвального тела к северной части карьерного поля. Тем самым удалось сократить транспортное плечо с 5,2км (низкопрофильный отвал) до 3,5км (переформированный низкопрофильный отвал) против 3,8км (высокий многоярусный отвал), так же в результате такого переноса удалось сократить площадь арендуемых земель на 400Га, что благоприятно отражается на экономических показателях отсыпки низкопрофильного отвала. Такое сокращение площади удалось благодаря более крутому рельефу в северной части, т.к. тело №3, так же как и №1, №2 отсыпалось до отметки +360 при средней высоте 80м.

На графике зависимости затрат на транспортировку при изменении дальности транспортирования можно четко наблюдать, что сокращение дальности транспортирования и соответственно затрат на транспортировку к моменту погашения горных работ будет сведено к минимуму с 3,36млрд.руб до 0,7 млрд.руб.

В результате всех мероприятий, математического и графического моделирования удалось получить экономическое превосходство переформированного низкопрофильного отвала перед многоярусным, почти в 2 млрд. руб.

Так же благодаря тому, что низкопрофильный отвал создает позитивную ландшафтную единицу, от него можно получать прибыль, в результате расчетов приведен пример использования площадей отвала в последующих после отсыпки годах и предполагаемый доход.

Расчет прибыли производился с учетом засева территорий после срока усадки отвала, технического и биологического этапа рекультивации и возвратом земель. Земли, возвращенные в земельный фонд в период эксплуатации карьера используются под засев культурой «пшеница», годовая прибыль со 100 Га земли, в среднем по России, составляет 1 680 000 руб., таким образом за 26 лет можно получить прибыль примерно равную 346,2 млн. руб.

## **Глава 6. Составление модели оценки эффективности предлагаемых технологий и область применения эффективной технологии**

### **6.1. Общие положения**

Результаты технического развития предприятия отражают достигнутый уровень техники, технологии и организации производства, которые находят свое выражение в конкурентоспособности.

Как уже отмечалось ранее (п.2-5) - развитие технологических решений направленных на увеличение долевого участия внутреннего отвалообразования при отработке наклонных и крутопадающих залежей способствует снижению текущей землеемкости, а так же создание благоприятного рельефа поверхности при внешнем отвалообразовании. В целом при использовании продольной углубочной системы открытой разработки приводит к необходимости размещения всех пород вскрыши на внешних отвалах, что влечет за собой увеличению ресурсозатрат различной направленности.

Перемещение ежегодных объемов вскрыши достигающих значений десятков и сотен миллионов кубометров вскрыши (по Кузбассу) на внешние отвалы, расположенные как правило на значительном расстоянии от забоев приводит к росту количества транспортных средств и вспомогательного оборудования. Следовательно, применяемая углубочная продольная система разработки не полностью соответствует разнообразным условиям и необходимо изыскивать более совершенные технологические решения, что и представлено в ранее изложенных главах. Поиск новых технологических решений, осуществленный в диссертационной работе, позволил предложить новые технологические решения ресурсосберегающей и экологически безопасной направленности при открытой разработке угольных залежей Кузбасса. В дальнейшем предлагается оценить принятые технологические

решения с позиции разнонаправленных критериев оценки эффективности технологических решений.

## **6.2. Оценивание землеемкости угольных разрезов видоизменением системы открытой разработки**

Продолжающаяся эксплуатация угольных разрезов Кемеровской области с продольными углубочными системами открытой разработки способствует прогрессирующему росту изъятия земель сельскохозяйственного назначения. Однако балансирование между экологической направленностью регионов с открытой добычей угля и приростом производственных мощностей должно основываться на подходах с модернизированными базами научно-технической направленности рационального соотношения способов разработки и воздействия на окружающую среду, что больше всего достигнуто в практике работы зарубежных угольных разрезов. К тому же при открытой добыче угля в Кузнецком угольном бассейне землеемкость превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. Выявление причин малочисленной реализации таких подходов и их устранения в отечественном производстве должны базироваться на комплексном целенаправленном воздействии выбора двух объектов функционирования - внешнего или внутреннего отвалов, что и служит целям данной работы - развитие известных теоретических подходов управления землеемкостью (рис.6.2.1).

Анализ проектной документации по угольным разрезам Кемеровской области показывает, что примерно паритетное соотношение в укрупненной структуре площадей нарушаемых земель показывает, что основное влияние на землеемкость оказывает порядок отработки угольного разреза - углубочная продольная система разработки, а именно значительную долю нарушаемых территорий занимает карьерное поле (до 38%) и внешний отвал (до 44%) до-



левые остатки приходится на инфраструктурные объекты и прочие нарушения.

При этом, несмотря на замедление роста спроса на продукцию угольных предприятий Кемеровской области, снижение темпов открытой угледобычи за последние два года в целом не наблюдается. Следовательно, изъятие земель из сельхозоборота, либо останется на прежнем уровне или, не смотря на кризисные явления, будет наблюдаться тенденция роста землеемкости открытой угледобычи в Кузнецком угольном бассейне.

Землеёмкость (текущая, средняя, эксплуатационная) определяется как отношение площади нарушенных земель за  $i$ -й период к добыче полезного ископаемого за этот же период т.е.

$$З = \frac{\sum_{i=1}^n S_{нз.i}}{A_{г.i}} \quad (6.2.1)$$

где  $З$  - землеемкость, Га/млн.т.;  $S_{нз.i}$  - площадь нарушаемых земель открытыми горными работами, Га;  $A_{г.i}$  - добыча угля за определенный период.

Базируясь на основании данных проектных организаций ОАО «Кузбассгипрошахт», ООО «Сибгеопроект», ОАО «Сибгипрошахт», ЗАО «Гипроуголь» и других за период 2000-15гг., информации источников научно-технической литературы, автором были получены укрупненные показатели землеемкости производства открытой угледобычи.

Применительно к действующим карьерным полям Кемеровской области определены обобщенные показатели землеемкости по отношению к среднегодовой производственной мощности предприятий по добыче каменного угля открытым способом (рис.6.2.2). Большой удельный вес землеемкости открытой угледобычи объясняется тем, что практически вся вскрышная порода при продольной системе разработки вывозится за пределы карьерного поля. По этой причине землеемкость добычи угля в Кузнецком угольном бассейне превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. В конечном итоге при такой тенденции могут быть негативные последствия по увеличению экологической нагрузки на Кемеровскую область.

Из графика на рис.6.2.2. следует, что по величине землеемкости угольные разрезы можно сгруппировать следующим образом [139]:

- с производственной мощностью до 4 млн.т/год соотношение добычи к землеемкости 1:3 («Вахрушева», «Киселевский», «Байдаевский», «Сартаки» и др.);
- в интервале от 4 до 10 млн.т/год соотношение 1:5 («Кедровский», «Моховский», «Бачатский» и др.).

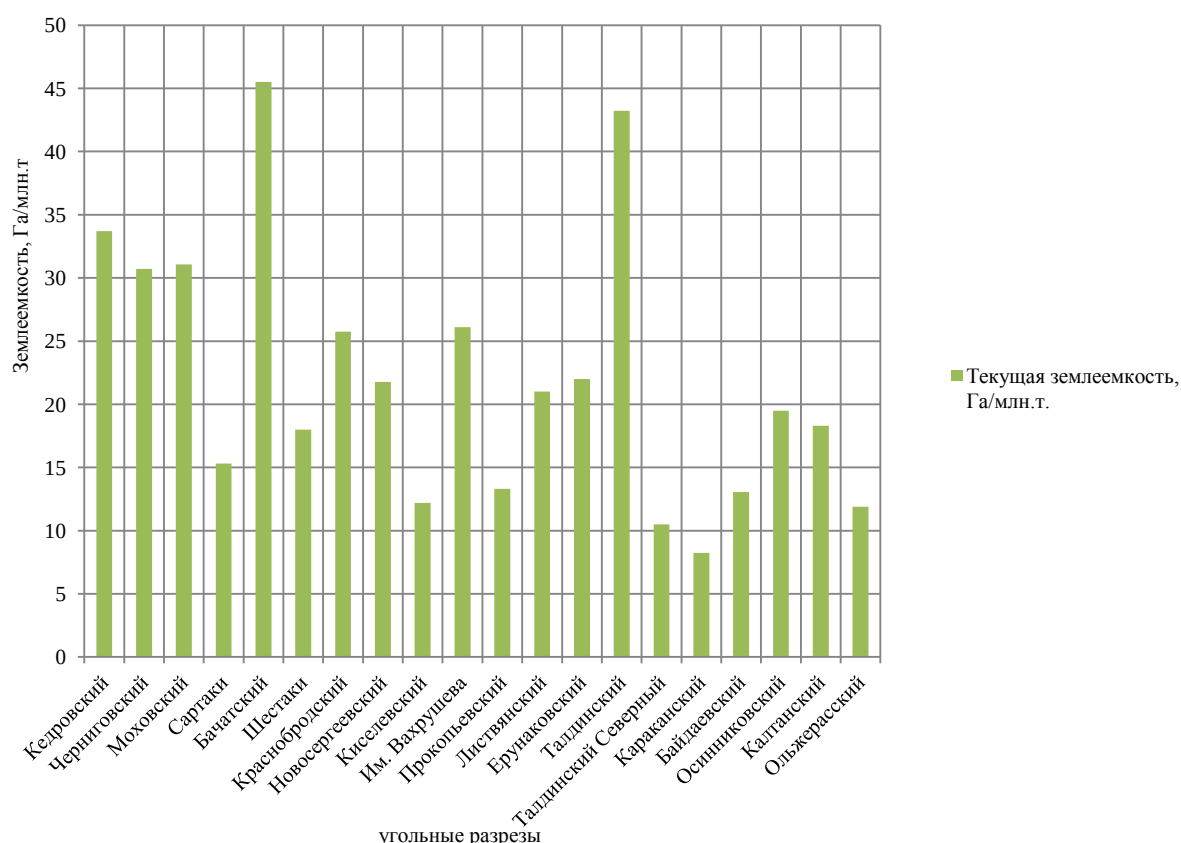


Рис. 6.2.1. Укрупненные показатели землеемкости производства открытой угледобычи в Кемеровской области.

Таким образом, временной разрыв от начала эксплуатации действующих карьерных полей и момента возникновения процесса заполнения выработанного пространства вскрышной породой приводит к незначительности процесса внутреннего отвалообразования и увеличению землеемкости. На основе полученных укрупненных показателей землеемкости возможна про-

гнозная оценка целенаправленных воздействий – или продолжать эксплуатацию угольного разреза с внешним отвалом (ми) или в качестве альтернативной вариантности использовать складирование в выработанном пространстве карьерного поля. Из этого следует, что землеемкость производства горных работ открытым способом может быть значительно снижена за счет складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля. К таким можно отнести сплошные поперечные системы открытой разработки. В вышеупомянутых источниках научно-технической литературы и во многих других, посвященных данному направлению, многократно и доказательно подтверждалась эффективность использования выработанного пространства карьерного поля для складирования вскрышных пород.

На современном уровне развития открытых горных работ за рубежом признано, что наиболее рациональное соотношение технологии и окружающей среды достигнуто в практике работы угольных разрезов США, Канады, Великобритании, Франции. Этому способствуют наименее благоприятные условия открытого способа разработки с точки зрения экологии и окружения горного производства.

Факторами, оказывающими ограничения на развитие открытых горных работ, являются: отсутствие свободных земель; большая плотность населения; развитое сельское хозяйство; развитая инфраструктура коммуникаций; наличие ценных, с исторической, эстетической и природной точек зрения, ландшафтов.

В таких условиях предпочитают системы открытой разработки, позволяющие иметь минимум нарушенных площадей земной поверхности и производить рекультивацию одновременно с разработкой.

В зарубежных источниках уже с прошлого века и по настоящее время [4-10] приводится много примеров практического применения однобортной поперечной системы разработки с внутренним отвалообразованием на месторождениях угля, и отмечаются ее достоинства: нарушаемая горными ра-

ботами площадь земель и время ее отторжения минимальны; сокращение расстояния транспортирования пород до минимального за счет компактного построения зоны рабочего борта и отвала в карьере; преимущественно внутреннее отвалообразование в основной период работы карьера; ускоренная рекультивация земель (начало через 5–6 лет после начала разработки) со скоростью последующего восстановления, равной скорости отторжения;

В табл. 6.2.1 приведены примеры применения поперечной системы разработки в зарубежных странах.

Таблица 6.2.1

Примеры применения поперечной системы разработки в зарубежных странах

| Карьер,<br>страна                         | Запасы,<br>млн. т | Площадь<br>горного<br>отвода, Га | Количество<br>пластов | Мощность<br>пластов, м | Угол<br>падения<br>пластов,<br>град. | Мощность<br>карьера,<br>млн.т/<br>год | Коэффициент<br>вскрыши,<br>м <sup>3</sup> /т | Глубина,<br>м |
|-------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|---------------|
| Westfield,<br>Великобритания              | 20                | 372                              | 6                     | –                      | 10–45                                | –                                     | 15,3                                         | 206           |
| Nant Helen,<br>Великобритания             | 3,3               | 308                              | 13                    | 0,2–3,5                | 0–10                                 | –                                     | 22                                           | 146           |
| Park Slip<br>Extension,<br>Великобритания | 2,3               | 179                              | 23                    | 0,2–1,1                | 0–10                                 | 0,3                                   | 19                                           | 120           |
| Ffos Las,                                 | 3,3               | 423                              | 11                    | 0,2–                   | 0–7                                  | –                                     | 19                                           | 140           |

|                                               |      |      |    |             |       |       |     |     |
|-----------------------------------------------|------|------|----|-------------|-------|-------|-----|-----|
| Велико-<br>британия                           |      |      |    | 5,5         |       |       |     |     |
| Keekle Ek-<br>tension,<br>Велико-<br>британия | 2,1  | 320  | 16 | 0,1–<br>1,7 | 1–4   | 0,23  | 21  | 120 |
| Keekle Ek-<br>tension,<br>Велико-<br>британия | 2.1  | 320  | 16 | 0,1–<br>1,7 | 1–4   | 0,23  | 21  | 120 |
| Dalguhan-<br>dy, Вели-<br>кобрита-<br>ния     | 15   | 1046 | 16 | 0,2–<br>1,9 | 1–10  | 1,0   | 15  | 110 |
| Herault,<br>Франция                           | 3,9  | –    | 8  | 2–6         | 70    | 0,2   | 6   | –   |
| Gerrejón,<br>Колумбия                         | 300  | 3800 | 40 | 1–10        | 10–35 | до 15 | 5–6 | 225 |
| Kemmerer,<br>США                              | –    | –    | 10 | 3–30        | 25–30 | 3,2   | 4,6 | –   |
| Saxonvale,<br>Австралия                       | 4700 | –    | 11 | 2–20        | 5–20  | до 7  | 4,5 | 300 |
| Mesa, Ка-<br>нада                             | 22   | –    | 5  | 1–9         | 22–40 | 5,3   | 5,6 | 200 |
| Wolverine,<br>Канада                          | –    | –    | 8  | 0,7–<br>4,3 | 15–27 | 1     | –   | 240 |

Для небольших угольных месторождений Франции характерно применение однобортовой поперечной системы разработки с минимальным разме-

ром рабочей зоны и внутренним отвалообразованием. Месторождения имеют 5–6 пластов угля наклонного или крутого падения, осложненных нарушениями.

