

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)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Кемерово 2019

Работа выполнена на кафедре «Открытые горные работы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Официальные оппоненты:

Гавришев Сергей Евгеньевич

доктор технических наук, профессор, директор института горного дела и транспорта, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Косолапов Александр Иннокентьевич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой открытых горных работ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Лель Юрий Иванович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений открытым способом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук

Защита диссертации состоится «19» марта 2020г. в 13-00ч. на заседании диссертационного совета Д 212.102.02 Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» и на сайте организации: <http://science.kuzstu.ru/>

Автореферат разослан «__» _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



М.А. Тюленев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. За период 2000-2017 гг. объёмы 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 отсутствием достаточно полной теоретической базы. 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 практики.

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 «Стройсервис» (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 дальности 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 однобортной системе открытой разработки породугольного массива ликвидированных шахт, определяются интервальными рядами динамики диапазоном 142–680 тыс.м³ при высоте рабочей зоны 30–120 м.

- 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 38–193 м.

- в период эксплуатации карьерного поля складирование вскрышных пород во внешнем низкопрофильном отвале обеспечивает положительное преобразование естественного рельефа местности на территории горного отвала, что обуславливается выделением этапов отсыпки равных 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

экспоненциально 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 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 однороторной 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 систем разработки, так и в процессе их последовательного преобразования; обосновании технико-экономической эффективности при использовании 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 сочетаниях 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 чис-

ленного 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:

- 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;
- определять технологическую схему и высоту рабочей зоны при последовательном перемещении вскрыши в забойной стороне по транспортной технологии и на отвальной по бестранспортной;
- обеспечить соответствие технологии внешнего отвалообразования с использованием автомобильного транспорта и экологичности горного производства.

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 конференции «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 рекомендованных 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 и заключение, 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проанализирована научно-методическая база по теме диссертации, включающая характеристику геологического строения наклонных и крутопадающих месторождений Кузнецкого угольного бассейна, разрабатываемых открытым способом, проработку базисов недостатков систем разработки и технологий производства открытой угледобычи, сформулированы постановка проблемы диссертационной работы, цель, задачи исследования и выводы по главе.

Целесообразность внедрения систем разработки и технологий с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля рассматривалась в трудах ученых-горняков нашей страны - Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевского, К.Н. Трубецкого, А.А. Арсентьева, В.Е. Богданюка, Е.И. Васильева, С.Е. Гавришева, В.А. Ермолаева, В.В. Таланина, П.И. Томакова, В.С. Коваленко, А.И. Косолапова, О.Б. Кортелева, А.Ю. Дриженко, В.В. Истомина, А.И. Корякина, В.В. Михальченко, Д.В. Пастихина, С.А. Прокопенко, В.Г. Пронозы, И.И. Цепилова, В.Ф. Колесникова, Б.Т. Рутковского, М.В. Рыльниковой, П.П. Меньшонка, В.И. Ческидова, Г.Г. Саканцева, А.В. Соколовского, А.С. Ненашева, Ю.И. Анистратова, Ю.И. Леля, Ю.В. Бубиса, В.В. Истомина, Н.Н. Медникова, Г.А. Холоднякова, В.А. Хролина, М.Р. Штейнцайга и многих других.

Выполненный анализ ранее проведенных исследований, практического опыта и методических подходов показал, что состояние горной науки в области складирования вскрышных пород в выработанном пространстве наклонных и крутопадающих угольных месторождений характеризуется следующими положениями:

- начиная с момента ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов Кузнецкого бассейна и до настоящего времени, установлено, что примерно паритетно соотносятся в структуре площадей нарушаемых земель карьерное поле до 33% и внешний отвал до 42%;

- укрупнено, в своем большинстве на угольных разрезах используется углубочные продольные одно и двух бортовые системы разработки, при которых, вывозится до 80-85% вскрышных пород с использованием транспортных средств на внешние отвалы.

- внешнее отвалообразование многоярусное с рекультивацией и непригодностью в сельскохозяйственном направлении;

- рабочая зона углубляется постоянно, до момента затухания горных работ в карьерном поле, одновременно с нарастанием объема выработанного пространства, потенциальное использование приурочено к завершающему периоду эксплуатации горного предприятия, что предопределяет долю внутреннего отвалообразования не более 15-20%.

- известные научные наработки в своем большинстве изначально рассматривают процесс формирования внутренних отвалов для условий нетронутых горными работами карьерных полей угольных разрезов;

- процесс преобразования систем разработки представлен в научно-технической литературе отдельными технологическими фрагментами при отсутствии комплексного методического подхода;

- практический опыт показывает единичную реализацию отдельных фрагментов систем разработки с внутренним отвалообразованием в промышленных масштабах действующих, проектируемых карьерных полей и участков открытых горных работ на ликвидированных шахтных полях;

Результаты анализа ранее проведенных исследований, имеющегося практического и проектного опытов, показали возможность и необходимость дальнейшего исследования и обоснования детальных вариантов развития ре-

сурсосберегающих технологий открытой разработки угольных месторождений Кузбасса и послужили основой для постановки цели и задач исследования.

Во **второй главе** представлено исследование и обоснование элементов и параметров технологического процесса перехода от углубочных продольных в сплошные поперечные системы разработки для условий действующих карьерных полей угольных разрезов.

Проведенный функционально-структурный анализ фактического состояния горных работ на более чем 50 карьерных полях угольных разрезов Центрального и Северного Кузбасса, показал, что параметры технологического процесса видоизменения системы открытой разработки не определены. Поэтому в данном разделе предлагается последовательность конструирования и расчетные модели параметров поэтапного преобразования углубочной продольной в сплошную поперечную систему разработки, развитие классификационных признаков выработанного пространства, проектирование производственной мощности увязанной с порядком отработки карьерного поля.

Исследованием установлено, что особенность технологического преобразования заключается в пространственно-планировочной и организационной увязки элементов процесса.

В исследовательской деятельности существует метод поиска новых технологических решений на основе анализа взаимосвязей показателей изучаемого объекта под названием "Десятичные матрицы поиска" (Повилейко Р. П., 1978). В качестве элементов матрицы рассматриваются показатели, учитываемые при проектировании и типовые приемы решения задач. По аналогии с названным методом рассматривается «Матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем открытой разработки наклонных и крутопадающих залежей».

Обобщая пространственно-планировочное развитие объектов «карьерное поле - отвал вскрышных пород», процесс преобразования поэлементно устанавливается следующим образом (рис.1): **1** - описание базисных свойств исходного объекта - горно-геологические и технологические условия; **2** - объектная пространственная ориентированность карьерного поля и внешнего отвала; **3** - виды поперечного сечения выработанного пространства; **4** - районирование карьерного пространства для уточнения возможных местоположений емкости; **5** - параметризация емкости под отвал; **6** - вместимость емкости на основе распределения объемов вскрыши на внешний и внутренний отвал (ам); **7** - определение технологических вариантов сооружения емкости и отработки карьерного поля, конструирование системы открытой разработки с технико-экономическим анализом.

Исследованиями по элементу 1 определено, что при разработке 52 разрезами наклонных и крутопадающих залежей принята углубочная продольная система разработки с внешним отвалообразованием (80-85% от объемов вскрышной породы в карьерном поле) и 7 с блоковым порядком отработки (доля внутреннего отвалообразования 15-20%).

[illegible]

Рис.1 Матрица синхронизации углубочных продольных и поперечных сплошных систем разработки наклонных и крутопадающих залежей

По элементу 2 исследованиями установлено укрупненное статистическое равенство последовательности пространственного развития рабочей зоны углубочной продольной системы разработки

$$P_k \approx U_k \approx H_y \text{ или } V_{\text{фр}} \approx U_r \approx H_y, \quad (1)$$

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

Приращение контуров развития внешних многоярусных автоотвалов расположенных от карьерного поля по дальности транспортирования вскрыши в диапазоне 2,0÷5,0км., можно представить в виде выражения, полученного через математико-статистическую обработку фактических данных

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

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

Обработка данных позволила получить промежуточные заключения:

-карьерные поля и внешние отвалы пространственно развиваются на встречу друг другу, с линейными функциями (1), (2);

-значительный удельный вес расположения внешних отвалов приходится на периметр карьерного поля вдоль длинной оси (83ед.), по торцам (12ед.) и смешанное расположение (21ед.).

Изученность вопроса по элементу 3 позволила установить, что взаимосвязь классификационных признаков выработанного пространства увязанных с главным направлением развития работ в карьерном поле не установлена. Используя формулу (1) относительно привязки работ, получена функция, статистических моделей графического изображения выработанного пространства карьерных полей угольных разрезов

$$T = f(t, S), \quad (3)$$

где T – вид (маркировка) поперечного сечения выработанного пространства (геометрическая интерпретация отрезков: «рельеф поверхности» - «борта карьера» - «дно»), t – период времени, в течение которого обобщалась и накапливалась информация по параметрам выработанного пространства (2000-2015г.), S – сечение выработанного пространства с постоянством пространственно-временной формы.

Общее количество рассматриваемых сечений более 300. При достоверности аппроксимации $R^2 > 0,95$ выделено шесть разновидностей выработанного пространства: 1) треугольная при однобоковой рабочей зоне (T_o); 2) трапецевидная при двухбоковой рабочей зоне ($T_{р\text{д}}$); 3) последовательно сдвоенные, строенные ($ПС$); 4) трапецевидная при однобоковой рабочей зоне ($T_{рo}$); 5) линейно-косоугольная ($ЛК$); 6) криволинейно-замкнутая или разомкнутая ($КЗ$).

По “Калтанскому угольному разрезу”, к примеру, фактически принимается правильная трапецевидная форма техногенного ресурса и равная этапу производства горных работ. Объем выработанного пространства на конец 2015г. для внутреннего отвала составляет 47575 тыс.м³, по предлагаемой

функции (3) $T=54300$ тыс.м³. Результаты статистической обработки всех сечений показывает однозначную ситуацию - возможно увеличивать долю внутреннего отвалообразования на 25% по сравнению с проектными и фактическими данными.

В фундаментальных трудах акад. В.В. Ржевский отмечал, что «горные работы должны максимально следовать за залежью полезного ископаемого». Подставляя функцию (1) к более 50 траекториям главного развития горных работ (элемент 1), промежуточно получаем возможные контуры емкости внутреннего отвала, при условной маркировке местозаложения С1...Ю2 (элемент 4).

Графическое (AutoCAD, Microsoft Visio) и численное моделирование (Excel) теоретических положений по двух этапному порядку отработки карьерного поля: формирование емкости и отработка с внутренним отвалом, позволила по элементу 5 окончательно выделить факторы местозаложения: угленасыщенность в контурах емкости; наибольшая текущая глубина (отметки рабочей зоны); минимальная дальность транспортирования при вывозке породы на отвал; наличие стационарной вскрывающей выработки.

На рис. 2 приведен иллюстрационный пример выбора местоположения емкости от влияющих факторов для типичного представителя объекта исследования работы - разрез «Прокопьевский».

