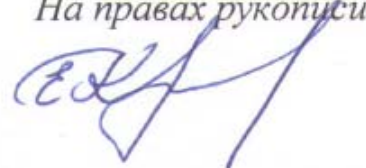


На правах рукописи



КУРЕХИН Евгений Владимирович

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗРЕЗАМИ МАЛОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
МОЩНОСТИ С ЗЕМЛЕСБЕРЕГАЮЩИМ
ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕМ**

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

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Кемерово 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева».

Научный консультант - доктор технических наук, профессор
Сысоев Андрей Александрович

Официальные оппоненты:

Заровняев Борис Николаевич,

доктор технических наук, профессор, директор горного института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», действительный член Академии горных наук

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»

Счастливцев Евгений Леонидович

доктор технических наук, заведующий лабораторией моделирования геоэкологических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки, Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН. Кемеровский филиал (КФ ИВТ СО РАН)

Ведущая организация: Институт горного дела им. Н.А. Чинакала
Сибирского отделения РАН (ИГД СОРАН)

Защита состоится «25» октября 2019 г. в 11-00 ч на заседании диссертационного совета Д 212.102.02 Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28. Тел.: (3842) 39-63-36. E-mail: vah@kuzstu.ru

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
к.т.н., доцент



Тюленев М. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Программа развития угольной промышленности Российской Федерации до 2030 года предусматривает увеличение добычи угля до 530 млн. т. при сохранении структуры основных добывающих регионов. При этом основной уровень увеличения добычи угля будет осуществляться за счет угольных месторождений, расположенных в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах РФ.

В Российской Федерации открытую разработку угольных месторождений осуществляют 119 разрезов, которые входят в состав крупных угольных компаний и 80 самостоятельных акционерных обществ (75 %). Годовая добыча угля открытым способом достигла 331 млн.т (2018 г), что составляет 75,3 % от всей добычи в Российской Федерации.

Одной из основных тенденций развития угледобывающей отрасли страны, проявившейся в последние двадцатилетие (1998–2018 гг.), является увеличение доли участия угольных разрезов (23 %), имеющих относительно небольшую годовую производственную мощность (до 1,5 млн.т). Данная тенденция объясняется горно-геологическими условиями месторождений, потребностью региона и экономическими возможностями инвесторов. Огромный потенциал угольных месторождений, приемлемых для открытого способа разработки характеризуется преимущественно свитовым залеганием пластов наклонного и крутого падения, представленных малой и средней мощностью (0,5–8 м, реже 10–14 м), которые могут в полной мере обеспечить потребности углем, в том числе, труднодоступные регионы Российской Федерации. Далеко не все пользователи недр (акционерные общества) имеют достаточные возможности вложение инвестиций для освоения крупных угольных месторождений, что объясняет рост в общей угледобыче доли малых угольных разрезов.

Угольные разрезы малой производственной мощности характеризуются и отличаются небольшими параметрами карьерных полей (глубиной от 50 до 100 м), минимальным сроком ввода в эксплуатацию, низкими удельными капитальными затратами, высокой производительностью труда, небольшим коэффициентом вскрыши. Применением менее энергоемкого горного оборудования, характеризующегося мобильностью, маневренностью, и универсальностью обеспечивающей возможность его использования на добычных, вскрышных и отвальных работах. Характерной особенностью открытой разработки Караканского угольного месторождения в Кузбассе является групповое расположение карьерных полей.

В настоящее время в угольных регионах Российской Федерации после открытой разработки месторождений остаются карьерные выемки, что ведет к существенному возрастанию площади изъятия земель из оборота. Снизить данную негативную тенденцию предлагается за счет разработки и внедрения технологических решений по складированию вскрышных пород в карьерных выемках, оставшихся от пользователей недр, что позволит восстановить нарушенные земельные ресурсы, снизить их изъятие из оборота и в целом, повысить эффективность открытой угледобычи.

Наиболее перспективным технологическим решением, направленным на сбережение ресурсов открытой угледобычи при групповом расположении угольных разрезов, является ведение горных работ с отвалообразованием вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка. Минимизация площадей, занимаемых под открытые горные работы, за счет использования выработанного пространства в качестве емкости для размещения вскрышных пород является важной проблемой с точки зрения землесбережения. Известные в настоящее время научные исследования и проектные проработки связаны с крупными разрезами и предусматривают отвалообразование в собственном выработанном пространстве. Особенности взаимного расположения месторождений, разрабатываемых малыми карьерными полями, создают предпосылки использования землесберегающей технологии за счет размещения отвалов в смежных карьерных выемках. Возможность и условия использования выработанного пространства карьерной выемки смежного участка для складирования вскрышных пород изучены не в полной мере, что обосновывает актуальность настоящих исследований.