В качестве примера, в США при открытой разработке месторождений полезных ископаемых можно привести данные об использовании однобортной поперечной системы на карьере KEMMERER мощностью 3,2 млн. т, разрабатывающем свиту из 12 пластов наклонного падения ( $22\text{--}25^\circ$ ) мощностью 3–30 м. Глубина работ достигает 300 м, коэффициент вскрыши  $4,6 \text{ м}^3/\text{т}$ .

На антрацитовых месторождениях восточного побережья США поперечная система запроектирована на месторождениях со сложной геологией. Глубина разработки составляет 250–280 м.

В Канаде поперечная система разработки применяется на группе карьеров (3 карьера) компании QUINTETTE COAL со сложной геологией и горным рельефом. Углы падения свит из 5–8 пластов мощностью 0,7–9,5 м меняются в пределах  $15\text{--}70^\circ$ . Выемка пород и угля ведется комплектом гидравлических экскаваторов. Мощность карьеров 1–5 млн. т, коэффициент вскрыши  $3,5\text{--}6,4 \text{ м}^3/\text{т}$ , срок работы до 20 лет. Отвалообразование преимущественно внутреннее.

Самым крупным в мире карьером с поперечной системой разработки является совместное предприятие (США и Колумбия) GERRE ON в Колумбии с годовой производительностью по полезному ископаемому до 15 млн. т угля в год. На карьере разрабатывается до 40 наклонных пластов угля с диапазоном залегания  $10\text{--}35^\circ$ , мощностью 1–10 м. Максимальная глубина разработки 225 м при ширине карьера 2 км. Длина первоначального этапа разработки составляет 10 км. с запасами более 300 млн. т. Коэффициент вскрыши  $5\text{--}6 \text{ м}^3/\text{т}$ . Отвалообразование после шестого года разработки внутреннее с параллельным ведением рекультивации.

Таким образом, по анализу работы зарубежных угольных карьеров, можно заключить, что землеемкость в несколько раз ниже, чем на отече-

венных предприятиях, что обеспечивается системами разработки с внутренними отвалами.

В Кемеровской области зачастую при одной и той же территориальной расположенности горных предприятий весьма перманентно представлены данные ценообразования арендой платы за пользование земельными паями, но для теоретических расчетов можно применить дольные абсолютные единицы (проценты) [181]. Тогда выбирая текущую землеемкость за базовый уровень, определим теоретические функции ее распределения в зависимости от исходного ее состояния и прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей (рис.6.2.3).

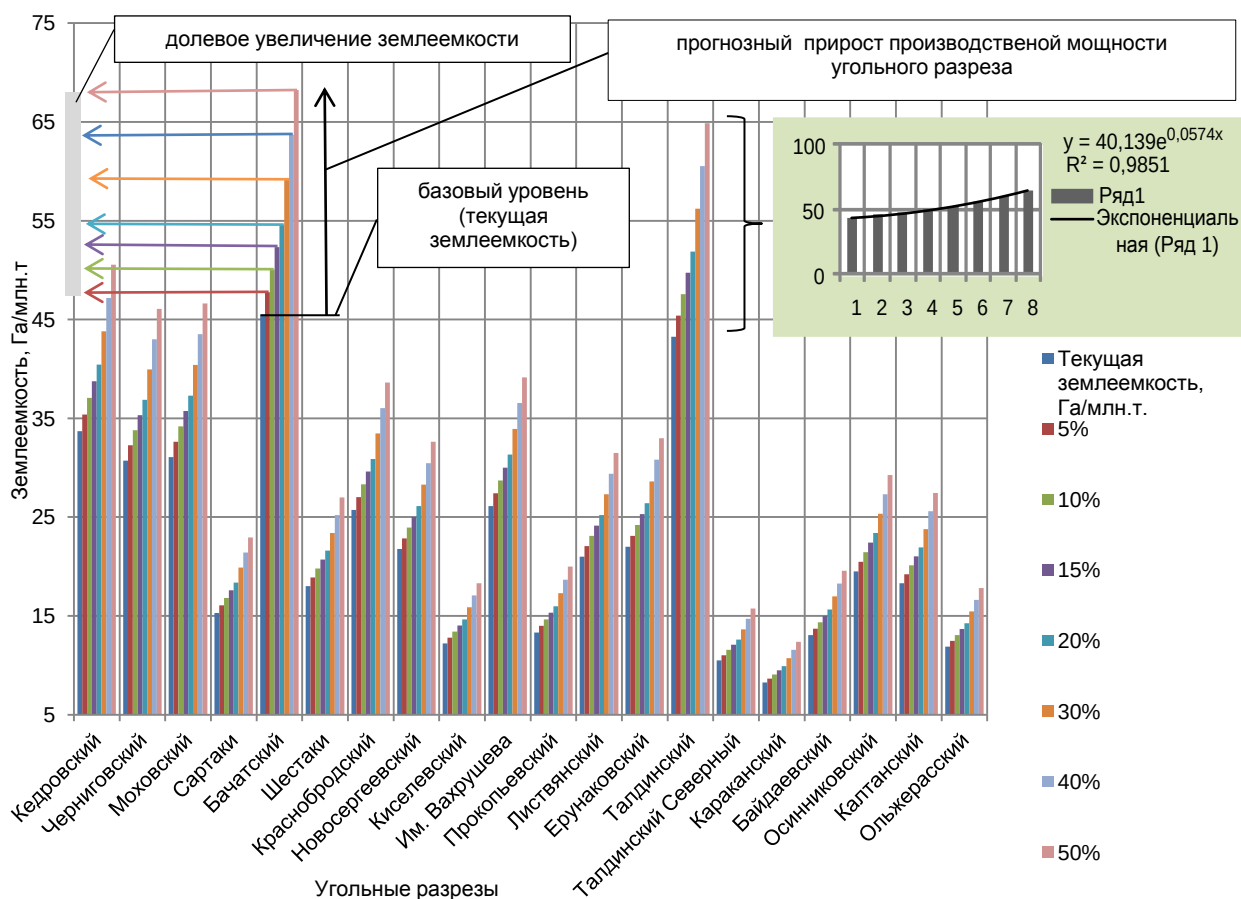


Рис.6.2.2. Землеемкость угольных разрезов при разработке наклонных и крутопадающих залежей в зависимости от текущих ее уровней и теоретических функции прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей.

Анализ данных на рис.6.2.3. показывает, что прогнозный прирост производственной мощности угольного разреза ( $A_n$ ) в отношении долевого увеличения землеемкости ( $Z_n$ ) подчиняется экспоненциальной зависимости вида с коэффициентом аппроксимации  $R^2 = 0,9851$

$$Z_n = 40,139 \cdot e^{0,0574 A_n} \quad (6.2.2)$$

где  $A_n$  -приращение годовой производственной мощности в диапазоне от 5-50%;  $Z_n$  - соответствующее доленое увеличение землеемкости при наращивании производственной мощности, Га/млн.т./год.

Выражение (6.2.2) справедливо только при открытой разработке наклонных и крутопадающих угольных залежей Кемеровской области при использовании углубочных продольных систем разработки. Для случаев отличающихся иными горно-геологическими и техническими условиями требуется дополнительные вычисления.

Для расчета землеемкости когда в условия производства вводится такой объект как внутренний отвал, в качестве примера выберем два действующих угольных разреза - «Бачатский» (крутопадающая угольная залежь) и «Сартаки» (наклонная угольная залежь).

В расчетах учтены следующие теоретические подходы: для поддержания достигнутой производственной мощности в течение периода видоизменения системы открытой разработки необходимо следовать сценарно-концентрационным установкам распределения горных работ в карьерном поле; в процессе технологического перехода от внешнего к внутреннему отвалообразованию необходима раскройка действующих карьерных полей на сектора при выборе местозаложения емкости под внутренний отвал и ранжировании совокупной значимости величин комплексно определяющих природно-технологическое содержание видоизменения системы разработки.

Тогда основываясь на двух теоретических посылах, графическое изображение землеемкости угольных разрезов Кемеровской области при видо-



изменении системы открытой разработки может быть представлено в виде графического изображения (рис.6.2.3).

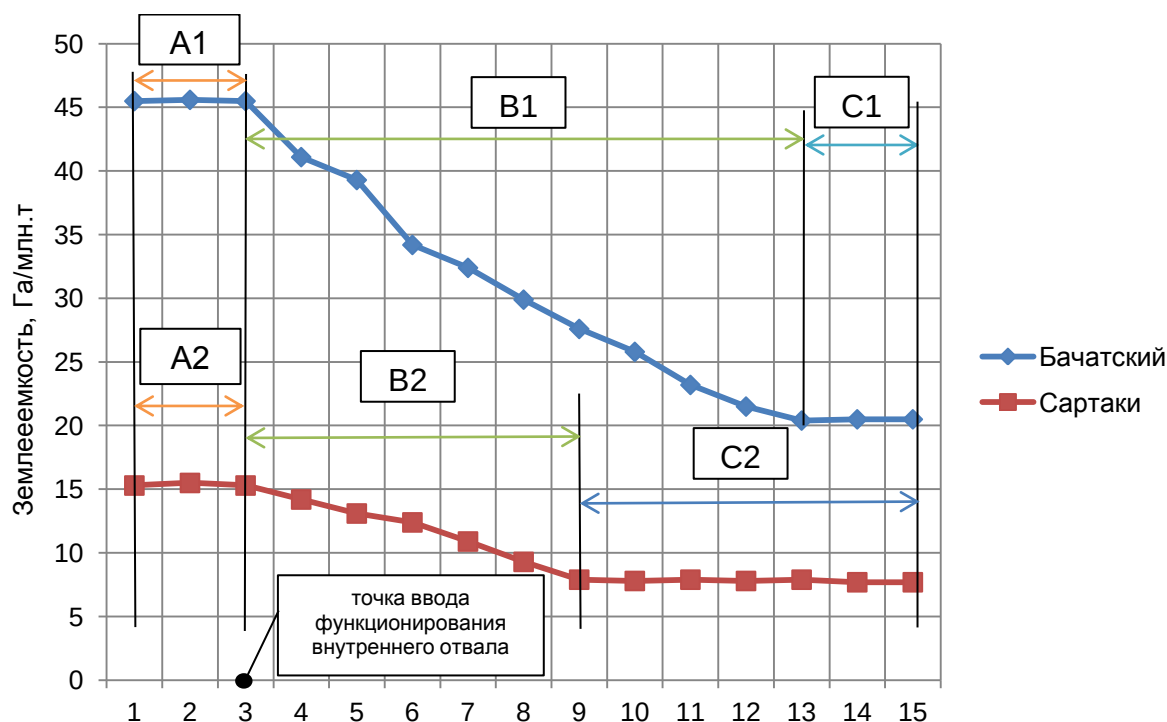


Рис.6.2.3. Примеры распределения землеемкости угольных разрезов «Бачатский» и «Сартаки» с выделением этапов: эксплуатации с внешним отвалом, перехода на внутренний отвал и складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля.

На графике (рис.6.2.3) следует выделить несколько характерных периодов эксплуатации с соответствующими этому уровнями землеемкости. Введем следующие обозначения периодов: A1, A2 - функционирование угольного разреза с внешним (и) отвалами при разработке наклонных и крутопадающих залежей (углубочные системы разработки); B1, B2 - продолжительность переходного периода от внешнего отвалообразования к внутреннему (видоизменение системы разработки от продольной к поперечной); C1, C2 - период функционирования угольного разреза при складировании вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля.

Рассмотрим влияние обозначенных периодов на изъятие земельных угодий. К примеру, угольный разрез эксплуатируется какой-то промежуток

времени с внешними отвалами, обозначим продолжительность периода через позиции 1-3. Затем выделим отправную точку, когда предприятию начинает осуществлять технологический процесс по переходу с внешнего на внутреннее отвалообразование, например, в точке 3.

Согласно работе [134] при разработке наклонной залежи угольный разрез по длительности периода технологически переориентируется на внутренние отвалы примерно через 3-5 лет, а при крутопадающем залегании примерно через 5-8 лет.

Тогда после точки 3 распределение на отрезке периодов B1,B2 будет носить линейно убывающий характер с коэффициентом аппроксимации  $R^2=0,9858$  для разреза «Сартаки» и  $R^2=0,9764$  для «Бачатского» в соответствии с временными интервалами длительности указанными выше. После этого для наклонной залежи наступает выравнивание уровня землеемкости, начиная от позиции 9 и для крутопадающей залежи от позиции 13. Иными словами в периоды C1,C2 на землеемкость будет влиять только карьерное поле и ее величина снижается в 1,5-2 раза относительно изначального уровня A1,A2. Периоды A1,A2 и C1,C2 можно охарактеризовать как относительно стабильные и с равнозначной величиной землеемкости.