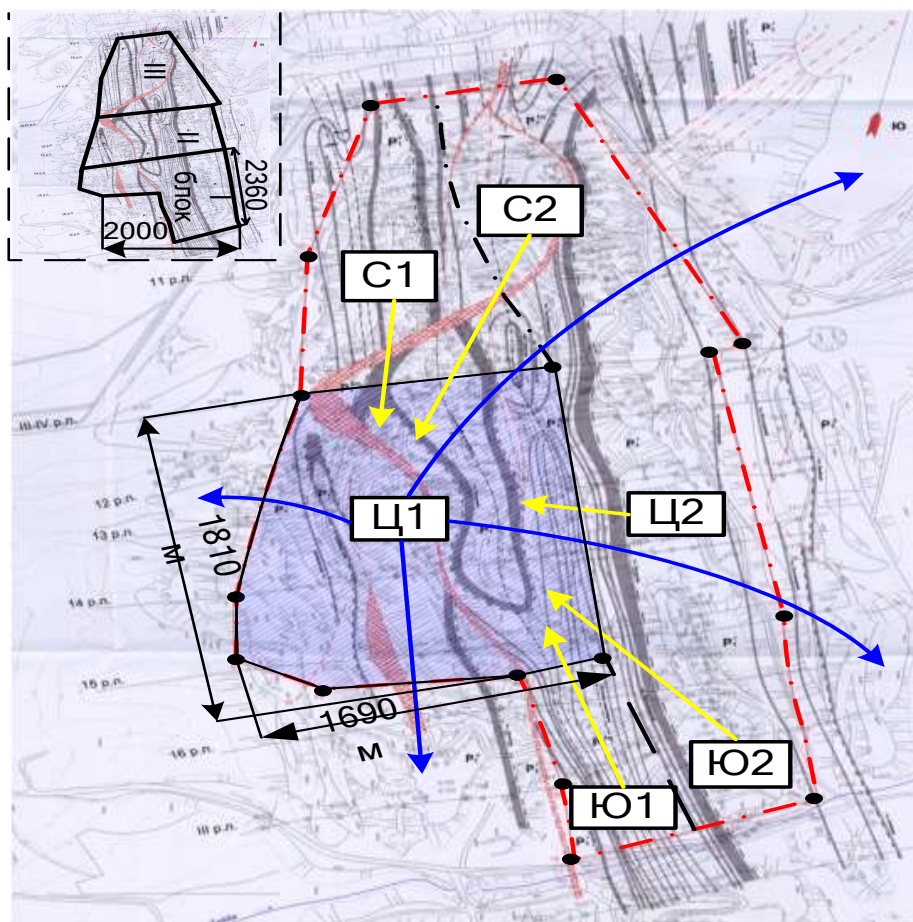


Рис.2. Графический пример методики выбора местоположения емкости для условий разреза «Прокопьевский» (по элементам матрицы)

В практической деятельности, параметры емкости под отвал - I блок (верхняя левая часть иллюстрации). По численной оценке факторов, местоположение и границы емкости в действительности следует устанавливать в Ц1, что характеризуется 10 пластами, текущей отметкой +140м., дальностью транспортирования вскрыши на отвал 800м и наличием капитальной траншеи в границах участка.

Определяющим итогом элемента является факт не установленного распределения горных работ по двум этапам и соответствующее ему, уровни годовой добычи. Вследствие этого, проектирование производственной мощности осуществляется следующим образом. В статистических вычислениях (рис.3) вводится область допустимых отклонений - плоскость пересечения исходного уровня производственной мощности, в качестве примера $A=1350$ тыс.т./год, с расчетными значениями производственной мощности при соответствующих вариантах развития горных работ: горные работы сосредоточено только при формировании емкости под внутренний отвал (A1-1), либо одновременно производятся, как при формировании емкости, так и за ее пределами по всему карьерному полю (A1-2).

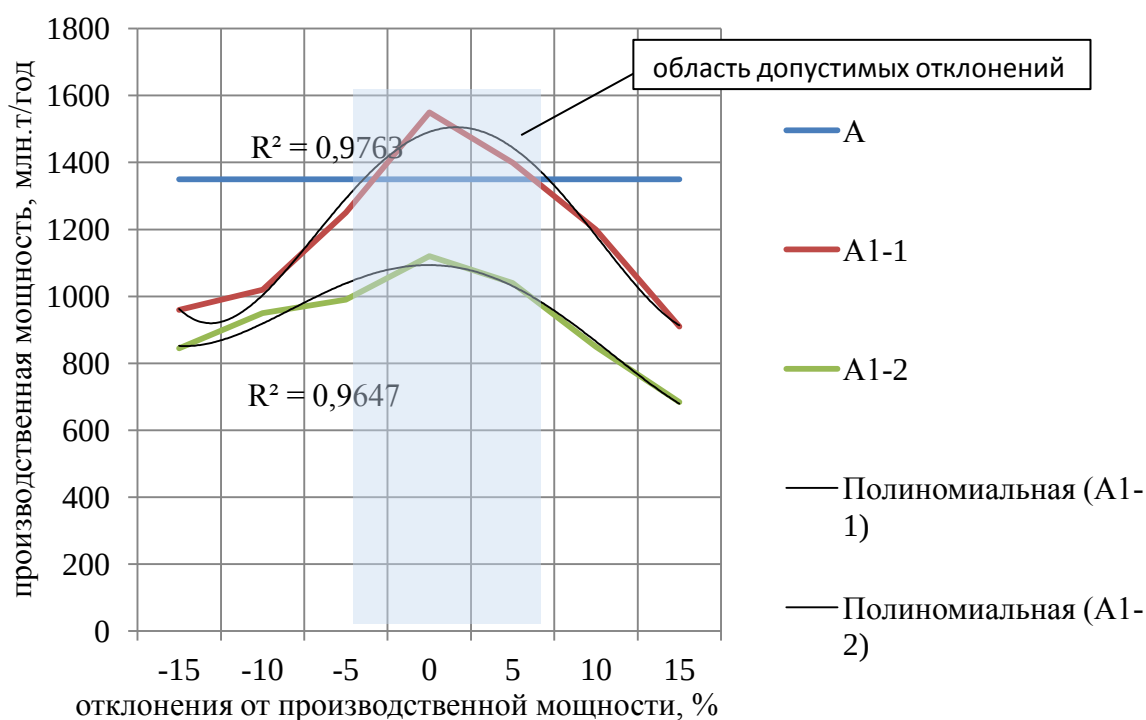


Рис.3. Расчетные величины A, A1-1, A1-2 спроектированные горизонтальным иерархическим деревом графов

Установлены полиномиальные зависимости положительного знакопеременного колебания годовой производственной мощности $A1-1=1550$ тыс.т/год (12,8%) с аппроксимацией 0,9763 и отрицательные $A1-2 = 1000-1065$ тыс.т/год при 0,9647. Точно так же, для объекта численного расчета при разработке наклонной залежи $A=3,5$ млн. т./год. возникает диапазон прироста $A1-1= 230$ тыс. т. / год, $R^2 = 0,9543$ и при A1-2 снижается до 790-1000 тыс.

т / год, $R^2 = 0,9271$. Абсолютно по всех расчетным условиям А1-1 и А1-2 установлено, первоначально горные работы необходимо сосредотачивать в границах емкости, перспективной для внутреннего отвала.

Проработка элемента 6, позволила разработать алгоритм устраняющий рассогласованность долевого участия отвалов в общем объеме извлекаемой вскрыши. Числовое моделирование апробировано на примере разреза «Виноградовский» (рис. 4).

логическая блок-схема представления укрупненного баланса распределения вскрышных пород отсыпаемых на внешний или внутренний отвалы

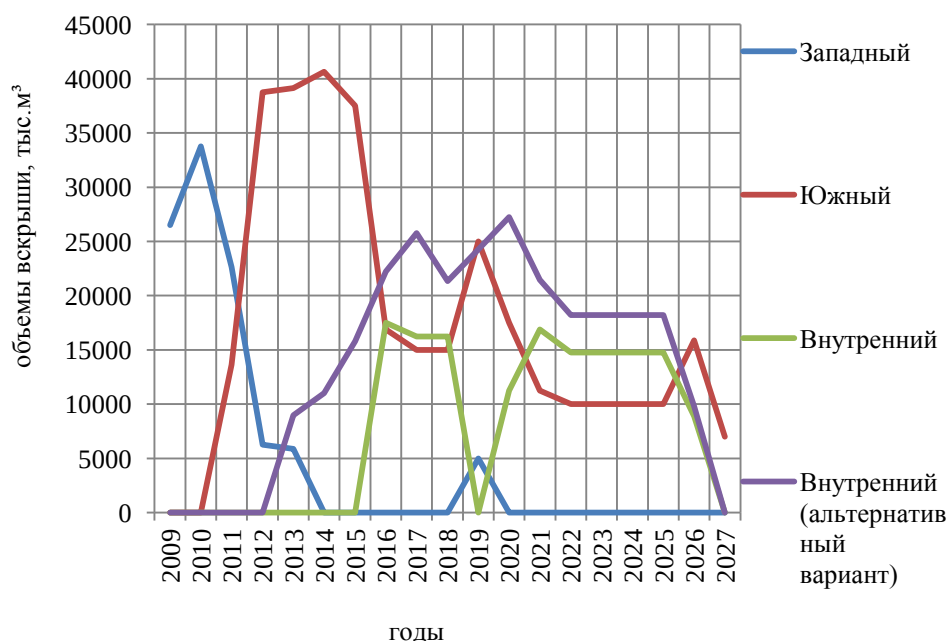


Рис.4. Календарный план отсыпки отвалов разреза «Виноградовский» скорректированный по блок-схеме

Согласно инструментарию корректировки отсыпаемых объемов вскрыши по блок-схеме, становится возможным на 3 года раньше складиро-

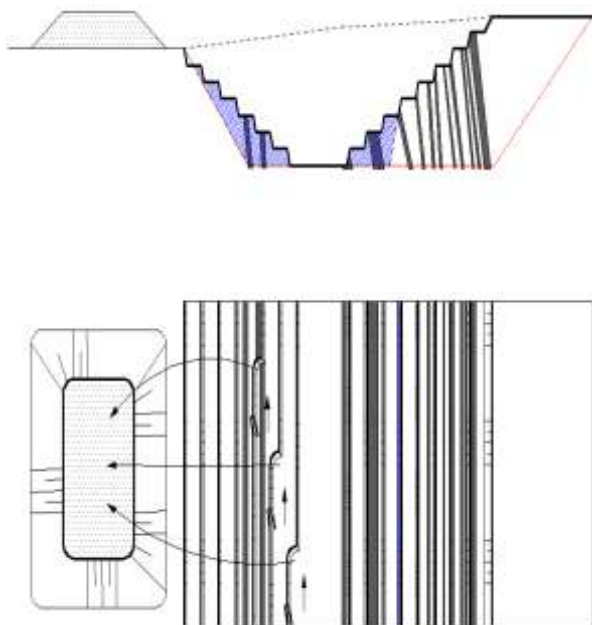
вать породы во внутренний отвал с увеличением объема с 146000 до 260755 тыс. м³, что сокращает текущую землеемкость на 155,7 Га (18,2%). По другим угольным разрезам не представленных в иллюстрации 4, но охваченных расчетами, используя алгоритм можно снизить текущую землеемкость до 22%, придерживаясь главных параметров отвалов. Проектируемое положение системы разработки представлено на рис. 5, а технико-экономическими вычислениями по элементу 7 установлен чистый дисконтированный доход до 628 млн. руб. и следующие методические положения, по всем диапазонам горно-технических условий:

- первоначально горные работы сосредотачиваются на этапе создания емкости для внутреннего отвала и используем углубочную продольную систему разработки;

- дорабатывается карьерное поле по сплошной поперечной однобортной системе разработки (патент РФ № 2637667).

Укрупненными преимуществами технологического решения на этапе доработки являются: большая доля внутреннего отвалообразования; согласованное перемещение фронта горных и отвальных работ; литологические разности пород по высоте отвала размещаются в порядке их естественного расположения по высоте на рабочем борту, уменьшение грузооборота по вскрыше на тонну добычи; равномерная добыча угля всех пластов по глубине работ.