Работа выполнена в соответствии с формированием государственных заданий высшим учебным заведениям (2012–2013 гг.) НИР (№ 5.2741.2011) на тему «Разработка моделей безопасных технологий добычи и обогащения углей в Кузбассе».

Объектом исследования является технология и параметры ведения горных работ с землесберегающим отвалообразованием вскрышных пород при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения.

Предметом исследования являются взаимосвязи горно-геологических, горнотехнических, экономических параметров и показателей технологии открытой разработки угольных месторождений с землесберегающим отвалообразованием.

Цель работы. Обоснование технологии разработки угольных месторождений разрезами малой производственной мощности с применением землесберегающего отвалообразования, обеспечивающей повышение эффективности открытой угледобычи.

Идея работы заключается в том, что эффективность и развитие области применения землесберегающего отвалообразования при разработке угольных месторождений наклонного и крутого падения разрезами малой производственной мощности, достигается возможностью складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка, что обеспечивает снижение потребности в земельных ресурсах.

Для достижения поставленной цели решаются следующие **задачи**:

- обосновать классификационные признаки малых карьерных полей и установить особенности взаимного расположения угольных месторождений, разрабатываемых малыми карьерными полями;

- разработать метод определения объема горной массы в контурах малого карьерного поля при свитовом залегании угольных пластов наклонного и крутого падения;

- обосновать структуру комплексной механизации, обеспечивающей эффективность открытой разработки угольных месторождений в границах

малых карьерных полей и установить факторы, влияющие на производительность выемочно-погрузочного оборудования;

- разработать технологию землесберегающего отвалообразования при групповом расположении карьерных полей с размещением вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка;

- обосновать параметры землеёмкости и экономические показатели изъятия земельных ресурсов при открытой разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения малыми карьерными полями.

Методы исследований:

- анализ и статистическая обработка горно-технических показателей угольных разрезов и пространственного расположения малых карьерных полей угольных месторождений;

- численное моделирование при определении объемов горной массы по зонам малого карьерного поля;

- анализ и обобщение теоретических исследований и проектной практики при обосновании структур комплексов горного оборудования;

- научное обобщение теоретических исследований при изучении условий размещения вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка с использованием современных программных комплексов (AutoCAD) и специализированных компьютерных программ.

- технико-экономический анализ параметров и показателей открытой разработки угольных месторождений.

Научные положения.

- месторождения с крутым и наклонным залеганием пластов с промышленными запасами угля до 50 млн. т, ограниченной длины участка (до 2 км) характеризуются групповым расположением малых карьерных полей, отсутствием технологических условий внутреннего отвалообразования в собственном выработанном пространстве (при углубочной продольной системе разработки) и повышением угленосности с уменьшением общей мощности свиты пластов;

- объем горной массы в малом карьерном поле определяется по зонам (безугольная, угленасыщенная) с учетом глубины, длины участка, доли наносов (до 60 %), зависит от наклона рельефа земной поверхности (на 10°), который увеличивает объем вскрыши в безугольной зоне на 5–46 % (при несогласном рельефе) и уменьшает на 3–62 % (при согласном рельефе), с учетом граничного коэффициента вскрыши, позволяет дать прогнозную оценку запасов угля и производственной мощности угольного разреза;

- структура комплексной механизации выбирается в соответствии с видами горных работ (разработка наносов, коренных пород и угля), способа подготовки пород к выемке (буровзрывной, безвзрывной), с применением выемочно-погрузочного оборудования (циклического действия), с рациональной вместимостью ковша, которая имеет степенную зависимость от глубины карьерного поля и угла падения свиты угольных пластов, обеспечивает повышение производительности гидравлических экскаваторов, колесных погрузчиков на 5–27 %, обусловленное маневренностью, мобильностью, коэф-

фициентом наполнения ковша 1,1–1,37 и коэффициентом использования оборудования в смену 0,78–0,92;

- технология землесберегающего отвалообразования целесообразна при групповом, периферийном расположении карьерных полей, с последовательным размещением вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка драглайном, на полную глубину одним ярусом (до 70 м) продольными, поперечными отвальными заходками, в зависимости объема складировемых пород от размера карьерной выемки (длины и глубины), с учетом радиуса черпания, разгрузки драглайна, обеспечивает уменьшение дальности транспортирования породы на отвале (в карьерной выемке) по сравнению с внешним отвалом в 1,1–1,8 раза, снижение суммарных удельных затрат на отвалообразование на 9–44 % и восстановление нарушенных земельных ресурсов открытыми горными работами;