Для других угольных разрезов из перечня, представленного на рис.6.2.2, но не вошедших в параметрический расчет на рис.6.2.3 также будут аналогично присутствовать характерные периоды, но только от анализируемых выше отличия будут в иных уровнях числовых значений землеемкости.

По факторам взаимного влияния на землеемкость угольных разрезов Кемеровской области таких объектов как карьерное поле, внешний и внутренний отвал устанавливаются ее уровни.

Получены новые научные результаты:

- укрупненная группировка угольных разрезов по землеемкости в зависимости от производственной мощности;

- прогнозные изменения ее величины от наращивания производительности разрезов;
- выделены характерные периоды эксплуатации угольного разреза с соответствующими этому уровнями землеемкости при видоизменении системы разработки.

### 6.3. Эффективность производства открытой угледобычи на полях ликвидированных шахт

Экономический эффект формируется за счет следующих факторов:

- дополнительное извлечение угля;
- рекультивация нарушенных земель после подземной разработки шахтных полей;
- снижение загрязнения окружающей среды (атмосферы) вредными выбросами.

В общем виде годовой экономический эффект определяется по выражению

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{изв}}^y - \mathcal{E}_{\text{рек}} + \mathcal{E}_{\text{загр}} \quad (6.3.1)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{изв}}^y$  – эффект от дополнительного извлечения угля, который определяется по формуле  $\mathcal{E}_{\text{изв}}^y = Q_{\text{изв}}^y \cdot (\mathcal{C}_{\text{опт}} - C_o)$

где  $Q_{\text{изв}}^y$  – годовой объем извлеченного угля, т;  $\mathcal{C}_{\text{опт}}$  – оптовая отпускная цена 1 т угля, руб;  $C_o$  – себестоимость добычи 1 т угля, руб.

$$C_o = C_d + K_v^{\text{cp}} \cdot C_v \quad (6.3.2)$$

где  $C_d$  – стоимость добычи 1 т угля без учета вскрыши, руб;  $K_v^{\text{cp}}$  – средний коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т;  $C_v$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> вскрыши, руб.

$$\text{Но } C_d = \frac{S_{\text{мс}}^{\text{эго}}}{Q_{\text{см}}^{\text{эго}}},$$

$S_{\text{мс}}^{\text{эго}}$  – стоимость машиномены гидравлического экскаватора, руб.

$$S_{\text{мс}}^{\text{эго}} = S_{\text{мч}}^{\text{эго}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}$$

$S_{\text{мч}}^{\text{эго}}$  - стоимость машиночаса работы гидравлического экскаватора, руб;  
 $T_{\text{см}}$  - продолжительность рабочей смены, ч;  $\eta_{\text{см}}$  - коэффициент использования рабочей силы.

Средний коэффициент вскрыши определяется по выражению

$$K_{\text{ср}}^{\text{ср}} = \frac{0,5 \cdot (B_{\text{д}}^{\text{к}} + B_{\text{к}}^{\text{с}}) \cdot H_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}}^{\text{ср}}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sin \alpha_i} \cdot H_{\text{к}} \cdot 0,5(L_{\text{д}}^{\text{к}} + L_{\text{д}}^{\text{с}}) \cdot (1 - K_n^{\text{о}}) \cdot K_{\text{п}}^{\text{п}} \cdot \rho_{\text{у}}} - \frac{1}{\rho_{\text{у}}} \quad (6.3.3)$$

где  $B_{\text{д}}^{\text{к}}$  - ширина дна подготовительного котлована, м;  $B_{\text{к}}^{\text{с}}$  - ширина подготовительного котлована поверху, м;  $H_{\text{к}}$  - глубина подготовительного котлована, м;  $L_{\text{к}}^{\text{ср}}$  - средняя длина подготовительного котлована, м

$$L_{\text{к}}^{\text{ср}} = \frac{L_{\text{к}}^{\text{д}} + (L_{\text{д}} + 2 \cdot H_{\text{к}} \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{п}})}{2} = \frac{2 \cdot L_{\text{к}}^{\text{д}} + 2 \cdot H_{\text{к}} \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{п}}}{2} \quad (6.3.4)$$

$$= L_{\text{к}}^{\text{д}} + H_{\text{к}} \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{п}}$$

$$\text{Стоимость } 1 \text{ м}^3 \text{ вскрышных работ } C_{\text{в}} = \frac{S_{\text{мч}}^{\text{эш}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}{Q_{\text{см}}^{\text{эш}}} + C_{\text{в}}^{\text{бвр}}$$

где  $S_{\text{мч}}^{\text{эш}}$  - стоимость машиночаса работы шагающего экскаватора, руб;  
 $Q_{\text{см}}^{\text{эш}}$  - сменная производительность драглайна, м<sup>3</sup>/смену;  $C_{\text{в}}^{\text{бвр}}$  - стоимость 1 м<sup>3</sup> вскрыши по буровзрывным работам, руб.

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{изв}}^{\text{у}} = Q_{\text{изв}}^{\text{у}} \cdot \{ \mathcal{C}_{\text{опт}} - [ \frac{S_{\text{мч}}^{\text{эго}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}{Q_{\text{см}}^{\text{эго}}} + ( \frac{0,5 \cdot (B_{\text{д}}^{\text{к}} + B_{\text{к}}^{\text{с}}) \cdot H_{\text{к}} \cdot (L_{\text{д}}^{\text{д}} + 2 \cdot H_{\text{к}} \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{п}})}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sin \alpha_i} \cdot H_{\text{к}} \cdot 0,5(L_{\text{д}}^{\text{к}} + L_{\text{д}}^{\text{с}}) \cdot (1 - K_n^{\text{о}}) \cdot K_{\text{п}}^{\text{п}} \cdot \rho_{\text{у}}} - \frac{1}{\rho_{\text{у}}}) \cdot ( \frac{S_{\text{мч}}^{\text{эш}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}{Q_{\text{см}}^{\text{эш}}} + C_{\text{в}}^{\text{бвр}} ) ] \}$$

где  $\gamma_{\text{п}}$  - угол погашения борта котлована, град;  $m_i$  - мощность i-го пласта свиты в пределах шахтного поля, м;  $K_n^{\text{о}}$  - коэффициент потерь угля при добыче открытым способом;  $K_{\text{п}}^{\text{п}}$  - коэффициент потерь угля при открытой отработке шахтного поля подземным способом;  $\rho_{\text{у}}$  - плотность угля т/м<sup>3</sup>.

Предотвращенный ущерб от загрязнения окружающей среды

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = Y_1 - Y_2$$

где  $Y_1$  - расчетная величина годового народнохозяйственного ущерба до осуществления повторной разработки открытым способом участков ликвидированных шахт, руб;

$$Y_1 = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \delta_i \cdot f_i \cdot A_i \cdot m_i \quad (6.3.5)$$

где  $Y_i$  - коэффициент учитывающий отрицательное влияние  $i$ -й среды (для атмосферы  $Y_i = 140$  руб. на условную тонну выброса; для воды  $Y_i = 2400$  руб/т. (по ценам 2014г.);  $\delta_i$  - безразмерный показатель ( $\delta = 0,92$  для водотока,  $\delta = 4$  для атмосферы в населенном пункте);  $f_i$  - коэффициент учитывающий характер рассеивания загрязняющих веществ в  $i$ -й среде ( $f = 1$  для водной среды,  $f = 0,6$  для атмосферы);  $A_i$  - показатель относительной агрессивности  $i$ -го вредного вещества ( $A = 310$  фенол,  $A = 40$  каменноугольная пыль в атмосфере);  $m_i$  - масса выбросов  $i$ -го вредного вещества в окружающую среду до проведения технологии ОГР на ликвидированных шахтных полях, т/год.

$Y_2$  - остаточный ущерб после повторной разработки шахтных полей

$$Y_2 = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \delta_i \cdot f_i \cdot A_i \cdot m_i$$

где  $m_i$  - масса выброса  $i$ -го загрязняющего вещества в окружающую среду после повторной отработки открытым способом шахтного поля, т/год.

Расчет производится по выбросам каменноугольной пыли. Предотвращенный экономический ущерб от выброса загрязнений в атмосферу для отдельного источника загрязнения укрупнено можно определять по формуле

$$Y_a = \gamma \cdot \delta \cdot f \cdot M \quad (5.3.6)$$

где  $\gamma$  - константа, численно равная 2,4;  $\delta$  - показатель, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от типа территории ( $\delta = 8$  для населенных пунктов).

$f$  - коэффициент, учитывающий характер рассеивания вредных примесей в атмосфере  $f = \frac{100}{100 + \varphi \cdot h} \cdot \left(\frac{4}{1+u}\right)$

где  $\varphi$  - поправка на тепловой объем факела выброса в атмосферу

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75}$$

$\Delta T$  - среднегодовое значение разности температур у поверхности выброса и окружающей атмосферы, град;  $h$  - геометрическая высота источника выброса, м;  $u$  - среднегодовое значение модуля скорости ветра,  $u = 3$  м/с.

Для частиц, оседающих со скоростью выше 20 см/с значение  $f = 10$ .

Приведенный ущерб от загрязнения окружающей среды на 1 т извлеченного угля составляет

$$\mathcal{E}_{\text{ЭК}}^{\text{УД}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ЭК}}}{Q_{\text{изв}}^{\text{У}}} \quad (6.3.7)$$

$\mathcal{E}_{\text{рек}}$  - затраты на культивацию шахтных полей после их вторичной отработки открытым способом  $\mathcal{E}_{\text{рек}} = C_p \cdot S_0$

где  $C_p$  - стоимость рекультивации 1 м<sup>2</sup> поверхности, руб;  $S_0$  - землеемкость добычи 1 т угля, м<sup>2</sup>/т,

$$S_0 = \frac{S_{\text{нз}} \cdot 10^4}{Q_{\text{изв}}^{\text{У}}} = \frac{S_{\text{шп}} \cdot 10^4}{Q_{\text{изв}}^{\text{У}}} \quad (6.3.8)$$

где  $S_{\text{шп}} = S_{\text{нз}}$  - площадь нарушенных земель, га;  $Q_{\text{изв}}^{\text{У}}$  - масса извлеченного угля, т.

Стоимость рекультивации 1м<sup>2</sup> поверхности определяется из расчета, что поверхность шахтного поля формируется в процессе ведения добычных работ за счет применения поперечной сплошной технологии, которая предполагает раздельную укладку крепких вмещающих пород, потенциально плодородного слоя и плодородного слоя.

Поэтому за стоимость рекультивации 1м<sup>2</sup> поверхности шахтного поля определяется по выражению

$$C_p = q_p \cdot C_v \cdot 10^{-4} \quad (6.3.9)$$

где  $q_p$  - объем вскрыши перемещаемый при планировке 1Га поверхности,  $q_p = 0,03 \cdot 10^6$ , м<sup>3</sup>.

$C_v$  - стоимость разработки 1м<sup>3</sup> вскрыши, руб/м<sup>3</sup>.

Общий удельный экономический эффект с попутной выемкой оставшихся запасов угля на верхних горизонтах определяется по выражению

$$\begin{aligned}
& \mathfrak{E}_{\text{изв}}^y \tag{6.3.10} \\
& = \Pi_{\text{опт}}^y - \left[ \frac{S_{\text{мч}}^{\text{эго}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}{Q_{\text{см}}^{\text{эго}}} \right. \\
& + \left( \frac{0,5 \cdot (B_{\delta}^{\kappa} + B_{\kappa}^{\varepsilon}) \cdot H_{\kappa} \cdot (L_{\kappa}^{\delta} + 2 \cdot H_{\kappa} \cdot \text{ctg} \gamma_{\Pi})}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sin \alpha_i} \cdot H_{\kappa} \cdot 0,5 (L_{\delta}^{\kappa} + L_{\delta}^{\varepsilon}) \cdot (1 - K_n^o) \cdot K_{\Pi}^{\Pi} \cdot \rho_y} - \frac{1}{\rho_y} \right) \left( \frac{S_{\text{мч}}^{\text{эш}} \cdot T_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}{Q_{\text{см}}^{\text{эш}}} \right. \\
& + C_{\text{в}}^{\text{бвр}}) \\
& + \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \delta_i \cdot f_i \cdot A_i \cdot m_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \delta_i \cdot f_i \cdot A_i \cdot m_i}{Q_{\text{изв}}^y} - C_{\text{р}} + \frac{S_{\text{шп}} \cdot 10^4}{Q_{\text{изв}}^y}
\end{aligned}$$

Примерный расчет эффективности предлагаемой технологии открытой разработки шахтных полей показывает, что он составляет 50,5 руб./т.

В результате горно-геометрического анализа шахтных полей Прокопьевско-Киселевского угольного района применительно к их отработке открытым способом с одновременной рекультивацией определены средние значения коэффициента вскрыши по глубине открытых горных работ (табл.6.3.1-5).

Графическое представление этих данных дано на рис. 6.3.1.

Из графика видно, что наименьшее значение среднего коэффициента вскрыши обеспечивается при отработке Северного торцевого блока района, а максимальное значение – при отработке южного торцевого бока Прокопьевско-Киселевского угольного района. График позволяет определить максимальную глубину отработки шахтных полей открытым способом в зависимости от минимального значения отпускной цены 1 т. угля и среднего коэффициента вскрыши. Так, при отпускной цене 1 т. угля в размере 850 руб. глубина разрезов может достигать 175м. для северного блока; 140м. – промежуточного блока; 130м. – для центрального блока и 90м. – для южного торцевого блока.