при подготовке емкости - углубочная продольная двухбортная (блоковой порядок)



при доработке карьерного поля - сплошная поперечная однобортная (патент РФ № 2637667)

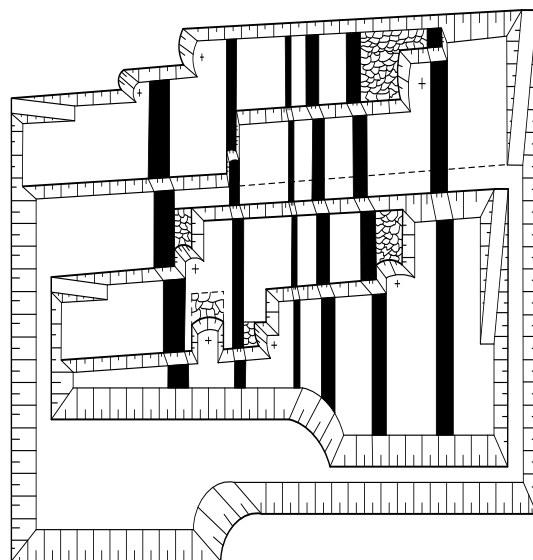


Рис.5. Системы открытой разработки на примере разреза «Прокопьевский»

Многовариантное численное моделирование элементов матрицы позволило сформулировать *первое научное положение - 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.*

В третьей главе обосновываются технологические решения, связанные с доработкой запасов открытым способом участков ликвидированных шахт на примере Прокопьевско-Киселевского геолого-экономического района. Впервые особенности открытой разработки участков ликвидированных шахт по бестранспортной технологии рассмотрены в диссертационной работе к.т.н. В. Н. Макарова, но не исследованы различные варианты и не дана технико-экономическая оценка комбинированной транспортно-бестранспортной технологии.

В геолого-экономическом районе функционирует более 22 шахт, многих из которых имеют ликвидированные подземные работы. Суммарно производятся открытая угледобыча на 29 участках, с глубиной разработки от 45 до 130м. По данным д.т.н. Рыжкова Ю.А. основные запасы угля сосредоточены после отработки подземным способом (с потерями до 60%) в предохранительных целиках и составляют до 55 млн.т.

По данным исследований к.т.н. Макарова В.В., глубина разработки (45м.) ограничивается простой бестранспортной технологической схемой, а далее (до 130м.) отсутствуют научно обоснованные рекомендации по технологии производства открытых горных работ. Расширение области открытой разработки достигается за счет применения поперечной сплошной системы с комбинированной транспортно-бестранспортной технологией.

Для решения этой задачи была выполнена систематизация технологических вариантов разработки забойной стороны карьерного поля и перемещения породы во внутренний отвал (рис. 6) 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. Математическая обработка экспериментов показывает (более 230 наблюдений), что время черпания ЭШ 13.50 в технологической схеме разработки вскрышного забоя карьерной лопатой ЭКГ-10 и перевозкой в автотранспортные навалы с последующей переэкскавацией драглайном во внутренний отвал: без протяжки 8,89с., с протяжкой 21,85с.

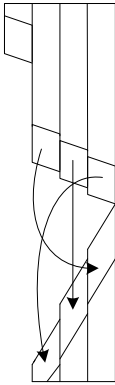
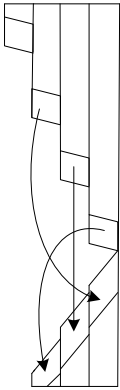
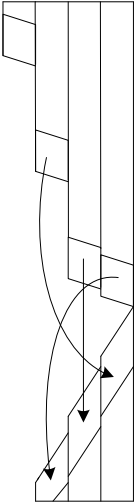
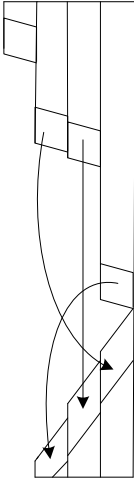
Способы разработки забойной стороны карьерного поля по транспортной и бестранспортной технологиям			
Нисходящими заходками	Смещенными заходками	Верх - смещающие, низ - нисходящие заходки	Верх - смещающие, низ - смещающие заходки
			
Способ производства вскрышных пород и перемещения породы во внутренний отвал			
I. Транспортный или Бестранспортный (вся вскрыша перевозится автотранспортом или разрабатывается и переваливается в отвал драглайнами)			
II. Комбинированный способ			
Иа. Часть породы забойной стороны разрабатывается карьерными лопатами и перемещается в отвал транспортными средствами, а оставшаяся часть породы разрабатывается и переваливается в отвал драглайнами			
Иб. Вся порода забойной стороны карьерного поля разрабатывается карьерными лопатами и отсыпается во временный навал, который затем переваливается драглайном в отвал			
Ив. 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			
Иг. Часть породы забойной стороны карьерного разрабатывается карьерными лопатами с погрузкой в автотранспорт и подвозится к драглайну во временный навал для дальнейшей перевалки в отвал			
Ид. Породы забойной стороны карьерного поля, подлежащая разработке драглайном, частично переваливается им в отвал, а частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал			
Ие. Породы временного отвала, предназначенная для разработки драглайном, частично отгружается на автотранспорт для перевозки в отвал			
Способ разработки породугольных заходок (панелей) в транспортной и бестранспортной зонах			
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			
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 перегрузкой драглайном по мере продвижения фронта работ			
д) разработка рыхлых отложений способом гидромеханизации			

Рис. 6. Систематизация вариантов комбинированной транспортно-бестранспортной технологии

Поэтому, при делении навала на верхнюю и нижнюю части, относительно уровня стояния, обуславливает разность времени цикла в 2,5-3 раза между ними.

Технологическая эффективность схем оценивается с учетом зависимости производительности технологического комплекса (тыс.м³/год) от высоты рабочей зоны (м), вычисленных на числовых различиях времени цикла драглайна и организации производства работ в каждой технологической схеме систематизации. Алгоритм расчета основывается на параметрах породугольного массива, проектировании звеньев экскаваторного комплекса (с вместимостью ковша от 5м³ до 20м³), организации работ и включает 104 расчетные формулы.

Для практического использования числовые данные технико-экономической модели аппроксимируется интервальными рядами динамики (статистический ряд последовательно расположенный в хронологическом порядке значений показателя) (рис.7).

42	длина нижней породугольной заходки по нижним бровкам на её торцах $L_{н.л.}(n-1)$, м	1047,5	1047,5	1047,5	1047,5	1047,5	1047,5
43	длина участка взрывного сброса породы на фланге заходки выше кровли верхнего пласта свиты $L_{ф.л.}(n-1)$, м	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
44	длина n-ой породугольной заходки по нижним бровкам на её торцах (для заходок выше нижней) $L_{н.л.}(n-1)$, м	1060,7	1060,7	1060,7	1060,7	1060,7	1060,7
45	длина породугольной заходки по верхним её бровкам (для любого значения n) $L_{в.л.}(n)$, м	1138,6	1138,6	1138,6	1138,6	1123,0	1123,0
46	средняя длина n-ой породугольной заходки $L_{ср.л.}(n)$, м	1099,7	1099,7	1099,7	1099,7	1091,9	1091,9
47	объем n-ой породугольной заходки $V_{л.л.}(n)$, м ³	962194,7	824738,3	687281,9	548825,5	764306,8	655120,1
48	геологические запасы угля в n-ой породугольной заходке $У_{г.л.}(n)$, м ³	98787,5	84675,0	70562,5	56450,0	79030,0	67740,0
49	объем потерь угля в n-ой породугольной заходке $У_{п.л.}(n)$, м ³	4839,4	4233,8	3528,1	2822,5	3951,5	3387,0
50	объем угля в n-ой заходке с учетом потерь $У_{г.л.}(n)$, м ³	93848,1	80441,3	67034,4	53627,5	75078,5	64353,0
51	объем породы междупластья между пластами i-тым и (i+1) $V_{п.л.}(i-i+1)$, м ³	149100,0	127800,0	106500,0	85200,0	119280,0	102240,0
52	геологический объем породы n-ой заходки $V_{п.л.}(n)$, м ³	863407,2	748063,3	616719,4	493375,5	685276,8	587380,1

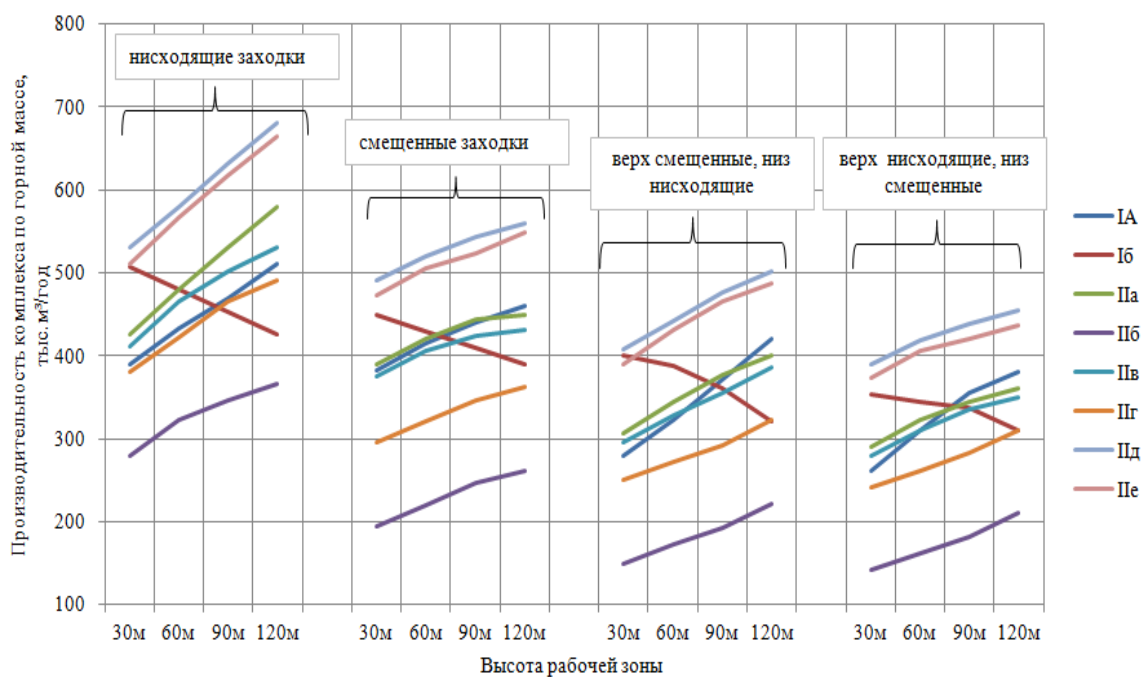


Рис.7. Фрагмент расчетной технико-экономической модели, аппроксимированной в интервальные ряды динамики комбинированной транспортно-бестранспортной технологии при углубочно-сплошной поперечной одно бортовой системе разработки ликвидированных участков шахт

Установление характера ряда приводится через конструкцию забойной стороны и соответствующей схеме экскавации – линии Ia, Ib и т.д.

К примеру, если использовать только бестранспортный способ (линия Ib), то не зависимо от конструкции забойной стороны, значение интервального ряда снижается с 525 тыс.м³/год до 318 тыс.м³/год. 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 IIд) ряд динамики возрастающий от 290 тыс.м³/год до 690 тыс.м³/год. и только на его временное распределение будет влиять конструкция забойной стороны.

Графические зависимости закономерностей интервальных рядов динамики позволили сформулировать **второе научное положение - 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.м³ при высоте рабочей зоны 30–120м.**

В четвертой главе предлагается для разработки наклонных и крутопадающих залежей при блоковом порядке разработки карьерных полей перспективных угольных залежей использовать комбинированную транспортно-бестранспортную технологию. Идея использования выработанного пространства в качестве емкости для складирования вскрышных пород заключается в использовании блокового порядка отработки карьерного поля с транспортным перемещением вскрыши и сформулирована к.т.н. Рутковским Б.Т.

Проведены 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 (рис.8).

Параметры карьера первой очереди определяются во взаимосвязи с параметрами технологии, поскольку при отработке нижнего горизонта карьерного поля параметрическим ограничением бестранспортной зоны становиться условие

$$B_{д1} = L_p^{бвр} + 2Ш_{пу} + L_{вб} + 2B_T = 2(L_p^{бвр} + Ш_{пу} + B_T) + L_{вб}, \quad (4)$$

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.

Следовательно для горно-геологических условий, при относительно небольшой протяженности внутреннего отвала по дну карьера – в пределах 100-900м, условие (4) $B_{д1} \geq 600$ м.

Выбор вариантов ведения горных работ и вскрышного оборудования предлагает также учет взаимосвязи между объемом вскрышной породы забойной зоны и вместимостью внутреннего отвала.

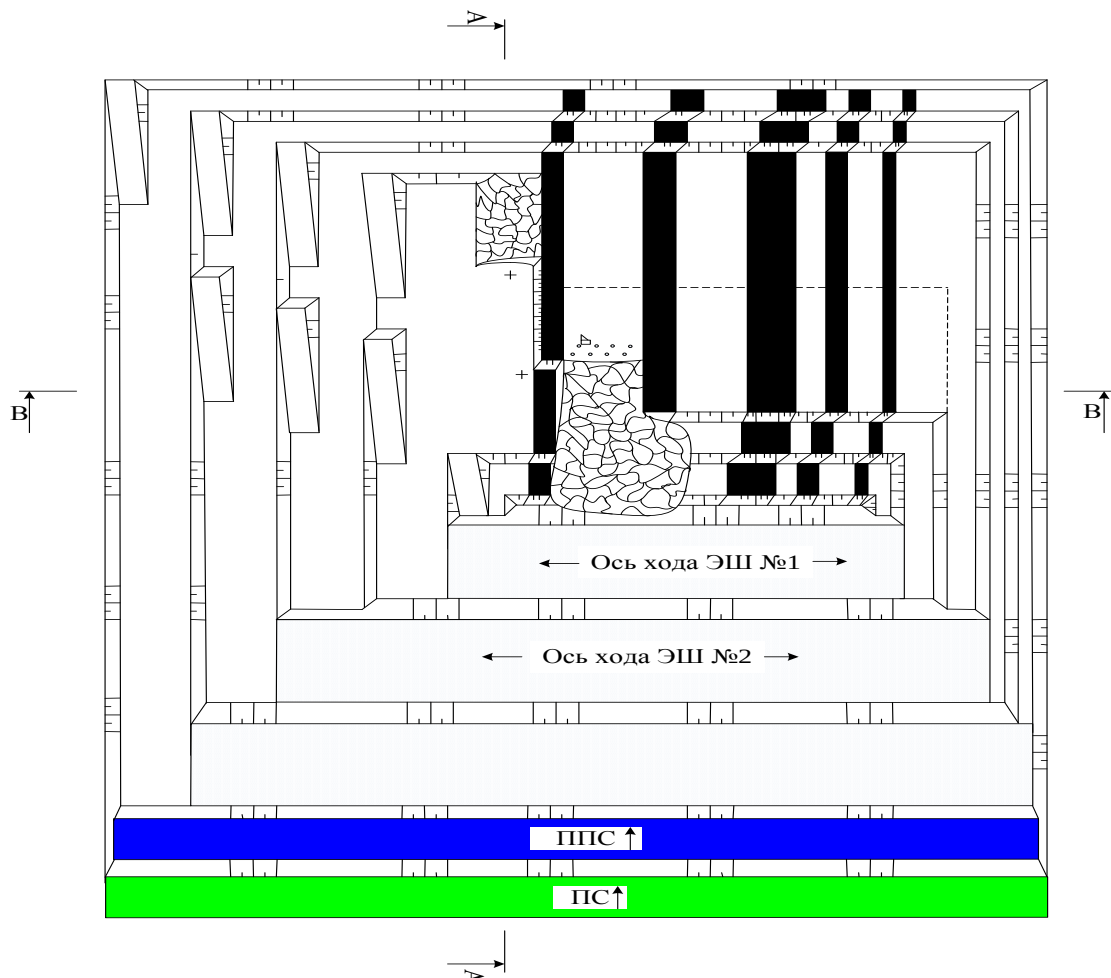
Прямая задача – определить высоту внутреннего отвала H_o при известной высоте забойной зоны и обратная – определить по высоте внутреннего отвала высоту забойной стороны H_k .

$$H_o = \frac{\sqrt{M_{\Gamma}^2 + 4 \cdot R \cdot K_p \cdot (H_k^2 \cdot R + H_k \cdot M_{\Gamma} \cdot T) - M_{\Gamma}}}{2 \cdot R}; \quad (5)$$

$$H_k = \frac{\sqrt{(M_{\Gamma} \cdot K_p \cdot T)^2 + 4 \cdot R \cdot K_p \cdot (H_o \cdot M_{\Gamma} + H_o^2 \cdot R) - M_{\Gamma} \cdot K_p \cdot T}}{2 \cdot R \cdot K_p}; \quad (6)$$

$$R = 0,5 \cdot (\text{ctg} \gamma_{\text{в}} + \text{ctg} \gamma_{\text{л}}) \text{ и } T = [1 - K_{\text{п}} \cdot (1 - K_{\text{п}})],$$

где M_{Γ} - горизонтальная мощность свиты, м.; K_p - коэффициент разрыхления; $\gamma_{\text{в}}, \gamma_{\text{л}}$ - угол наклона борта со стороны висячего и лежачего боков залежи, соответственно, град; $K_{\text{п}}$ - коэффициент потерь.



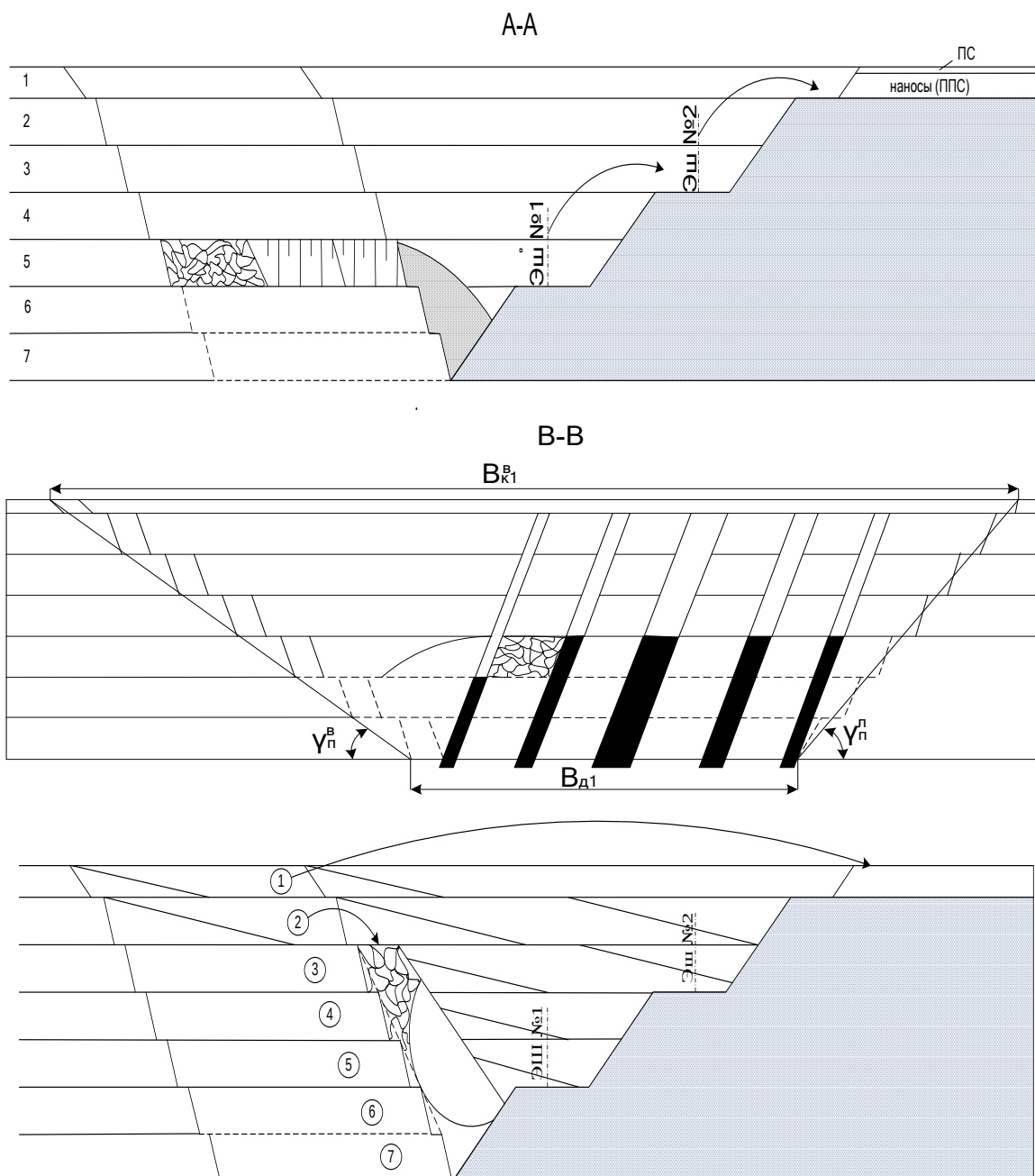


Рис.8. Схема блочно-слоевой системы разработки с площадно-слоевой комбинированной транспортно-бестранспортной технологией.

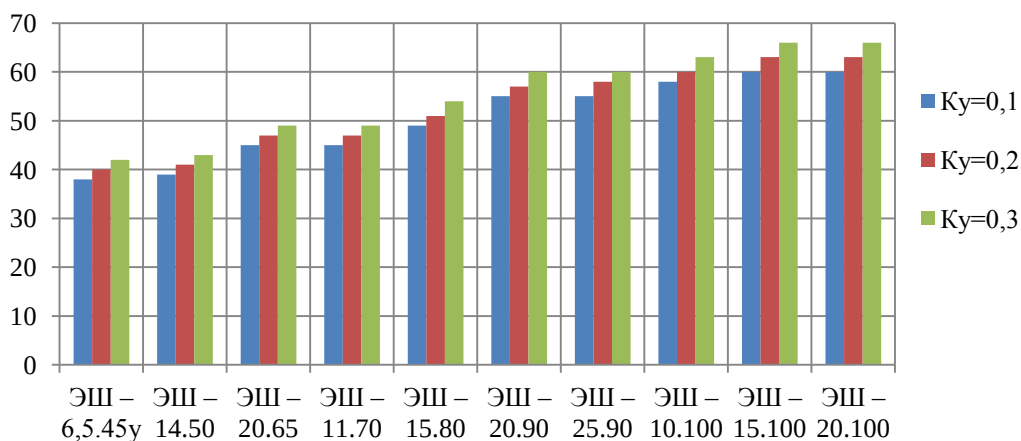
ППС – потенциально плодородный слой почвы; ПС- почвенный слой; 1,23...7 – порядковый номера слоев в блоке; $B_{к1}^n$ – ширина карьера по верху, км. $B_{д1}$ – ширина дна карьерного поля; γ_n^6 – угол наклона борта со стороны висячего бока залежи, град.; $\gamma_n^л$ – то же со стороны лежащего бока залежи, град.