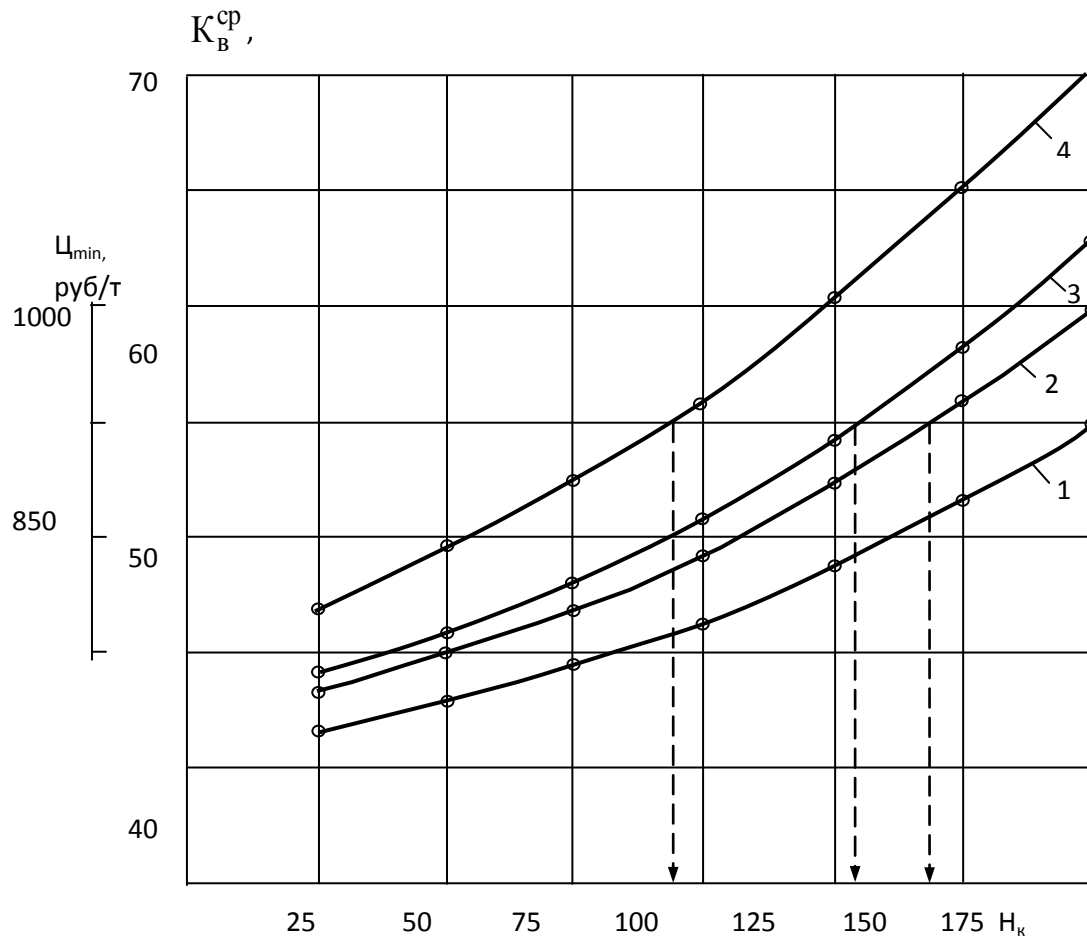


Рис. 6.3.1. График изменения средних коэффициентов вскрыши от глубины по блокам шахтных полей: 1 – Северный блок; 2 - Промежуточный блок; 3 – Центральный блок; 4 – Южный торцевой блок.

Таблица 6.3.1

Северный торцевой блок

| Глубина,<br>м              | 25   | 50   | 75 | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  |
|----------------------------|------|------|----|------|------|------|------|------|
| $K_B, \text{м}^3/\text{т}$ | 13,2 | 15,9 | 19 | 22,6 | 27,8 | 33,2 | 39,8 | 47,8 |

Таблица 6.3.2

Промежуточный блок

| Глубина,<br>м              | 25   | 50   | 75   | 100  | 125  | 150 | 175  | 200  |
|----------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| $K_B, \text{м}^3/\text{т}$ | 16,8 | 20,2 | 24,2 | 28,6 | 35,3 | 42  | 50,5 | 60,6 |



Таблица 6.3.3

## Центральный блок

|                            |      |      |      |      |      |      |      |     |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Глубина,<br>м              | 25   | 50   | 75   | 100  | 125  | 150  | 175  | 200 |
| $K_B, \text{м}^3/\text{т}$ | 18,6 | 22,2 | 26,8 | 31,6 | 39,4 | 46,6 | 55,8 | 67  |

Таблица 6.3.4

## Южный торцевой блок

|                            |      |      |      |     |      |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Глубина,<br>м              | 25   | 50   | 75   | 100 | 125  | 150  | 175  | 200  |
| $K_B, \text{м}^3/\text{т}$ | 24,1 | 28,9 | 34,8 | 41  | 50,7 | 60,3 | 72,4 | 86,9 |

Таблица 6.3.5

## Весь Прокопьевско-Киселевский район

|                                        |      |      |      |     |     |     |      |      |
|----------------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| Глубина,<br>м                          | 25   | 50   | 75   | 100 | 125 | 150 | 175  | 200  |
| $K_B^{\text{ср}}, \text{м}^3/\text{т}$ | 17,6 | 21,8 | 25,4 | 30  | 37  | 44  | 52,8 | 63,4 |

Расширение области открытой разработки полей ликвидированных шахт может быть достигнута за счет применения поперечной сплошной системы разработки крутопадающих залежей по транспортной и бестранспортной технологий с рекультивацией нарушенных земель вслед за продвижением фронта горных работ. В результате горно-геометрического анализа шахтных полей Прокопьевско-Киселёвского угольного района установлено, что предельная глубина открытой разработки зависит от отпускной цены на 1т. угля и при ее колебании от 500 до 1000 руб. составляет в среднем 50-175м.

#### **6.4. Эффективность поперечных систем разработки с бестранспортной и комбинированной бестранспортно-транспортной технологиями**

Повышение эффективности разработки сложноструктурных месторождений с наклонным и крутым залеганием угольных пластов возможно при использовании новых ресурсосберегающих систем разработки с поперечным подвиганием фронта горных работ. Известны следующие варианты системы с поперечным подвиганием фронта горных работ: с сооружением карьера первой очереди сразу на проектную глубину разреза; с поэтапным погружением горных работ до проектной глубины разреза; челочно-слоевая отработка карьерного поля; отработки карьерного поля с продольно-поперечным подвиганием фронта работ.

Каждый из этих вариантов характеризуется определенным объемом вскрыши укладываемой во внутренний отвал и возможностью применения бестранспортной технологии на нижних горизонтах разреза.

Эти важные показатели обеспечивают значительное повышение эффективности открытой угледобычи.

Однако применение поперечных систем разработки в условиях Кузбасса имеет свои специфические особенности, к которым относится, наличие свит угольных пластов сложного залегания с крепкими вмещающими породами, требующими буровзрывной подготовки для их выемки. Принимая во внимание, что длина фронта работ на уступах значительно меньше, чем при традиционной продольной системе разработки, возникает проблема обеспечения безопасности и организации горных работ в ограниченном пространстве рабочей зоны разреза.

Мощность угленосной свиты наклонных и крутых залежей на месторождениях Кузбасса колеблется в пределах 200-2000м., что обеспечивает

возможность применения бестранспортной технологии на нижних горизонтах разреза.

Эффективная отработка таких свит может осуществляться до глубины, определяемой по выражению

$$H_k = 0,5 \cdot [(K_{гр}/K_{св}) - 1] \cdot \left[ (M_{св} \cdot (1 - \left(\frac{1}{K_{св}}\right)) / \gamma_{п} \right] + 0,5h_y \quad (6.4.1)$$

где  $K_{гр}$  – граничный коэффициент вскрыши,  $м^3/т$ ;  $K_{св}$  – коэффициент вскрыши по свите,  $м^3/т$ .

$$K_{св} = \left( \frac{1}{K_y} \right) - 1, \quad \text{где } K_y = \frac{S_{yi}}{S_{icв}},$$

где  $S_{yi}$  – объем угля в  $i$ -том сечении свиты на единицу длины по простиранию,  $м^3$ ;  $S_{icв}$  – объем породы и угля в  $i$ -том сечении на единицу длины по простиранию,  $м^3$ ;  $\gamma_{п}$  – угол погашения бортов карьера, град;  $h_y$  – высота уступа, м.

При незначительной длине фронта работ по уступам рабочей зоны карьера возникает необходимость частого перегона экскаватора с уступа на уступ. Поэтому для снижения этого негативного фактора целесообразно использовать маневренное выемочное оборудование. Для реализации бестранспортной технологии в ограниченном пространстве нижнего горизонта разреза возможен вариант, при котором уступ отрабатывается гидравлическим экскаватором, осуществляющим опережающую выемку пластов, а вскрышные породы экскавируются драглайном расположенном в отвальной зоне.

Сравнительная оценка эффективности традиционной и поперечной технологий по критериям ресурсозатрат для усредненных условий Кузбасса показал, что меньшими удельными ресурсозатратами, а, следовательно, и меньшей себестоимостью добычи угля характеризуется система разработки с

поперечным развитием фронта работ и внутренним отвалообразованием при глубине разреза 300м.

Выбор эффективного варианта поперечной технологии определяется в зависимости от конкретных горно-геологических условий залегания угольного месторождения, качества угля и цены 1т угля на мировом и внутренних рынках.

Общий эффект за весь срок службы разреза от размещения вскрышных пород в выработанном пространстве определяется долевым участием внутреннего отвалообразования в общем объеме вскрыши, т.е.

$$\mathcal{E}_B = K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi} \cdot (C_{OH} - C_{OB}) \quad (6.4.2)$$

где  $K_{\mathcal{E}}$  - долевое участие внутреннего отвалообразования в общем объеме вскрыши, д.е.;  $V_{\Pi}$  - общий объем вскрышных пород в граничных контурах разреза, м<sup>3</sup>;  $C_{OH}$  - стоимость внутреннего транспортного отвалообразования, руб/м<sup>3</sup>;  $C_{OB}$  - средневзвешенная стоимость отвалообразования при внутреннем расположении отвала, руб./м<sup>3</sup>.

$$C_{OB} = C_{BTP} \cdot V_{TP} + C_{OB} \cdot (K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi} - V_{TP}) / K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi} \quad (6.4.3)$$

где  $C_{BTP}$  - стоимость внутреннего транспортного отвалообразования, руб./м<sup>3</sup>;  $C_{OB}$  - стоимость внутреннего бестранспортного отвалообразования, руб./м<sup>3</sup>;  $V_{TP}$  - объем внутреннего транспортного отвалообразования, м<sup>3</sup>.

$$V_{TP} = \delta \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi}$$

где  $\delta$  — долевое участие транспортной внутренней вскрыши в общем объеме внутреннего отвала, д.е.

Тогда

$$\begin{aligned} C_{OB} &= C_{BTP} \cdot \delta \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi} + C_{OB} \cdot (K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi} - \delta \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi}) / (K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi} - \delta \cdot K_{\mathcal{E}} \cdot V_{\Pi}) = C_{BTP} \cdot \delta + C_{OB} \cdot (1 - \delta) \\ &= C_{BTP} \cdot \delta + C_{OB} \cdot (1 - \delta), \end{aligned} \quad (6.4.4)$$

где  $\delta = V_{\text{тр}} / (V_{\text{тр}} + V_{\text{п}})$ , а  $K_{\text{э}} = \frac{1}{1 \cdot (V_{\text{внеш}} + V_{\text{внутр}})}$ , д.е.;  $(1 - \delta) = \rho$  – долевое участие бестранспортного внутреннего отвалообразования, д.е.;  $V_{\text{внеш}}$  – объем внешнего отвалообразования, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{внутр}}$  – объем внутреннего отвалообразования, м<sup>3</sup>.

После преобразования выражений (6.4.1), (6.4.2) и (6.4.3) получим общий эффект от внутреннего отвалообразования при поперечной сплошной системе разработки

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{в}} &= K_{\text{э}} \cdot V_{\text{п}} \cdot [C_{\text{он}} - (C_{\text{втр}} \cdot \delta \cdot K_{\text{э}} \cdot V_{\text{п}} + C_{\text{об}} \cdot K_{\text{э}} \cdot V_{\text{п}} - \delta \cdot K_{\text{э}} \cdot V_{\text{п}}) K_{\text{э}} \cdot V_{\text{п}}] = \\ &= K_{\text{э}} \cdot V_{\text{п}} \{ (C_{\text{он}} - [(C_{\text{втр}} \cdot \delta + C_{\text{втр}} \cdot 1 - \delta)]) \} = [C_{\text{он}} - C_{\text{втр}} \cdot \delta - C_{\text{об}} \cdot \rho], \end{aligned} \quad (6.4.5)$$

где выражение  $C_{\text{он}} - C_{\text{втр}} \cdot \delta - C_{\text{об}} \cdot \rho = \mathcal{E}_{\text{в}}^{\text{уд}}$  представляет собой удельный экономический эффект от размещения 1 м<sup>3</sup> вскрыши во внутренний отвал, формируемой по транспортной и бестранспортной технологиям.

Для определения эффективности поперечных систем разработки с внутренним отвалообразованием выражение (6.4.5) трансформировано в график (рис.6.4.1), учитывающий взаимосвязь основных стоимостных и объемных показателей горных работ.

Анализ графика и выражения (.4.5) показывает, что эффективность поперечных систем разработки в значительной степени зависит от долевого участия внутреннего отвалообразования в общем объеме вскрыши в граничных контурах разреза, способа внутреннего отвалообразования, параметров карьерного поля и вариантов разработки, определяющих объем внутреннего отвалообразования.

В целом при определении эффективности того или иного вида системы и технологии открытой разработки оценка базируется на современных оценочных критериях экономической эффективности: чистый дисконтированный доход (ЧДД) и индекс доходности (ИД) (рис.6.4.2). Наиболее эффективным вариантом системы разработки будет с ИД > 1, к примеру углубочно-сплошной 1,2, поэтапно-углубочная 1,16, блочно-слоевая 1,27.