Установлено несущественное 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%

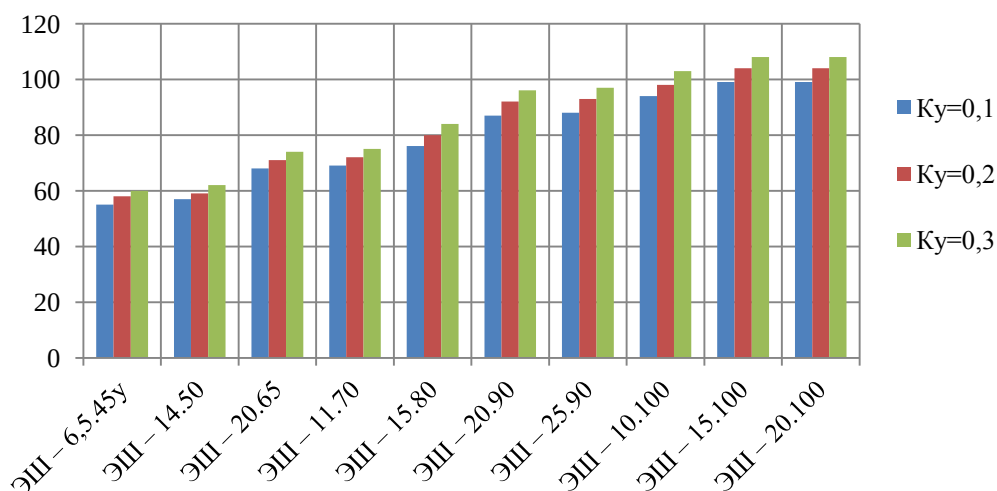
приводит к снижению высоты отвала на 8%.

Для практических расчётов при проектировании технологии предлагается использовать зависимости высоты отвала от глубины карьерного поля и коэффициента угленосности (K_y) (рис.9).

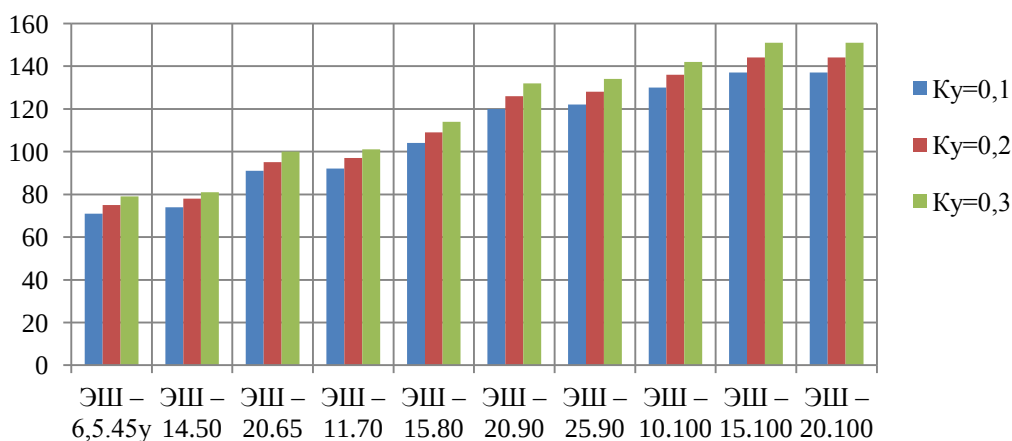
2-х ярусный отвал



3-х ярусный отвал



4-х ярусный отвал



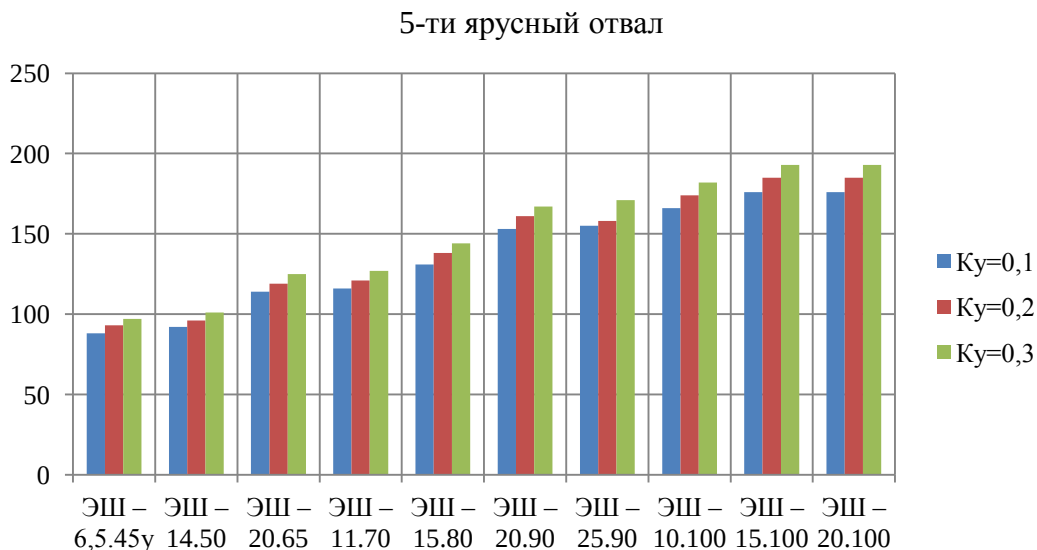


Рис. 9. Высоты внутреннего отвала H_o (м) при использовании на отвалообразовании различных моделей драглайнов

Таким образом, обоснованы и определены основные параметры технологии при проектировании блокового порядка открытой разработки перспективных угольных месторождений.

На основании данных, полученных в разделе сформулировано **третье научное положение** - **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 38–193 м.**

Пятая глава посвящена совершенствованию технологии отсыпки внешнего отвала, поскольку при любой системе открытой разработки месторождений полезных ископаемых некоторую часть вскрышных пород приходится размещать во внешних отвалах. Это относится и к варианту блоковой разработки, рассмотренного в предыдущем разделе, при котором вскрыша карьера первой очереди вывозится во внешний отвал.

Анализ внешнего отвалообразования на разрезах Кузбасса за длительный период времени свидетельствует о следующих его особенностях:

- отвалы формируются как многоярусные, пирамидальной формы, что предъявляет повышенные требования к его устойчивости, существенно нарушает первоначальный рельеф местности и затрудняет дальнейшее использование занимаемых ими площадей для сельскохозяйственного производства;

- рекультивация отвалов осуществляется, как правило, в постэксплуатационный период, что предопределяет большой промежуток времени, в те-

чение которых предприятия осуществляют арендную плату за пользование земельными ресурсами и экологические платежи за внешние отвалы.

Предлагается технология поэтапного складирования вскрышных пород в низкопрофильных отвалах с рекультивацией отдельных частей сразу после окончания их формирования в эксплуатационный период работы разреза. Под термином «низкопрофильный отвал» понимается геометрическое сечение отвального тела слогаемое ярусами и заполняющее естественные выемки рельефа поверхности месторождения с суммарной высотой, не превышающей значения одно или двухярусного отвала.

Предпосылки к целесообразности исследования эффективности такой технологии внешнего отвалообразования следующие:

- низкопрофильные отвалы позволяют обеспечить минимальное изменение естественного рельефа местности, а в ряде случаев и сформировать устойчивый во времени более благоприятный рельеф с учетом целей дальнейшего сельскохозяйственного использования соответствующих площадей;
- поэтапная отсыпка с последующей полной рекультивацией занимаемой площадью сокращает текущие платежи за пользование ресурсами.

Решаются следующие промежуточные задачи:

- обоснование высоты низкопрофильного отвала;
- определение вместимости отвала;
- установление расположения отвала при минимальной дальности транспортирования от карьерной выемки до его максимально удаленной точки с учетом рельефа поверхности и факторов влияющих на технологичность размещения вскрышных пород.

В данном разделе представлена логическая последовательность проектирования низкопрофильного отвала, а также сравнение с существующим многоярусным отвалом на примере одного из проектируемых карьерных полей Терсинского геолого-промышленного района.

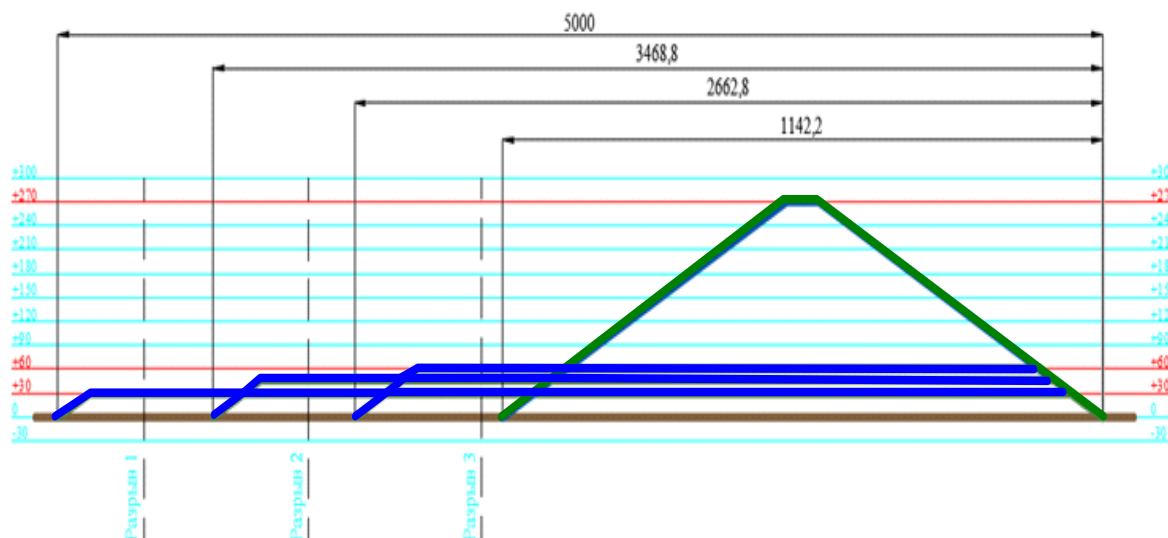
Лицензионная площадь карьерного поля составляет 510,7 Га при длине 4,5 км и ширине 1,5 км, а его максимальная глубина изменяется от 180 м. до 260 м. в зависимости от рельефа поверхности. Объем горной массы, составляет не более 700 млн. м³, а средний коэффициент вскрыши равен 10 м³/т, следовательно, промышленные запасы в границах лицензии варьируются в диапазоне 60-80 млн. т. Согласно действующей нормативной документации, разрез можно отнести к среднему, с производственной мощностью 3-5 млн. т/год. Приняв во внимание величину запасов и производственную мощность, срок службы ограничивается 21 годами.

Графически моделируя в AutoCAD Civil 3D разностью перепадов самых низких и высоких точек рельефа, устанавливаются контуры пространственного местоположения отвала. Последовательно находим искомое соотношение площади (Га) и высоты отвала (м.) с учетом максимально расчетной приемной способности отвальных тел 692,4 млн. м³.