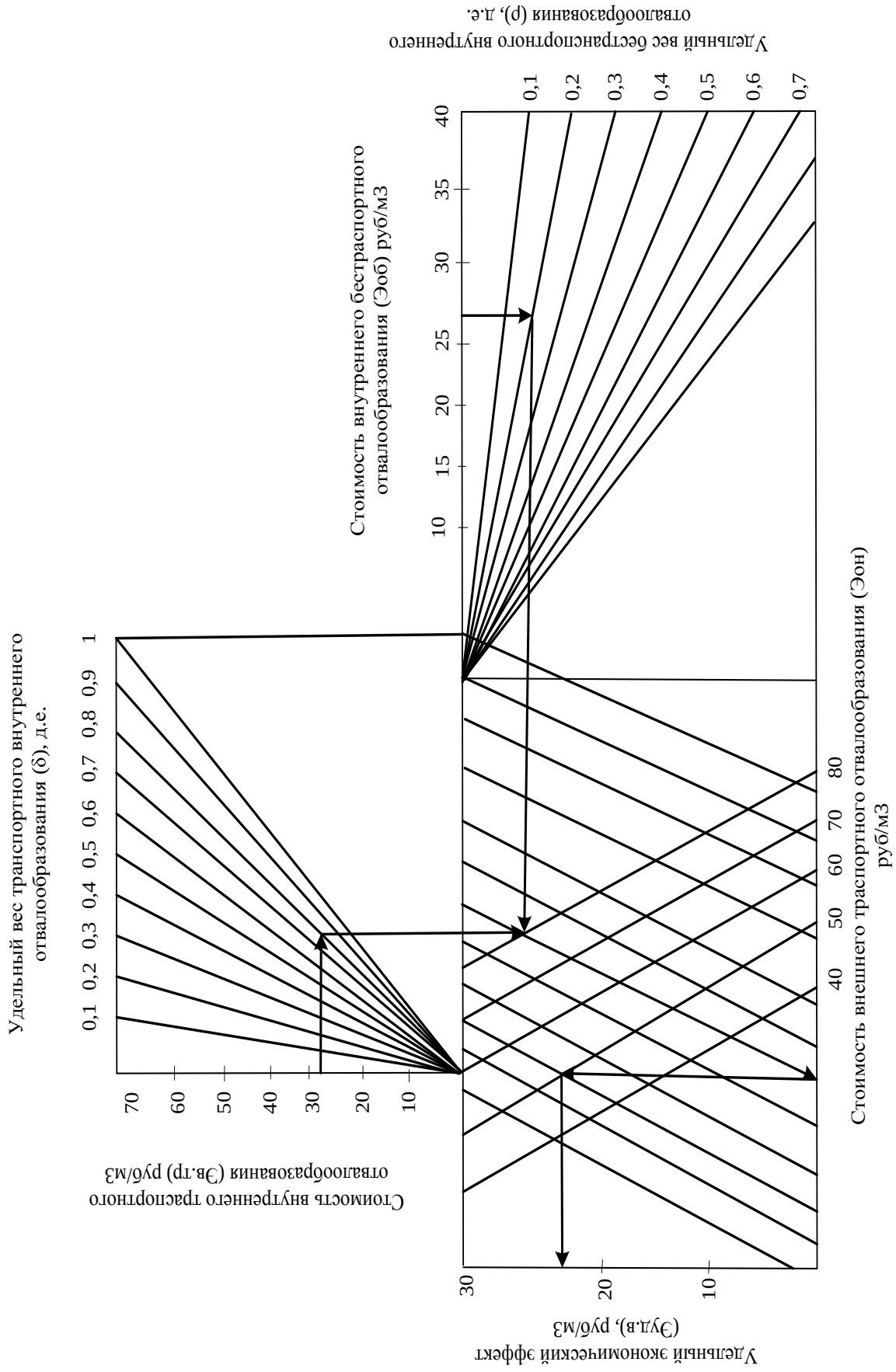
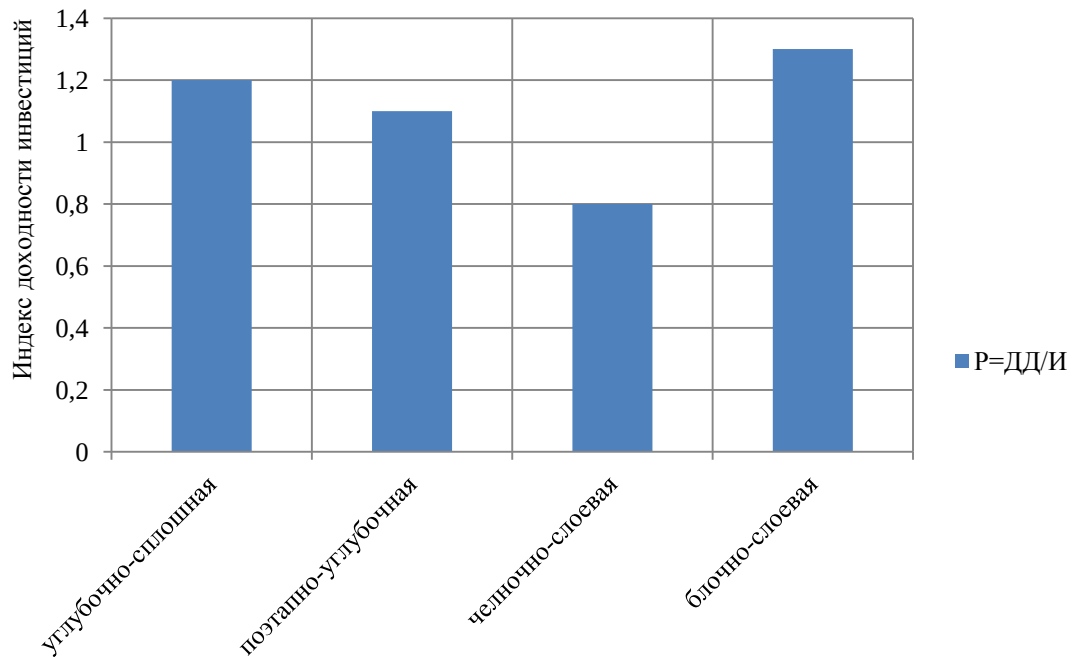


Рис.6.4.1. взаимозависимостей основных стоимостных показателей поперечной системы разработки.



Вид поперечной системы открытой разработки

Рис.6.4.2. Гистограмма зависимости ИД от вида системы открытой разработки.

В рамках оценки ресурсосбегающих технологий д.т.н. Корякиным А.И. предлагается система оценочных критериев энергоемкости (табл.6.4.1).

Сравнительная оценка по данной методике продольной и поперечной систем разработки производится на примере следующих условий отработки месторождений угля:

глубина карьера – 200м,

суммарная мощность отрабатываемых пластов – 40м,

угол падения залежи - 60°,

длина дна карьера – 1000м

расстояние внешнего транспортирования пород – 3000м.

Анализ полученных показателей ресурсопотребления различными вариантами систем разработки показывает, что для заданных условий наименьший обобщённый энергетический показатель соответствует поперечной системе разработки.

Таблица 6.4.1

Сравнительные показатели удельного ресурсопотребления

при отработке месторождения различными системами разработки  
(по д.т.н. Корякину А.И.)

| Наименование показателей                         | Углубочная продольная двух-<br>бортовая система разработки | Сплошная попе-<br>речная |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Энергоёмкость добычи<br>угля, МДж/т              | 110,28                                                     | 94,3                     |
| Материалоёмкость, кг/т                           | 0,3                                                        | 0,24                     |
| Трудоёмкость, чел-см/т                           | 0,25                                                       | 0,16                     |
| Землеёмкость, га/млн.т                           | 19                                                         | 14                       |
| Обобщённый энергетиче-<br>ский показатель, МДж/т | 301,9                                                      | 262,04                   |

#### **6.5. Масштаб возможного применения новых систем разработки, технологий и объекты внедрения технологических решений**

Согласно данным официальной отчетности в настоящее время угольные разрезы Кемеровской области по своей численности составляют примерно более шести десятков. Из них примерно 2/3 производят горные работы на залежах наклонного и крутого падения (свита пластов). Подавляющее большинство предприятий работают на основе проектной документации в которой заложены морально устаревшие технологические решения относящиеся к второй половине прошлого столетия, а зачастую к 60-80гг. И только в единичных случаях имеются подвижки в сторону видоизменения систем открытой разработки, порядка отработки карьерного поля предусматривающего размещение вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля. В диссертационной работе технологический переход от углубочных продольных систем разработки к поперечным сплошным системам сопровождается уточнением рядом пространственно-планировочных решений, которые в целом показывают организационный механизм порядка трансформации сис-



тем разработки, причем разной объектной ориентированности. К выше упомянутым примерам относится.

I - складирование вскрышных пород в низкопрофильный отвал на различных стадиях подготовки емкости под внутренний отвал, так и если от полного отказа от внутреннего отвалообразования технологическое решение направлено на позитивное преобразование горного отвода (создание горизонтальной площадки) в полезную ландшафтную единицу.

Объектами подобного технологического решения могут выступать угольные разрезы.

Объектами технологической применимости могут служить угольные разрезы не только Кемеровской области, но и горные предприятия со схожими системами открытой разработки в Российской Федерации.

II - конструирование и модернизация различных видов известных по источникам научно-технической информации систем открытой разработки из числа так называемых «гибких» (благодаря выделению этапов и порядка их разработки в пределах карьерного поля и взаимозаменяемости последовательности очередности разработки).

Ориентированность технологического решения направлена на угольные разрезы разрабатывающие наклонные и крутопадающие пласты, территориально относящиеся не только к Кузнецкому угольному бассейну, но к другим регионам страны.

III - адаптация технологии внутреннего отвалообразования применительно к открытой угледобычи на ликвидированных участках шахт на базе комбинированной транспортно-бестранспортной технологии и сплошной поперечной однобортовой системы разработки.

Объектами разработки могут служить участки открытых горных работ на ликвидированных участках шахт Прокопьевско-Киселевского геолого-экономического района.

IV - разработка перспективных региональных месторождений с разделением карьерного поля на блоки с выделением в пределах каждого из них выемочного слоя, в слое отработка вскрышных пород производится по транспортной технологии с доставкой их на границу разделения забойной и отвальной сторон, и дальнейшей перевалкой в отвал по бестранспортной технологии.

Объектами могут выступать перспективные месторождения Кемеровской области намечаемые к отработки проектными организациями с разделением карьерного поля на блоки.

### **Выводы**

Продолжающаяся эксплуатация угольных разрезов Кемеровской области с продольными углубочными системами открытой разработки способствует прогрессирующему росту изъятия земель сельскохозяйственного назначения. Однако балансирование между экологической направленностью регионов с открытой добычей угля и приростом производственных мощностей должно основываться на подходах с модернизированными базами научно-технической направленности рационального соотношения способов разработки и воздействия на окружающую среду, что больше всего достигнуто в практике работы зарубежных угольных разрезов. К тому же при открытой добыче угля в Кузнецком угольном бассейне землеемкость превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. Выявление причин малочисленной реализации таких подходов и их устранения в отечественном производстве должны базироваться на комплексном целенаправленном воздействии выбора двух объектов функционирования - внешнего или внутреннего отвалов, что и служит целям данной работы - развитие известных теоретических подходов управления землеемкостью.

По факторам взаимного влияния на землеемкость угольных разрезов Кемеровской области таких объектов как карьерное поле, внешний и внутренний отвал устанавливаются ее уровни.

Получены новые научные результаты:

- укрупненная группировка угольных разрезов по землеемкости в зависимости от производственной мощности;
- прогнозные изменения ее величины от наращивания производительности разрезов;
- выделены характерные периоды эксплуатации угольного разреза с соответствующими этому уровнями землеемкости при видоизменении системы разработки.

При открытой разработке участков ликвидированных шахт экономический эффект формируется за счет следующих факторов: дополнительное извлечение угля; рекультивация нарушенных земель после подземной разработки шахтных полей; снижение загрязнения окружающей среды (атмосферы) вредными выбросами. В целом же эффективность сплошных поперечных систем разработки в значительной степени зависит от долевого участия внутреннего отвалообразования в общем объеме вскрыши в граничных контурах разреза, способа внутреннего отвалообразования, параметров карьерного поля и вариантов разработки, определяющих объем внутреннего отвалообразования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по повышению эффективности складирования вскрышных пород, включающие комплексное пространственно-планировочное управление техногенным ресурсом выработанного пространства на различных стадиях эксплуатации карьерных полей угольных разрезов, при взаимной увязке сочетаний технологических комплексов используемых в перемещении вскрышных пород из забоев во внутренний отвал, а так же поэтапное складирование вскрыши во внешних низкопрофильных отвалах с рекультивацией отдельных частей сразу после окончания их формирования в эксплуатационный период работы угледобывающего предприятия, что имеет важное социально-экономическое значение не только для Кемеровской области, но и для других угольных бассейнов России.

Основные научные и практические результаты работы, выводы и рекомендации заключаются в следующем:

1. Балансирование между экологической направленностью и приростом производственных мощностей должно основываться на подходах с модернизированными базами научно-технического прогресса и рационального воздействия выбора двух объектов функционирования - внешнего или внутреннего отвалов. Впервые предложены и доказаны методические положения, комплексно направленные на сокращение отраслевой текущей землеемкости для различных периодов эксплуатации угольного разреза, увеличение доли бестранспортной технологии, создании благоприятного рельефа поверхности при внешнем отвалообразовании.

2. Обоснованы предпосылки развития систем и технологий открытой разработки с внутренними отвалами применительно к участкам ликвидированных шахт и карьерных полей угольных разрезов.

Предложены новые методические подходы, включающие:

- способ уменьшения избыточного выработанного пространства по средствам закономерностей пространственного развития объектов “карьерное поле-отвал вскрышных пород”;

- развитие классификационных признаков выработанного пространства угольных месторождений, что позволяет увеличить аккумулирующие способности техногенного ресурса на 25%;

- способ с многокритериальной оценкой выбора параметров и местозаложения емкости под внутренний отвал, детализирующий процесс технологической трансформации систем открытой разработки;

- инструментарий корректировки складировемых объемов вскрыши по отвалам со снижением текущей землеемкости до  $18 \div 21\%$ ;

- обоснование последовательности производства горных работ в карьерном поле с положительным знакопеременным колебанием годовой производственной мощности до 12,8%.

3.Расширение области открытой разработки полей ликвидированных шахт достигается за счет применения поперечной сплошной однобортной системы разработки с комбинированной транспортно-бестранспортной технологией с рекультивацией нарушенных земель вслед за подвиганием фронта горных работ. Для решения этой задачи систематизированы технологические варианты по классификационным признакам: способ перемещения вскрышных пород во внутренний отвал; способ разработки породугольных заходок; конструкция внутренних отвалов по технологическим зонам; способы доставки породы по ярусам внутреннего отвала; способ разработки рыхлых отложений. Систематизация двух стороне апробирована: 1) исследована организация работ в каждой схеме, посредством стенда имитирующего систему разработки и технологию горных работ; 2) исследованиями проведенными в промышленных условиях смоделирована технологическая схема. Установлено, что общностью схем является деление навалов на части, относительно уровня стояния драглайна, а в обеих частях установлено, что математиче-

ское ожидание времени черпания без протяжки ковша составляет 8,89с., с протяжкой 21,85с. Эффективность разработанных схем оценивается по технико-экономической модели, вычисленной на числовом диапазоне данных включающим породугольный массив, технологические комплексы, организацию производства и аппроксимированным в интервальные ряды динамики, что в совокупности позволяет эксплуатировать карьерные поля при производительности по горной массе до 700 тыс.м<sup>3</sup>/год.

4. При разработке перспективных залежей предложена концепция отработки карьерных полей базирующаяся на комбинированной транспортно-бестранспортной технологии и площадно-слоевом порядке отработки блоков. Предложена методика вычисления долевого участия бестранспортной технологии на основе функциональных зависимостей угленасыщенной зоны. При увеличении горизонтальной мощности свиты на 100м. высота отвала возрастает на 0,8%, причём при любых значениях высоты забойной зоны и угленосности свиты, а увеличение угленосности свиты на 10 % приводит к снижению высоты отвала на 8%. Для практических расчётов при проектировании технологии, предлагается использовать зависимости высоты отвала от глубины карьерного поля и коэффициента угленосности, что предопределяет отсыпку серийно изготавливаемыми драглайнами 2÷5 ярусных отвалов с высотой до 195м.

5. Предпосылки целесообразности отсыпки вскрышных пород во внешних низкопрофильных отвалах на этапе эксплуатации карьерного поля заключаются в том, что они позволяют обеспечить минимальное изменение естественного рельефа местности и сформировать устойчивый во времени более благоприятный рельеф с учетом целей дальнейшего использования соответствующих площадей.

Низкопрофильный отвал дает преимущество в сокращении плеча транспортирования с 5,5 км до 1,2 км (средневзвешенная 3,5км.) из-за отсыпки с самых дальних участков (1 год) к более ближним (21год), тем самым

корректируя дальность перемещения пород, в отличие от многоярусного, в котором с увеличением высоты отвального тела растет и глубина карьера, соответственно со временем увеличивается дальность транспортирования с 2,5 км. до 5,7км. (средняя 3,8км.). Численное моделирование расчетных значений показывает, при поэтапной отсыпке сокращается площади используемых земель на 400Га, что предопределяет снижение текущих платежей за пользование ресурсами. Установлено, что высота низкопрофильного отвала с отметкой +60м. имеет оптимальное значение по критерию затрат на отвалообразование в целом.

6. По факторам взаимного влияния на землеемкость угольных разрезов Кемеровской области, таких объектов как карьерное поле, внешний и внутренний отвал устанавливаются ее уровни.

Получены новые научные результаты:

- укрупненная группировка угольных разрезов по землеемкости в зависимости от производственной мощности;
- прогнозные изменения ее величины от наращивания производительности разрезов;
- выделены характерные периоды эксплуатации угольного разреза с соответствующими этому уровнями землеемкости при видоизменении системы разработки.

Укрупненная группировка угольных разрезов по землеемкости в зависимости от производственной мощности показала, до 4 млн.т/год соотношение добычи к землеемкости 1:3, в интервале от 4 до 10 млн.т./год соотношение 1:5, а наращивание открытой угледобычи до 50% приводит к ее экспоненциальной возрастанию. Напротив при выделении видоизменения системы разработки месторождения прогнозируется линейно убывающая землеемкость в 1,5-2 раза относительно изначального уровня.

7. В целом же эффективность сплошных поперечных систем разработки в значительной степени зависит от долевого участия внутреннего отвало-

образования в общем объеме вскрыши в граничных контурах разреза, способа внутреннего отвалообразования, параметров карьерного поля и вариантов разработки, определяющих объем внутреннего отвалообразования и может составлять для условий разрезов Кемеровской области до  $10 \div 30$  рублей/м<sup>3</sup>.

8. Обоснованы направления совершенствования пространственно-планировочных технологических решений:

а) процесса преобразования систем открытой разработки с увеличением долевого участия внутреннего отвалообразования применительно к действующим карьерным полям, участкам открытой угледобычи на полях ликвидированных шахт и перспективным месторождениям Кузнецкого угольного бассейна;

б) внешнего отвалообразования со складированием вскрышных пород в низкопрофильный отвал сопровождающиеся позитивным преобразованием горного отвода.

9. Объекты реализации технологических решений предприятия по открытой угледобычи в Кемеровской области и разрезы со схожими горнотехническими условиями.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Using data analysis to improve draglaine productivity/ Mettinge D, Lumley G/ Coal age/ 1999 №9. pp.64-66.
2. Lees multiple draglaine simulator // Mining Eng. (USA)/ 1995/ №1. - p.40-41.
3. Jack Caldwell. Technology review USA Mine Reclamation / Caldwell J, 2006. - 16 с.
4. Spladding Linda. Environmental Management for Business / Spladding Linda, John Willy [Электронный ресурс]. 1996.
5. Braunkohle, July 1980, pp. 196-201.
6. Mining Magazine, July 1979, pp. 41-45.
7. Coal Age, September 1977, pp.60-71.
8. Mine Quarry, Jan/Febr, 1989, pp.64-70.
9. Coal Age, November 1983, pp.50-54.
10. M.Journal, April 1985, pp.32.
11. Абдибеков, Н.К. Обоснование технологии внутреннего отвалообразования при разработке крутопадающих и наклонных угольных месторождений Кузбасса: автореф. дис.... канд. техн.наук.: 05.15.03. М., МГИ, 1993. - 27с.
12. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский // -М.: Наука, 1976. - 350с.
13. Анистратов, Ю.И. Проектирование карьеров / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов // М.: «ГЕМОС Лимитед», 2003, -176с.
14. Анруни, А. А. Природоохранные мероприятия в угледобывающих районах / А.А. Анруни // - М.: ЦНТГО, 1985. - 65 с.
15. Арсентьев, А.И. Система разработки поперечными заходками без разрезных траншей / А.И. Арсентьев, А.П.Бондарь, Ф.Г.Грачев // М.: Наука, 1969. -166 с.

16. Арсентьев, А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей / А.И. Арсентьев // М.: Недра, 1981. -278 с.
17. Баранов, В.Ф. Разработка крутых и наклонных пластов открытым способом с размещением пустых пород в выработанном пространстве / В.Ф. Барабанов, П.И. Томаков, В.С. Дергачёв // Уголь, 1959. №12. -с.9-10.
18. Беляков, Ю.И. Совершенствование технологии выемочно-погрузочных работ на карьерах / Ю.И. Беляков // М: «Недра», 1977. -205с.
19. Березняк, М.М. Граница производства вскрышных работ по бестранспортной схеме на разрезе "Байдаевский" / М.М. Березняк // Добыча угля открытым способом: межвуз. сб. тр. №11. – Кемерово, 1973. -с.4-6.
20. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич // -М.: -1974. 126с.
21. Богданюк, В.Е. Влияние схемы отработки карьерного поля на режим горных работ / В.Е. Богданюк // Горный журнал. -1996. - №7. -с.15-21.
22. Богданюк, В.Е. Влияние схемы отработки карьерного поля на режим горных работ / В.Е. Богданюк // Горный журнал, 1966, № 7. -с.7-12.
23. Вагаровский, В.С. Исследование рациональных параметров бестранспортной системы разработки пологих угольных пластов: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.15.03. М. 1975.-23с.
24. Вагаровский, В.С. Об эффективности полного использования рабочих параметров драглайнов /В.С. Вагаровский // Уголь. 1983. -№2. -с.24-25.
25. Васильев Е.И. Обоснование мощности вскрыши по бестранспортной технологии / Е.И. Васильев, Ю.И. Звягинцев, А.П. Духов // Совершенствование открытой разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. ИГД СО АН СССР. -Новосибирск. 1973. -с.43-49.
26. Воронков, В.Ф. Интенсификация разработки вскрышных надугольных горизонтов на разрезах Южного Кузбасса: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.03. -М. 1988. -172с.

27. Васильев Е.В. Вскрытие карьерных полей с пологим и наклонным залеганием пластов при продольном подвигании уступов. / Е.В. Васильев, П.П. Меньшонок // Новое в теории проектирования и технологии открытых горных работ: сб. науч. тр. Новосибирск, 1974. - с.107-120.

28. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [Электронный ресурс]: утв. Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В.И. Даниловым-Данильяном 9 марта 1999 г. Доступ из справ.-правовой системы «СПС Консультант плюс».

29. Гавришев, С.Е. Определение приемной способности выработанного пространства карьеров при размещении промышленных отходов различного класса опасности / С.Е. Гавришев, В.Ю. Заляднов, И.А. Пыталев, Е.В. Павлова // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. - №4. - с.129-133.

30. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. т. 8.- М.: Недра, 1964.- 790с.

31. Геология месторождений углей и горючих сланцев СССР. т. II,- М.: Недра, 1968.- 720с.

32. Горбунов Н.Ф. Разработка свиты крутопадающих пластов открытым способом / Н.Ф. Горбунов //- М.: Госгортехиздат. 1963.- 120с.

33. ГОСТ 17.5.1.02 – 85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации.- М.: ИПК Издательство стандартов № 2002, 1985. -9 с.

34. ГОСТ 17.5.1.01-83 (2002) Охрана природы. Земли. Рекультивация земель. Термины и определения.- М.: ИПК Издательство стандартов № 2002, 1983. - 8 с.

35. Депутатские слушания «О проблемах нарушенных земель в Кемеровской области». - Кемерово, 2016. – 77с.

36. Домбровский, Н.Г. Экскаваторы / Н. Г. Домбровский // М.: Машиностроение.1969. -186с.
37. Дрищенко, А.Ю. Восстановление земель при горных разработках / А.Ю. Дрищенко // М.: Недра, 1985. - 240 с.
38. Дрищенко, А.Ю. Формирование землесберегающих технологий комплексов действующих железорудных карьеров: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.03. -М.:МГИ, 1989. 290с.
39. Дрищенко, А.Ю. Совершенствование техники и технологии разработки глубоких карьеров Кривбасса / А.Ю. Дрищенко, В.П. Мартыненко, Л.В. Якубенко // Киев: Знание, 1981.-217с.
40. Демченко, А.В. Поэтапно-углубочная технология интенсивной отработки угольных пластов для условий разреза "Краснобродский" /А.В. Демченко, В.А. Ермолаев, С.М. Федотенко // Уголь, 1997.-№1. -с.21-22.
41. Дороненко, Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками / Е.П. Дороненко // М.: Недра, 1979. - 253с.
42. Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности. Экскавация и транспортирование. -М.: НИИ труда, 1989.
43. Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности. Экскавация и транспортирование. -М.: НИИ труда, 1978.
44. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Серия 03. Выпуск 78. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2015. – 276 с.
45. Ермолаев В.А. Развитие технологии открытой угледобычи при разработке сложноструктурных месторождений: автореф. дис. докт. техн. наук: -Кемерово, НИИОГР и КузГТУ. 1996. -41с.

46. Еременко, Е.В. Обоснование порядка разработки обширных мощных месторождений слабонаклонного залегания: дисс. ...канд. тех. наук. - Красноярск, 2002. -168с.

47. Еременко Е.В. К вопросу управления техногенным ресурсом карьера /Е.В. Еременко, А.И. Кослапов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. -№114. -с.249-259.

48. Закс Л. Статистическое оценивание / Л. Закс // М.: Статистика. 1976. -598с.

49. Зайцева А.А. Определение реального выработанного пространства карьеров для внутреннего отвалообразования при разработке наклонных угольных месторождений /А.А. Зайцева, Г.Д. Зайцев // Горный информационно-аналитический бюллетень . 2011. -№2. -с. 129-133.

50. Звягинцев, Ю.И. Методика обоснования схем организации работ при использовании систем разработки с перевалкой вскрыши / Ю.И. Звягинцев, О.Б. Кортелев // Оптимизация параметров карьера: сб.науч.тр. ИГД СО АН СССР. -Новосибирск. 1978. -с.32-37.

51.Зеньков, И.В. Экономика рекультивации. Ремонт породных отвалов / И.В. Зеньков, Б.Н. Нефедов, О.В. Сибирякова, Е.В. Кирюшина, Е.В. Вокин // Уголь. № 11. 2013. -с.84-85.

52. Исследование бестранспортной технологии открытой разработки угольных месторождений Кузбасса с наклонным залеганием пластов: Отчёт о НИР. КузПИ. Руководитель: Репин Н.Я. Тема №104-73 №г.р.73066560 5455010 Кемерово, 1975.-230с.