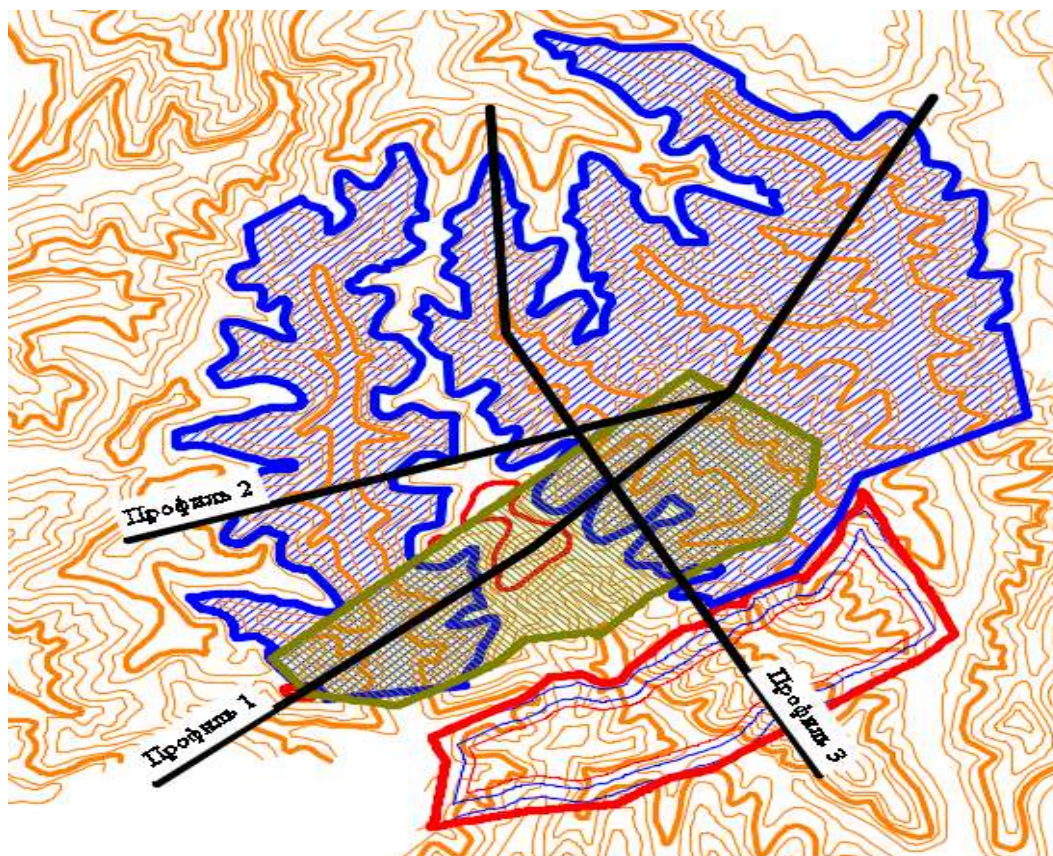
Окончательно с помощью программы Microsoft Excel выбираем оптимальные варианты, установленные технико-экономическим расчетом с проверкой по различным геомеханическим и экологическим критериям.

Заполнение естественных углублений вскрышной породой не только позволит сформировать отвал более устойчивым, но и создать абсолютно ровную горизонтальную площадку (рис.10а,б,в,г). Размещение отвала предполагается проводить в логах и впадинах на расстоянии от карьерного поля не превышающем экономически целесообразное средневзвешенное плечо транспортирования.

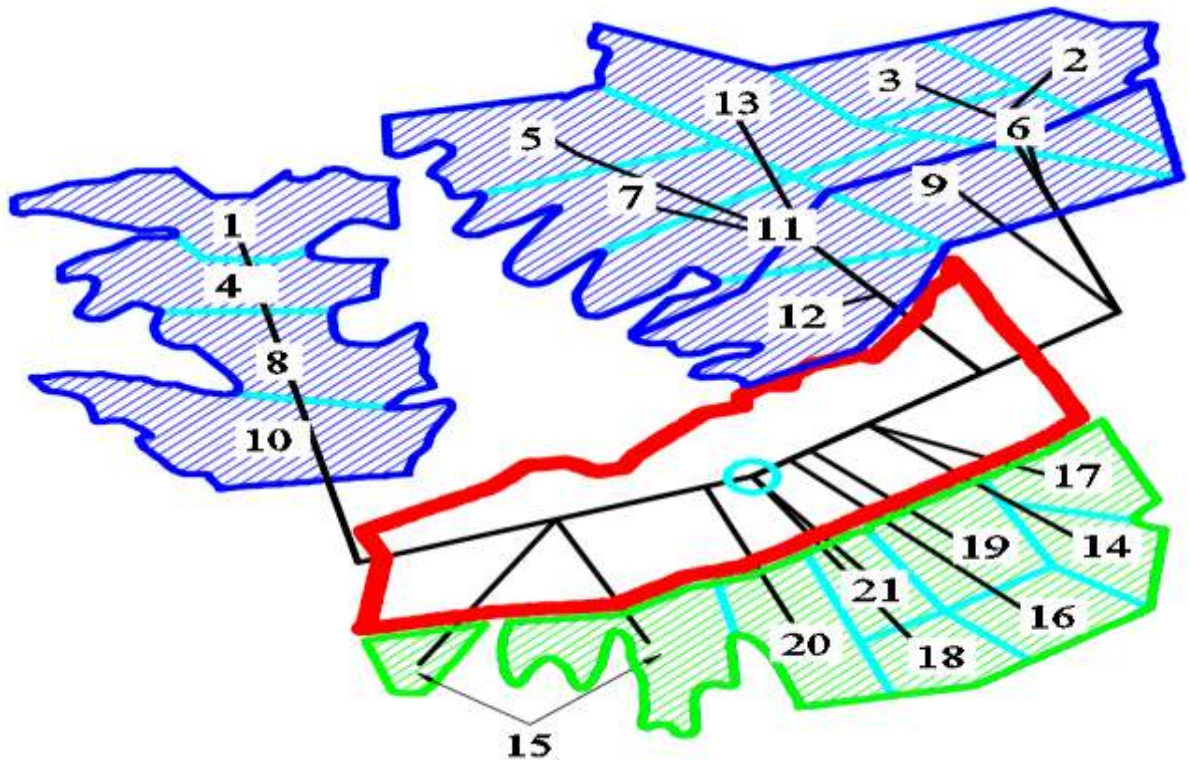
а) профили проектируемых отвалов



б) план распределения низкопрофильного отвала



в) план распределения частей отсыпки низкопрофильного отвала по годам с трассировкой до каждого участка



г) профили проектируемых отвалов совместно с профилем карьерной выемки при одностороннем и двухстороннем расположении (относительно карьерного поля)

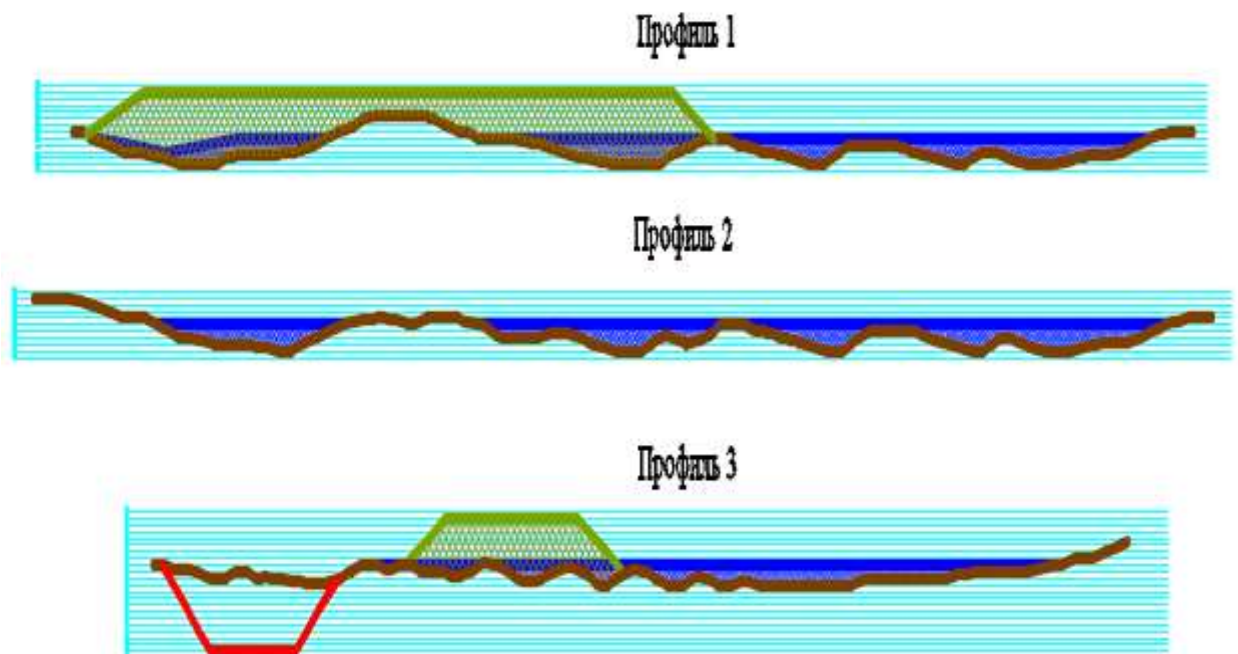


Рис. 10. Графическое моделирование параметров низкопрофильного отвала в программном обеспечении AutoCAD Civil 3D
1,2,3,4,5...21 - календарные периоды отсыпки отвала, год.

Возможность поэтапного отвалообразования с 1 года определяет отсыпку максимально удаленного участка отвала, расположенного по дальности транспортирования 5,5км., и сокращать ее до 1,4км. по мере эксплуатации в 21 год.

Формирование низкопрофильного отвала позволяет в календарном отношении, локализовано и краткосрочно использовать участки (табл. 1).

Таблица 1

Параметры низкопрофильного отвала

Календарный период, год	Объем вмещающей вскрыши			Площадь, занимаемая частью отвала		
	млн. м ³			Га		
	Тело отвала			Тело отвала		
	№1	№2	№3	№1	№2	№3
1	34,9			102,5		
2		36,6			82,5	
3		36			58,7	
4	34,6			86,7		
5		37,1			105,1	
6		35,7			106,1	
7		35			60,2	
8	35,4			101,8	0	
9		40,2		0	89,9	
10	37,2			108,9	0	
11		32,2			134	
12		36,5			111	
13		31,1			113,3	
14			30,4			45,6
15			27,5			110,5
16			29			49,3
17			27,6			48,5
18			28,2			43,3
19			29,9			67,7
20			28,4			71,1
21			28,9			40,5
Σ	142,1	320,4	229,9	399,9	860,8	476,5
	692,4			1737,2		

В табл. 1, к примеру, только за первые пять лет эксплуатации отвала (ячейки в 3-х последних столбцах выделенные цветом) суммарно отражают сокращение площади занимаемых земель более 400Га.

Эффективно эксплуатируемая территория в короткие сроки выравнивается и рекультивируется, а после становится пригодным ландшафтом для последующего использования, чего нельзя достичь при многоярусном отвале.

При многоярусном отвалообразовании дальность транспортирования небольшая, но с увеличением высоты отвала и углубления горных работ появляется дополнительное расстояние, обусловленное подъемом на вышележащие горизонты и яруса, что напрямую связано с уклоном коммуникаций. К тому же отсутствует возможность планировки поверхности с учетом развития горных работ в вертикальном положении.

Напротив, при низкопрофильном отвале устанавливается возможность регулировать дальность транспортирования, учитывая углубление карьера.

Путем графического моделирования установлено, что снижение затрат на транспортирование возможно за счет размещения отвальных тел по обеим сторонам карьерного поля, что и проиллюстрировано на рис. 10, тогда появляется возможность существенно сократить плечо транспортирования вскрыши - $L_{тр}$ (рис.11).