53. Ильин, С.А. Ресурсосбережение при открытых горных работах / С.А. Ильин, В.С. Коваленко, В.В. Манкевич // М.: МГГУ, 1995. - 149с.

54. Истомин В.В., Коваленко В.С. Развитие теории систем открытой разработки / В.В. Истомин, В.С. Коваленко// Горный журнал, 1999. -№1, - с.33-38.

55. Каноненко, Ю.В. Геоморфологическое обоснование параметров техногенного рельефа при рекультивации земель: автореф. ...канд. техн. наук: М. 2003. -22с.

56. Калинин, А.В. К вопросу методики классификации схем экскавации при бестранспортной системе разработки / А.В. Калинин, М.М. Березняк, В.Г. Проноза // Открытая добыча угля: межвуз. сб. науч. тр. -Кемерово, 1971. -с.150-158.

57. Калинин, А.В. Расчёт коэффициента переэкскавации при бестранспортной разработке пологих пластов/ А.В. Калинин, В.Г. Проноза, В.Ф. Воронков // Разработка угольных месторождений открытым способом: сб. науч. тр. Кемерово, 1976. -с.15 - 24.

58. Колесников, В.Ф. Систематизация схем вскрытия при продольных и поперечных технологиях /В.Ф. Колесников// Вестник КузГТУ / 1998. -№5, -с.55-58.

59. Колесников, В.Ф. Вскрытие и порядок отработки полей разрезов Кузбасса / В.Ф. Колесников, В.И. Кузнецов, А.С. Ташкинов // Кемерово. Кузбассвуиздат. 1997. -128с.

60. Колесников, В.Ф. Развитие и обоснование способов и схем вскрытия рабочих горизонтов угольных карьеров: диссерт. ... докт. техн. наук: 05.15.05. - Кемерово, 1999. -325с.

61. Колесников, В.Ф. Технические решения по вскрытию рабочих горизонтов разрезов Кузбасса / В.Ф. Колесников, В.И. Кузнецов, А.С. Ташкинов // -Кемерово. -Кузбассвуиздат. 1998. -172с.

62. Колесников, В.Ф. Разработка угленасыщенных зон карьерных полей выемочно-транспортным комплексом / В.Ф. Колесников В.Ф., А.И. Корякин, А.В. Селюков, В.Г. Проноза, В.А. Ермолаев, В.Ф. Воронков / - Кемерово. -Кузбассвуиздат. 2010. -247с.

63. Корсунский, Г.Я. Экологическая оценка влияния открытых горных работ на природный ландшафт / Г.Я. Корсунский, Т.Г. Николаева, Е.А. Ко-

ноплёва //Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ. – 1993. – с. 98-103.

64. Красавин, А. П. Защита окружающей среды в угольной промышленности /А.П. Красавин // – М.: Недра, 1991. - 60 с.

65. Корректировка ТЭО освоения Ерунаковского угольного района Кузбасса в соответствии с программой экологоэкономических исследований (Пэтап). Том 8, книга 1. Новосибирск, 1993.

66. Корякин, А.И. Пути создания малоземлёмкой технологии открытой угледобычи в Кузбассе / А.И. Корякин, И.И. Цепилов // Вестник КузГТУ. 1991. №1. -с. 60-62.

67. Костин Е.В., Хашин В.Н. Отчёт Сибирского филиала ВНИМИ по работе 02025 (этап 0400) "Разработать рекомендации по параметрам устойчивых бортов и отвалов на разрезах производственного объединения "Кемеровоуголь", Прокопьевск, 1975г.(Фонд СФ ВНИМИ).

68. Курленя, М.В. Технология разработки нижней части карьерного поля с внутренним отвалообразованием на крутопадающих месторождениях /М.В. Курленя, М.Л. Медведев, Ю.И. Колдырев, В.Е. Кисляков // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2008. - № 9. -с. 214-223.

69. Киковка, В.Е. Обоснование рациональных параметров рабочей зоны карьера при отработке крутопадающих месторождений этапами с внутренним отвалообразованием. Автореф. канд. дис. Днепропетровск, ДГИ, 1990.

70. Коваленко, В.С. Технологические аспекты экологизации открытых горных работ при освоении перспективных угольных месторождений Кузбасса /В.С. Коваленко// Вопросы теории открытых горных работ: сб. научн. трудов: М.: МГГУ, 1994. - с.106-121.

71. Коваленко, В.С. Формирование ресурсосберегающих технологий открытой разработки свит крутых и наклонных угольных пластов: автореф. ... докт. техн. наук. -М.: МГГУ, 1997. 42с.

72. Красавин, А.А. Защита окружающей среды в угольной промышленности / А.А. Красавин // -М.: Недра. 1991. -234с.
73. Красавин, А.П. Экологическое оздоровление промышленного производства / А.А. Красавин // -Пермь: Звезда, 2005. -232с.;
74. Краснянский, Г.Л. Экономические аспекты развития топливно-энергетического комплекса России / Г.Л. Краснянский // -М.: АГН, 2000. 462с.
75. Кузнецов, В.И. Управление горными работами на разрезах Кузбасса / В.И. Кузнецов // -Кемерово: Кузбассвуиздат. 1997. 164 с.
76. Кумченко, Н.Н. Этапно-слоевая технология обработки карьера и внутреннего отвалообразования при разработке крутопадающих залежей: автореф. ... канд. техн. наук. Кривой Рог, 1990. 24с.
77. Лель, Ю.И. Методы расчета параметров устойчивой работы автотранспорта глубоких карьеров: : автореф. ... докт. техн. наук: Екатеринбург. 1999. - 35 с.
78. Лоханов, Б.Н. Исследование параметров бестранспортной системы разработки свиты пологих пластов: автореф. ... канд. техн. наук: М. 1969. - 26с.
79. Макаров, В.Н. Технология ведения открытых горных работ на полях ликвидированных шахт / В.Н. Макаров, А.И. Корякин, А.В. Селюков / Кузбассвуиздат, Кемерово. 2010. -139с.
80. Мацко, Н.А. Обоснование разработки месторождений глубокими карьерами с интенсивным формированием выработанного пространства для размещения в нем внутренних отвалов: автореф. ... канд. техн. наук.: М. Российская АН, ИПКОН, 1993. -27с.
81. Мартянов, В.Л. Обоснование рационального порядка разработки сложноструктурных угольных месторождений / В.Л. Мартянов, В.Ф. Колесников// Вестник Кузгту. 2016. № 6 (117). –с. 73-82.



82.Медников, Н.Н. Математические методы и моделирование процессов и технологии открытых горных работ / Н.Н. Медников // -М., МГИ, 1992.- 112с.

83. Мельников, Н.В. Системы открытой разработки угольных месторождений / Н.В. Мельников // М.: Углетехиздат, 1952. - 24 с.

84. Меньшонок, П.П. Технология разработки месторождения с измененным направлением подвигания фронта работ / П.П. Меньшонок, В.И. Кузнецов// Уголь. 1997. №12. -с.31-35.

85. Михальченко, В.В. Экологически чистые технологии -будущее открытой угледобычи в Кузбассе / В.В. Михальченко, С.А. Прокопенко // Уголь. 1992. № 1. -с.11-14.

86. Михальченко, В.В. Землесберегающая технология отработки мощных наклонных и крутых залежей / В.В. Михальченко, С.А. Прокопенко, В.Г. Орлов // Уголь. 1991. №5, -с.44-46.

87. Муратов, Х.Ш. Использование выработанного пространства карьеров для отвалообразования / Х.Ш. Муратов, В.И. Никандров // Горный журнал. 1978. № 7, -с. 16-17.

88. Мирошник, А.И. Обоснование способов управления качеством угля при интеграции геотехнологических процессов на шахтах Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса: автореф. ... канд. техн. наук: 25.00.22. Новокузнецк. 2002. -20с.

89. Ненашев, А.С. Исследование эффективности разработки месторождений Южного Кузбасса этапами с внутренними отвалами: автореф. ... канд.техн. наук. МГИ, 1975. - 22с.

90. Ненашев, А.С. К вопросу определения основных параметров и устойчивости внутренних многоярусных отвалов / Ненашев А.С. // Открытая угледобыча в Кузбассе: сб. науч. тр. -Кемерово, 1976, -с.194-204.

91. Новожилов, М.Г., Маевский А.М., Бондарь С.А., Дриженко А.Ю. Технологические параметры глубоких карьеров / М.Г. Новожилов, А.М. Маевский, С.А. Бондарь, А.Ю. Дриженко // -М.: Недра, 1982. -175с.
92. Новожилов, М.Г. Открытые горные работы / М.Г. Новожилов // -М.: Госгортехиздат, 1961,-476с.
93. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов. ВНТП 2-86. М.: Издательство Минуглепрома СССР, 1986. -56 с.
94. Островский, Г.К. Определение производственной мощности карьера с бестранспортной технологией / Г.К. Островский, Г.К., В.П. Федорко // Иркутск. 1996. -218с.
95. Открытые горные работы (справочник) // Горное бюро. М.: 1994. -590с.
96. Обоснование ресурсосберегающей бестранспортной открытой разработки крутонаклонных свитовых месторождений угля. // Отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный). Кузб.гос.техн.ун-т. 2001г. 126с.
97. Обоснование ресурсосберегающей бестранспортной открытой разработки крутонаклонных свитовых месторождений угля. // Отчет о научно-исследовательской работе (окончательный). Кузб.гос.техн.ун-т. 2002г. 171с. № 10/3-2002.
98. Обоснование параметров поперечной системы разработки месторождений с наклонным залеганием пластов (на примере месторождения бассейна Моатизе в Народной республике Мозамбик) / Сибирское отделение Института горного дела, Новосибирск, 1985.-77с.
99. Ольховатенко, В.Г. Инженерно-геологические условия строительства крупных карьеров в Кузнецком угольном бассейне / В.Г. Ольховатенко // Томск:ТГУ,1976, -210с.
100. Ольховатенко, В.Г. Геоэкологические проблемы при разработке угольных месторождений Кузнецкого бассейна открытым способом / В.Г. Ольховатенко, Г.И. Трофимова // Уголь.- 2009. -№2. -с.58-64.

101. Патент 2637667 РФ, МПК E21C 41/26. Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых [Текст] / Федотенко В.С., Литвин Я.О., Ермолаев В.А., Сысоев А.А., Селюков А.В. / № [2016142834](#); заявл. 31.10.2016; опубл. 06.12.2017, Бюл. № 34. – 6 с.

102. Природные ресурсы и экология России: Федеральный атлас. -М.: НИА-Природа, 2002. -278 с.

103. Просандеев, Н.И. Определение основных параметров внутренних отвалов / Н.И. Просандеев // Разработка рудных месторождений: сб. науч. тр.: Киев, 1982. вып. 33, - с.81-88.

104. Проноза, В.Г. Обоснование структуры эффективных технологических комплексов перевалки вскрышных пород: диссер. ... докт. техн. наук: 05.15.03. Кузбасс, политехи, ин-т. Кемерово, 1992. -363с.

105. Проноза, В.Г. Систематизация горногеологических условий залегания свитовых угольных месторождений применительно к проектированию поперечных систем разработки / В.Г. Проноза, А.И. Корякин, С.М. Милый // Вестник КузГТУ/ 2002. №4. -с.3-7.

106. Проноза, В.Г. Определение области эффективной разработки энергетических углей открытым способом (на примере Кузнецкого угольного бассейна) / .Г. Проноза, А.И. Корякин, С.М. Милый // Вестник КузГТУ, 2000. -с. 83-87.

107. Проноза, В.Г. Зависимость текущего коэффициента вскрыши от условий залегания свит угольных пластов при их разработке по поперечной системе / В.Г. Проноза, Е.Н. Естифеев // Вестник КузГТУ, 2008. №2. -с.28-33.

108. Повилейко, Р.П. Десятичная матрица поиска /Р. П. Повилейко // Рига. Знание. 1978. -96с.

109. Пособие по проектированию автомобильных отвалов: утв. Минметом 07.06.90. №41-2-9/2.Сост. Тимофеев Б.А., Бурыкин С.И., Саканцев М.Г. и др. М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1990. - 88 с.

110. Проектная документация расширения производства ЗАО «Прокпьевский угольный разрез» (13-2010/П-Г) // ООО «Сибгеопроект», г. Кемерово.

111. «Проектная документация на реконструкцию разреза «Черемшанский» ОАО «Кузбасская Топливная Компания» с увеличением производственной мощности, Кемерово. 2009.

112. Плотников, Е.П. Обоснование рациональных областей применения схем вскрытия угольных карьеров при поперечных системах разработки: диссер. ... канд. техн. наук: 05.00.22. Кемерово. 2001. -180с.

113. Реентович, Э.И. Обоснование оптимальных решений для открытых разработок / Э.И. Реентович // - М: Наука, 1982. - 168с.

114. Ржевский, В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ / В.В. Ржевский // М.: Недра, 1975. - 574 с.

115. Ржевский, В.В. Открытые горные работы / В.В. Ржевский // - М.: Недра, 1985. - 549 с.

116. Ржевский, В.В. Строительство карьеров /В.В. Ржевский //-М.: Углетехиздат, 1958. -195с.

117. Романенко, А.В. Обоснование основных параметров технологии разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием: автореф. ... канд. техн.наук. -Днепропетровск, ДГИ. 1989. 20с.

118. Русский, И.И. Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах / И.И. Русский //М.: Недра, 1979. -221с.

119. Рутковский, Б.Т. Блочный способ отработки карьерных полей с большим простиранием / Б.Т. Рутковский // Разработка угольных месторождений открытым способом, сб. науч. тр. -Кемерово, КузПИ, 1972. - с. 81-87.

120. Рутковский, Б.Т. Метод горно-геометрического исследования месторождений при проектировании карьеров / Б.Т. Рутковский // М.: Недра, 1973. -160 с.