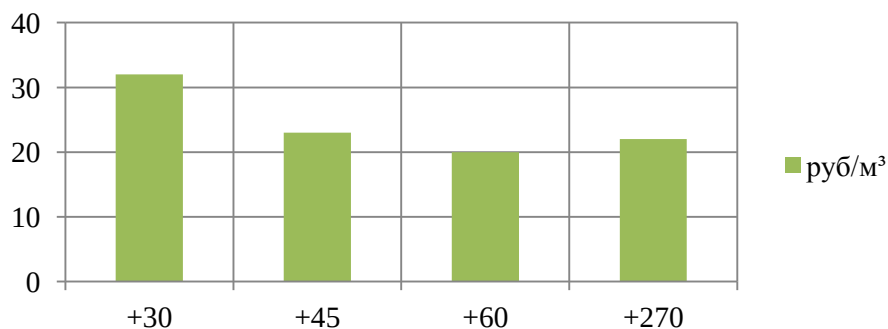
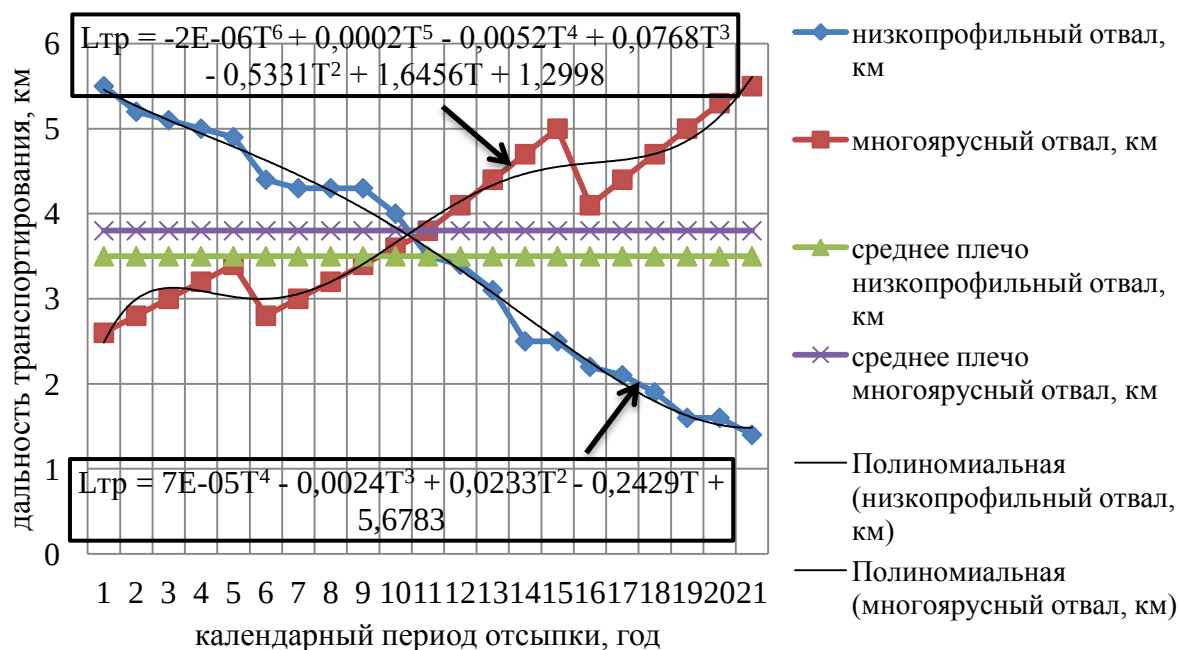


Рис.11. Зависимости дальности транспортирования вскрыши ($L_{тр}$) от календарного периода отсыпки (T) и затрат на отвалообразования от высоты отвала

Анализ данных приведенных на рис.11 показывает, что дальность транспортирования (Lтр) на низкопрофильный отвал на 300 метров меньше, чем при многоярусном. Функции Lтр по календарным периодам отсыпки (Т) устанавливаются интерполяционными полиномами для низкопрофильного и многоярусного отвалов.

Параметрические данные графического и технико-экономического моделирования позволили получить ***четвертое научное положение - 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 равных 1 году и способствует сокращению дальности транспортирования от первого к последнему году формирования искусственных насыпей и снижению эксплуатационной землеемкости.***

В шестой главе установлены детализированные причины роста изъятия земельных ресурсов при открытой угледобыче в Кузбассе, определены основные технико-экономические показатели предлагаемых технологических решений.

Доказано, что повышение эффективности разработки месторождений с наклонным и крутым залеганием угольных пластов возможно при использовании сплошных поперечных систем открытой разработки на основе сочетания различных технологических комплексов.

Снижение темпов открытой угледобычи в Кузбассе за последние годы в целом не наблюдается, прогнозный прирост производственной мощности угольного разреза (A_n) в отношении долевого увеличения землеемкости ($З_n$) подчиняется экспоненциальной зависимости вида с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,9851$ (рис.12)

$$З_n = 40,139 \cdot e^{0,0574 A_n}, \quad (7)$$

где A_n -приращение годовой производственной мощности в диапазоне от 5-50%; $З_n$ - соответствующее доленое увеличение землеемкости при наращивании производственной мощности, Га/млн.т./год.

Из графика на рис.12 следует, что по величине землеемкости угольные разрезы можно сгруппировать следующим образом: до 4 млн.т/год соотношение добычи к землеемкости 1:3 («Вахрушева», «Киселевский», «Байдаевский», и др.); в интервале от 4 до 10 млн.т/год соотношение 1:5 («Кедровский», «Бачатский» и др.).

С учетом методических положений, изложенных в главе 2, вводится в расчет землеемкости, функционирование такого объекта, как внутренний отвал, в качестве примера выберем два действующих угольных разреза - «Бачатский» (крутопадающая угольная залежь) и «Сартаки» (наклонная угольная залежь) (рис.13).

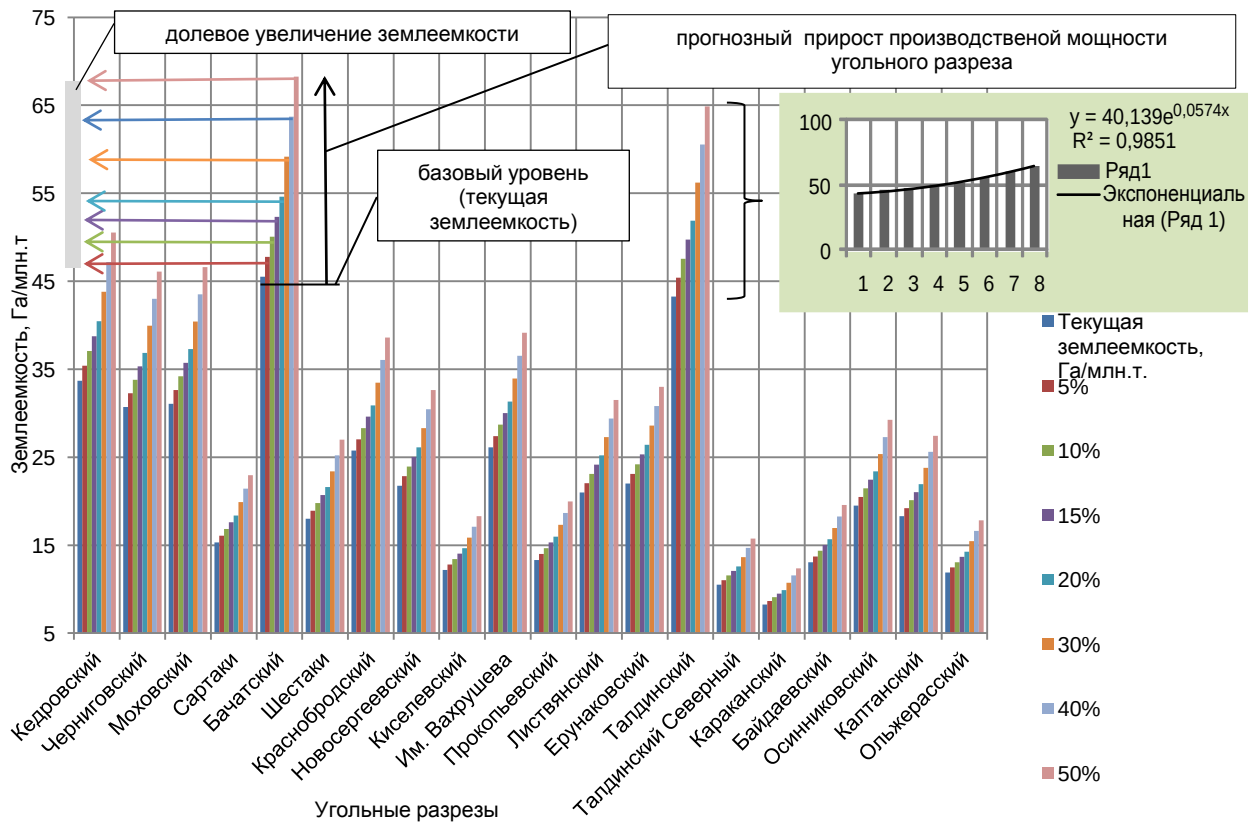


Рис.12. Землеемкость угольных разрезов в зависимости от текущих ее уровней и теоретических функции прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей

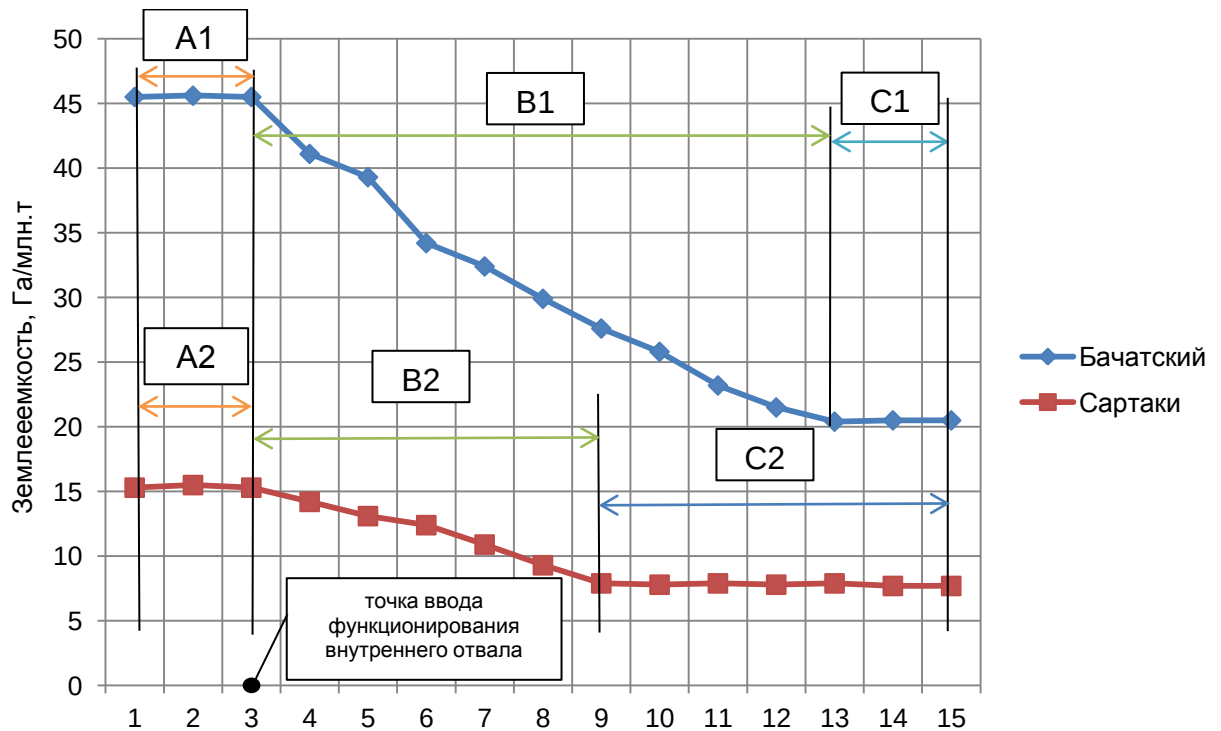


Рис. 13. Примеры распределения землеемкости угольных разрезов «Бачатский» и «Сартаки» с выделением этапов: эксплуатации с внешним отвалом, перехода на внутренний отвал и складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля

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 предприятие начинает осуществлять технологический процесс по переходу с внешнего на внутреннее отвалообразование, например, в точке 3.

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 начального уровня A1, A2. Периоды A1, A2 и C1, C2 можно охарактеризовать как относительно стабильные и с равнозначной величиной текущей землеемкости.

Для других угольных разрезов из перечня, представленного в иллюстрации 12, но не вошедших в параметрический расчет, аналогично имеются характерные периоды линейного убывания землеемкости, но только от анализируемых выше отличия будут в иных уровнях числовых значений землеемкости.

В рамках оценки ресурсосберегающих технологий д.т.н. Корякиным А.И. предлагается методика оценочных критериев энергоемкости (табл.2).

Таблица 2

Сравнительные показатели удельного ресурсопотребления при отработке месторождения различными системами разработки (по д.т.н. Корякину А.И.)*

Наименование показателей	Углубочная продольная двух-бортовая система разработки	Сплошная поперечная однобортовая
Энергоемкость добычи угля, МДж/т	110,28	94,3
Материалоемкость, кг/т	0,3	0,24
Трудоёмкость, чел-см/т	0,25	0,16
Землеёмкость, га/млн.т	19	14
Обобщённый энергетический показатель, МДж/т	301,9	262,04

*- 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 и расстояние внешнего транспортирования пород – 3000м.

Анализ полученных показателей ресурсопотребления различными вариантами систем разработки показывает, что для заданных условий наименьший обобщённый энергетический показатель соответствует поперечной однобортовой системе разработки.

Укрупненная технико-экономическая оценка показывает, что эффективность сплошной поперечной системы разработки в значительной степени зависит от долевого участия внутреннего отвалообразования в общем объеме вскрыши в граничных контурах разреза.

По результатам исследований сформулировано пятое научное положение - *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 экспоненциально 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.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по повышению эффективности складирования вскрышных пород в низкопрофильный отвал и выработанное пространство наклонных и крутопадающих месторождений Кузнецкого угольного бассейна для различных сочетаний технологических комплексов, включающие: комплексное обоснование систем и технологий открытой разработки с учетом параметров пластовых залежей и техногенного ресурса выработанного пространства, установление оптимальных организационных параметров внешнего отвалообразования, способы регулирования землеемкости угольных разрезов, 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 воз-

действия 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.

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%.

2. Обоснованы предпосылки развития систем и технологий открытой разработки с внутренними отвалами применительно к участкам ликвидированных шахт и карьерных полей угольных разрезов.

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 математическое 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.м³/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 100 м. 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 землеёмкость угольных разрезов Кемеровской области, таких объектов как карьерное поле, внешний и внутренний отвал устанавливаются ее уровни.

Получены 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 землеёмкость 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 отвалообразования 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/м³.

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 Кузбассе и разрезы со схожими горнотехническими условиями.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

Издания, рекомендованные ВАК РФ

1. **Селюков, А.В.** Режим горных работ при переходе действующих разрезов Кузбасса на поперечную систему разработки наклонных и крутых угольных залежей / А.В. Селюков // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ. Кузбасс-1. –2009. –№7. –С.77-80.
2. Корякин, А. И. Определение основных технологических параметров карьера при проектировании / А.И. Корякин, **А.В.Селюков** // Вестник КузГТУ. – 2010. – №2 –С. 66–68.
3. **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.
4. 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.

5. 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.
6. 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.
7. 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 .
8. **Селюков, А.В.** Технология нарезки транспортной бермы в бестранспортной зоне при поперечной системе разработки / А.В. Селюков // Вестник Иркутского государственного технического университета.–2011. –№2 (49). – С.67-70.
9. 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.
10. 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.
11. **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.
12. **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.
13. **Селюков, А.В.** Гистограммный способ определения местоположения емкости для внутреннего отвала при открытой угледобыче в Кемеровской области / А.В. Селюков // Вестник Мурманского государственного технического университета. Науки о Земле. –2016. том 19.–№ 1/1. –С.40-46.
14. **Селюков, А.В.** Инструмент корректировки распределения объемов вскрыши по отвалам угольного разреза / А.В. Селюков // Записки горного института. –2016. том 219.–С. 387-391.
15. **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.
16. **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.

17. **Селюков, А.В.** Оценивание землеемкости угольных разрезов видоизменением системы открытой разработки / А.В. Селюков // Известия Уральского государственного горного университета. –2016. –№3(43). –С.82-86.
18. **Селюков, А.В.** Проектирование динамичностью рядов вариаций транспортной и бестранспортной технологий открытой разработки наклонных и крутопадающих залежей / А.В. Селюков // Вестник КузГТУ. –2016. –№ 4. –С.59-64.
19. **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.
20. **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.
21. **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. –№. 3. –С.182-194.
22. **Селюков, А.В.** Вычисление доли бестранспортной технологии при углубочно-сплошной поперечной системе открытой разработки / А.В. Селюков // Вестник Академии наук республики Башкортостан «Науки о Земле». –2017. том 25. –№ 4(88). –С.40-46.
23. **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.

Монографии

24. Макаров В.Н. Технология ведения открытых горных работ на полях ликвидированных шахт / Макаров В.Н., Корякин А.И., **Селюков А.В.** / Кузбассвуиздат, Кемерово. 2010. -139с.
25. Колесников В.Ф. Разработка угленасыщенных зон карьерных полей выемочно-транспортным комплексом / Колесников В.Ф., Корякин А.И., **Селюков А.В.**, Проноза В.Г., Ермолаев В.А., Воронков В.Ф. / Кузбассвуиздат, Кемерово, 2010. -247с.

Публикации в изданиях входящих в базы цитирования Scopus, Web of Science

26. **Selyukov Alexei V.** Advanced technology based on new technological and organization principles of spatial development of front of mining operation at open pits / Taishan Academic Forum — Project on Mine Disaster Prevention and Control Symposium of the Taishan Academic Forum - Project on Mine Disaster Pre-

vention and Control 2014. Qingdao; China; 17 October 2014 -20 October 2014. pp.156-160.

27. **Selyukov A.V.** Technological significance of internal dumping in open pit coal mining in the Kemerovo region / Journal of Mining Science. 2015. 51(5). pp. 879-887.

28. **Selyukov Aleksei V.** Evaluation of numerical simulation of the process of adapting internal dumping mode to the existing mining fields of the Kemerovo region / Bulletin Of The Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering. 2015. volume 326. issue 12. pp. 60-71.

29. **Selyukov A.V.** To correct the distribution of the volume of overburden waste dumps existing coal mine / Journal of mining institute / DOI:10.18454/PMI.2016.3.387. 2016, 219. pp. 387-391.

Материалы конференций и сборники научных трудов

30. **Селюков, А.В.** Природоохранные технологии открытых горных работ / А.В. Селюков // LAP LAMERT Academic Publishing Gmb H&Co. KG Saarbrucken. Germany. 2012. 234p.

31. **Селюков, А.В.** Варианты размещения емкостей под внутренние отвалы на действующих разрезах Кузбасса / А.В. Селюков // Сборник материалов региональной научно-практической конференции “Влияние научно-технического прогресса на экономическое развитие Кузбасса”. – Прокопьевск.–2007. –С.187-188.

32. **Селюков, А.В.** Оценка параметров строительства карьера первой очереди для режима действующих разрезов Кузбасса / А. В. Селюков // Сборник материалов XII международной научно-практической “Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС-2008. –Кемерово. –2008. –С.71-74.

33. **Селюков, А.В.** Модификации карьера первой очереди при переходе действующих разрезов Кузбасса на поперечную систему разработки наклонных и крутых пластов / А.В. Селюков // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции “Инновации - основа комплексного развития угольной отрасли в регионах России и странах СНГ”.–Прокопьевск. – 2009. –С.171-173.

34. **Селюков, А.В.** Оценка технологического перехода действующего разреза на внутреннее отвалообразование по пространственно-временным критериям / А.В. Селюков// Сборник тезисов Кузбасского международного угольного форума “Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности”. - Кемерово, 2009. –С.112–114.

35. Селюков, А.В. К оценке долевого участия внешнего и внутреннего отвалообразования при поперечных системах разработки наклонных и крутых угольных свит / **Селюков А.В.**, Капустин Н.Н./ Сборник тезисов Кузбасского международного угольного форума “Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности”. - Кемерово, 2009. –С.117 –119.

36. **Селюков, А.В.** Поэтапный переход действующего разреза с углубочной продольной на поперечную систему разработки // Сборник научных статей международной научно-практической конференции “Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов”. –Новокузнецк. –2010. –С.155-162.
37. **Селюков, А.В.** Формирование поперечных систем разработки наклонных и крутых пластов на действующих разрезах / А.В. Селюков // Материалы международной научно-практической конференции “Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды”. –2010. том 2. –с. 262-267.
38. Селюков, А.В. О природно-технологическом содержании процесса перехода действующего разреза с продольных углубочных на поперечные системы разработки / **А.В. Селюков, А.Ю. Третьяков** // Материалы региональной научно-практической конференции “Новые технологии в угольной отрасли и экономике Кузбасса”. – Белово. – 2010. –С.91-94.
39. **Селюков, А.В.** Внедрение экологосберегающих технологий производства-путь к стратегическому курсу модернизации открытой угледобычи в Кузбассе / А.В. Селюков // Материалы инновационного конвента “Кузбасс: Образование, наука инновации”. –Кемерово. –2013. том 1. –С.90-95.
40. **Селюков, А.В.** Имитационное моделирование в среде "Excel" процесса перехода действующих разрезов Кузбасса на экологосберегающие поперечные системы разработки / А.В. Селюков // Материалы международной научно-практической конференции “Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах”. – Кемерово. – 2013. – С.206-210.
41. **Селюков, А.В.** Пути устранения избыточного (незаполненного) выработанного пространства действующих разрезов при разработке наклонных и крутопадающих угольных месторождений / А.В. Селюков // Материалы международной научно-практической конференции “Современные тенденции и инновации в науке и производстве”. –Междуреченск. – 2014. –С.86-87.
42. **Селюков, А.В.** Управление параметрами блоковой технологии открытой разработки угольных разрезов / А.В. Селюков // Сборник статей международной научно-практической конференции “Инновации в технологии и образовании”. –Белово, Велико-Тырново. –2014. том 1. –С. 65-69.
43. Селюков, А.В. Прогнозная оценка элементов составляющих график режима горных работ с использованием ЭВМ при разработке угольных месторождений Кузбасса [Электр. ресурс] / **Селюков А.В., Литвин Я.О.** // “Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС-2014. –Кемерово. –2014.
44. Селюков, А.В. Развитие альтернативных способов проектирования автоотвалов вскрыши [Электр. ресурс] / **Селюков А.В., Шабин А.В.** // “Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС-2014. –Кемерово. – 2014.
45. **Селюков, А.В.** Критерии эколого-экономического сравнения технологий внутреннего отвалообразования на разрезах Кемеровской области / А.В. Селюков // Сборник научных статей международной научно-практической конференции “Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов”. –Новокузнецк. –2015. –С.91-98.

Патент на изобретение

46. 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.

Подписано в печать 16.12.2019. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Печ. л.2,0. Тираж 120 экз. Заказ № ____

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский Центр УИП КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а