121. Русак, О.Е. Обоснование технологии формирования долговременных складов горных пород – отходов карьерного производства: автореф. ... канд.техн. наук: 25.00.22. – СПб: Горный университет, 2013. – 20 с.

122. Рыжов, П.А. Математическая статистика в горном деле / П.А. Рыжов // М.: 1965, -188с.

123. Славиковская, Ю.О. Сравнительная оценка техногенного воздействия на окружающую среду открытой и подземной геотехнологий / Ю.О. Славиковская // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. №7, -с.120-127.

124. Селюков, А. В. Режим горных работ при переходе действующих разрезов Кузбасса на поперечную систему разработки наклонных и крутых угольных залежей / Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ. №7. Кузбасс-1. –Москва. 2009. –с.77-80.

125. Корякин А. И. Определение основных технологических параметров карьера при проектировании / Корякин А.И., Селюков А.В. / Вестник КузГТУ. - 2010. -№2. -с. 66–68.

126. Селюков, А. В. Определение эффективной границы бестранспортной разработки свиты угольных пластов при поперечном развитии фронта работ / А.В. Селюков, В.Г. Проноза / Вестник КузГТУ. -2010. -№3. -с. 43-45.

127. Колесников, В. Ф. Методические положения по обоснованию критериев оценки сложности отработки карьерных полей угольных месторождений Кузбасса / В.Ф. Колесников, А.И. Корякин, В.Г. Проноза, А.В. Селюков // Уголь. -2010. -№10. -с.23-24.

128. Селюков, А. В. Определение мощности экранирующего слоя при поперечной системе разработки ликвидированных шахтных полей / А.В. Селюков В.Н. Макаров / Вестник КузГТУ. -2010. - № 6. -с. 26-30.

129. Селюков, А. В. Технология доизвлечения угольных целиков открытым способом на полях ликвидированных шахт / А.В. Селюков, В.Н. Макаров / Вестник КузГТУ. – 2010. - № 6. -с.30-33.

130..Селюков, А. В. Эффективность технологии доработки оставшихся запасов угля на верхних горизонтах шахтных полей открытым способом / А.В. Селюков, В.Н. Макаров // Вестник КузГТУ. 2011, -№1. -с.29-31 .

131.Селюков, А. В. Технология нарезки транспортной бермы в бес-транспортной зоне при поперечной системе разработки / А.В. Селюков // Вестник Иркутского государственного технического университета -2011. - №2(49). -с. 67-70.

131.Ермолаев, В. А. Об эффективности перехода с блочной продольной на поперечную однобортную спиральную систему разработки на примере действующего разреза / В.А. Ермолаев, А.В. Селюков, Я.О. Литвин / Вестник КузГТУ. 2015. - № 1. -с. 57-60.

132. Селюков, А.В. Технологическое развитие блокового способа открытой разработки угольных месторождений / А.В. Селюков, Я.О. Литвин // Естественные и технические науки. 2015. № 3(81). -с. 94-97.

133. Селюков, А. В. О технологической значимости внутреннего отвалообразования при открытой разработке угольных месторождений Кемеровской области / А.В. Селюков // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. №5. -с.23-34.

134. Селюков, А. В. Оценка численного моделирования процесса адаптации внутреннего отвалообразования к режиму действующих карьерных полей Кемеровской области / А.В. Селюков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. -т.326. № 12. -с.60-71.

135. Селюков, А. В. Гистограммный способ определения местоположения емкости для внутреннего отвала при открытой угледобыче в Кемеровской области / А.В. Селюков // Вестник МГТУ, серия «Науки о Земле». 2016. том 19, № 1/1. -с.40-46.

136. Селюков, А. В. Инструмент корректировки распределения объемов вскрыши по отвалам угольного разреза / А.В. Селюков // Записки горного института. 2016. том 219. -с.387-391.

137. Селюков, А. В. Воздействие объектного функционирования внутреннего отвалообразования на знакопеременность производственной мощности угольного разреза / А.В. Селюков // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2016. № 5. -с.11-16.

138. Селюков, А. В. Контурное развитие карьерного поля и внешнего отвала в задачах сокращения избыточного выработанного пространства разрезов с автотранспортной технологией /А.В. Селюков // Вестник КузГТУ. 2016. -№4. -с. 7-14.

139. Селюков, А. В. Оценивание землеемкости угольных разрезов видоизменением системы открытой разработки / А.В. Селюков // Известия Уральского государственного горного университета. Екатеринбург. 2016. - №3(43). -с.82-86.

140. Селюков, А. В. Проектирование динамичностью рядов вариаций транспортной и бестранспортной технологий открытой разработки наклонных и крутопадающих залежей / Вестник КузГТУ. 2016. - № 4. -с.59-64.

141. Селюков, А.В. Определение технической границы бестранспортной рабочей зоны при сплошной поперечной системе открытой разработки месторождений угля / А.В. Селюков // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. том 23. № 2. –с. 44-52.

142. Селюков, А.В. Выработанное пространство угольных разрезов: развитие классификационных признаков / А.В. Селюков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. том.15, №3. -с.12-17.

143. Селюков, А. В. Матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем открытой разработки наклонных и крутопадающих залежей / А.В. Селюков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. вып. 3. -с.182-194.

144. Селюков, А. В. Вычисление доли бестранспортной технологии при углубочно-сплошной поперечной системе открытой разработки / Вестник

Академии наук республики Башкортостан, «Науки о Земле», 2016. № 4/1, - с.40-46.

145. Селюков, А.В. Природоохранные технологии открытых горных работ / А.В. Селюков // LAP LAMERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Saarbrücken, Germany. 2012. -234с.

146. Справочник: Открытые горные работы. 1988. - 160с.

147. Селюков, А.В. Эффективность отсыпки низкопрофильного внешнего вскрышного отвала при открытой угледобыче в Кемеровской области / А.В. Селюков // Горный информационно-аналитический бюллетень. –2017. – №12 (38). –С.120-127.

148. Таланин, В.В. Обоснование параметров и технологии строительства карьера первой очереди при углубочно-сплошных поперечных системах разработки: автореф. ... канд. техн. наук: -М., МГГУ, 2006.

149. Ташкинов, А.С. Технология открытой разработки угольных месторождений с размещением вскрыши в выработанном пространстве / А.С. Ташкинов, А.И. Корякин // Отчётная сессия РНОК: тез. докл. -Кемерово. 1996. - с. 180-182.

150. Тинько, Н.А. Технология отсыпки внутреннего отвала скальных пород при разработке крутопадающих месторождений / Н.А. Тинько, В.И. Филь, В.Т. Лашко, Г.Г. Грищенко // Горный журнал, 2007. - №5.- С. 63-64.

151. Томаков, П.И. Рациональное землепользование при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // М.: Недра, 1984.-213 с.

152. Томаков П.И. Эффективность внутреннего отвалообразования при разработке Чумышского угольного месторождения / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // М.: Добыча угля открытым способом. ЦНИИЭуголь, 1972. № 3.- с.8-10.

153. Томаков, П.И. Влияние основных природных горнотехнических факторов на удельную землеёмкость открытой добычи угля/ П.И. Тома-



ков, В.С. Коваленко, А.П. Тюлькин // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов: сб. науч. тр. - М.: Наука, 1978. - с. 208-217.

154. Томаков, П.И. Отвалообразование при отработке крутых пластов транспортной системой с размещением пустых пород в выработанное пространство / П.И. Томаков // Сб. науч. тр. КузНИУИ, 1963. - №11, -с. 98-108.

155. Томаков, П.И. Исследование транспортной системы разработки открытым способом свит крутых угольных пластов Кузбасса с размещением вскрыши в выработанном пространстве: автореф. ... канд. техн. наук. М.: МГИ, 1963.

156. Томаков, П.И. О рациональном землепользовании при производстве открытых горных работ / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Научные труды: сб статей. -М.: МГИ, 1979. - с.14-21.

157. Томаков, П.И. Основные направления повышения эффективности использования земельных ресурсов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Проблемы комплексного освоения полезных ископаемых: сб.науч. тр. М.: Недра, 1989, - с.92-103.

158. Томаков, П.И. Природоохранные технологии открытой разработки крутых и наклонных угольных месторождений Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Уголь, 1992. - №1. -с. 16-20.

159. Томаков, П.И. Вовлечение в производство ресурса выработанного пространства – основное направление в снижении ресурсоемкости и улучшения экологических показателей угледобычи на разрезах Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Горный информационно-аналитический бюллетень. 1998. -№3. -с.37-44.

160. Томаков, П.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах / П.И. Томаков, В.С. Коваленко, А.М. Михайлов, А.Т. Калашников // - М.: МГГУ, 1994. -420с.

161. Трубецкой, К.Н. Определение области применения способов разработки крутопадающих залежей с использованием заранее сформированного выработанного пространства карьера / К.Н. Трубецкой, А.А. Пешков, Н.А. Мацко // Горный журнал. -1994. -№ 1. - с. 51-59.

162. Трубецкой, К.Н. Перспективы использования малоотходной технологии с внутренним отвалообразованием на глубоких карьерах /К.Н.Трубецкой, А.А. Пешков, Н.А.Мацко // Уголь. -1998. -№ 1. -с. 24-29.

163. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. М.: Недра, 1982. - 405 с.

163. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. - Челябинск: Издательство института НИИОГР, 1991.

164. Трубецкой, К.Н. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко, Л.И. Бурцев // -М.: Научтехлитиздат. 2003. -261с.

165. Трубецкой, К.Н., Проектирование карьеров / К.Н. Трубецкой, В.Г. Краснянский, В.В. Хронин, В.С. Коваленко // -М.: Высш. шк., 2009. -694 с.

166. Угольная промышленность Российской Федерации. М.: Росинформуголь, 2003.

167. Умнов, А.Е. Охрана природы и недр в горной промышленности / А.Е. Умнов // - М.: Недра, 1987. - 126 с.

168. Федоров, С.С. Инженерные и экономические основы управления устойчивостью бортов карьера: автореф. ... канд. техн. наук. М, МГИ, 1994.

169. Федорко, В.П. Влияние ширины заходки и длины фронта работ на производительность участка при бестранспортной системе разработки / В.С. Федорко // Известия вузов. Горный журнал. 1994. №3/4. -с. 19-22

170. Фролов, С.В. Анализ научных исследований по вопросам внутреннего отвалообразования / С.В. Фролов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №12(2). -с. 392-396.

171. Хохряков, А.В. Комплексная оценка влияния горного производства на окружающую среду и выбор природосберегающих параметров горнодобывающих предприятий: автореф. ... доктор. техн. наук. М. 1989.

172. Хохряков, А.В. Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок / А.В. Хохряков // -М.: УГГА, 1996, -180с.

173. Хохряков, А.В. Проектирование карьеров / А.В. Хохряков // М. 1980. -336с.

174. Холодняков, Г.А. Обеспечение безопасного хранения отходов горного производства при ведении открытых горных работ / Г.А. Холодняков, О.Е. Русак // Безопасность жизнедеятельности. 2013. - № 4. -с. 28-30.

175. Хорошилова, Л. С. Проблемы нарушенных земель в Кузбассе и пути их решения // Л.С. Хорошилова, А.В. Тараканов // Вестник КузГТУ. - 2007. - №2. - с. 62-64.

176. Ческидов, В.И. Расширение области применения систем открытой разработки угольных месторождений с перевалкой вскрыши драглайнами / В.И. Ческидов, В.К. Норри, Г.Г. Саканцев // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2014. № 4.- с.89-97.

177.Ческидов, В.И. Бестранспортная технология вскрышных работ на разрезах Кузбасса: состояние и перспективы / В.И. Ческидов, В.К. Норри // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. №4. -с.109-116.

178. Цепилов, И.И., Перспективные технологии открытой разработки сложно-структурных угольных месторождений / И.И. Цепилов, А.И. Корякин, В.Ф. Колесников., С.И. Протасов // уч. пособ. Кемерово: Кузбасс. гос. техн. ун-т. 2000. -186с.

179. Шешко, Е.Ф. Основы проектирования угольных карьеров /Е.Ф. Шешко // -М.: Углетехиздат, 1950, -335с.

180. Шешко, Е.Ф. Основы проектирования угольных карьеров / Е.Ф. Шешко // М.: Углетехиздат, 1950. - 335с.

181. Шкуратник, В.Л. Измерения в физическом эксперименте / В. Л. Шкуратник // М.: Академия горных работ, 2000. -256с.
182. Штейнцайг, М.Р. К вопросу выбора порядка отработки сложно-структурных угольных месторождений / М.Р. Штейнцайг // Уголь .-2007.- №12. -с. 11-15.
183. Штейнцайг, М.Р. К вопросу о повышении эффективности открытой угледобычи при поперечном порядке отработки свиты наклонных пластов / М. Р. Штейнцайг // Уголь.- 2008.- №1. - с.8-10.
184. Щадов, В.М. Технологическо-организационные основы формирования стратегии развития открытой угледобычи / В.М. Щадов // автореф. ... докт. техн. наук. М., МГГУ. 2001.
- 185.Щадов, В.М. Анализ и методология формирования стратегий открытой угледобычи / В.М. Щадов, В.В. Истомин, С.С. Резниченко // М.: 2001. -132с.
186. Эталон ТЭО строительства предприятий по добыче и обогащению угля// Под ред. Еремеева В.М.- М.: изд. АГИ, 1998, -439с.
- 187.Экологическая доктрина Российской Федерации (одобрена Распоряжением Правительства РФ от 31.08.2002 г. No 1225-р).
188. Юматов, Б.П., Строительство и реконструкция рудных карьеров / Б.П. Юматов, Ж.В. Бунин // -М.: Недра, 1970. -240с.
189. Ялтанец, И. М. Геометрический анализ карьерных полей при поперечной системе разработки /И. М. Ялтанец, Е. А. Кононенко // Научные основы создания высокопроизводительных комплексно-механизированных и автоматизированных карьеров: сб. науч. трудов. М.: МГИ. -1977. с.7–11.