- эффективность землесберегающего отвалообразования при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения зависит от места складирования вскрышных пород (в карьерной выемке смежного участка, во внешнем отвале), площади изъятия земельных ресурсов, времени складирования породы и обусловлена снижением на 44–61 % средней землеемкости извлечения угля в зависимости от глубины карьерного поля (40–100 м) и сокращением стоимостных затрат на изъятие земли для отвалообразования (в карьерной выемке) по сравнению с внешним отвалом в 5–11 раз.

Научная новизна состоит:

- в установлении взаимосвязи классификационных признаков малых карьерных полей (геологических, геометрических и технологических), с учетом зависимости коэффициента угленосности от мощности свиты и обосновании факторов, влияющих на пространственное расположение отвалов при открытой разработке угольных месторождений;

- в разработке метода определения объемов горной массы в границах малого карьерного поля по зонам (наносы, безугольная, угленасыщенная зона) в зависимости от изменения рельефа земной поверхности;

- в разработке технологической классификации горного оборудования для открытой разработки угольных месторождений и обосновании комплексов горного оборудования цикличного действия, учитывающих зависимость рациональной вместимости ковша от глубины карьерного поля, угла падения свиты угольных пластов, мощности свиты, мощности наносов и совмещении видов работ (вскрышных и добычных работ) единым комплексом;

- в разработке способов отвалообразования с последовательным размещением вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка и установлении зависимости объема складировемых пород от размера карьерной выемки (длины и глубины), с учетом радиуса черпания, разгрузки драглайна;

- в установлении зависимости средней землеемкости извлечения угля от угла падения свиты угольных пластов, глубины карьерного поля при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения и оценке технико-экономических показателей изъятия земельных ресурсов.

Обоснованность и достоверность научных исследований, выводов и рекомендаций подтверждается:

- применением современных методов и технических средств при проведении исследований;
- сходимостью результатов теоретических исследований с фактическими параметрами и показателями;
- результатами статистического анализа технико-экономических показателей разработки угольных месторождений Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока;
- внедрением результатов исследований при разработке проектов: отработки запасов участка открытых горных работ и отвалообразования вскрышных пород в карьерных выемках филиалов угольной компании Кузбассразрезуголь.

Личный вклад автора состоит:

- в установлении взаимосвязи классификационных признаков малых карьерных полей (геологических, геометрических и технологических) на угольных месторождениях, с учетом взаимосвязи коэффициента угленосности от мощности свиты и установлении видов карьерных полей (малые, средние и крупные) и их пространственного расположения;
- в разработке метода определения объемов горной массы в границах малого карьерного поля по зонам (наносы, безугольная, угленасыщенная зона);
- в разработке технологической классификации и обосновании требований при выборе комплексов горного оборудования цикличного действия для отработки угольных месторождений малыми карьерными полями;
- в систематизации землесберегающих схем размещения вскрышных пород при разработке угольных месторождений, позволяющих снизить землеёмкость извлечения угля и повысить эффективность открытой угледобычи;
- в разработке способов отвалообразования с размещением вскрышных пород в карьерной выемке при групповом расположении угольных разрезов;
- в разработке технологических схем отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка;
- в оценке землеёмкости извлечения угля при открытой разработке угольных месторождений малыми карьерными полями.

Научное значение работы. Результаты работы являются основой для выполнения предпроектных исследований в части параметров малых карьерных полей при наклонном и крутом залегании свит угольных пластов, обоснования параметров технологии и экономической эффективности отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка, позволяющей снизить изъятие площадей для внешних отвалов и повысить эффективность открытой угледобычи.

Отличие от ранее выполненных работ заключается в разработке:

- метода определения объемов горной массы в границах малого карьерного поля с разделением на зоны (наносы, безугольная, угленасыщенная зона) с учетом изменения рельефа земной поверхности;

- технологической классификации комплексов и обосновании требований при выборе горного оборудования цикличного действия, для отработки угольных месторождений малыми карьерными полями;

- способов и технологических схем отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (прежнего пользователя недр) с учетом взаимосвязи рабочих параметров драглайна с размерами карьерной выемки.

Практическое значение работы состоит в том, что результаты исследований позволяют:

- установить объёмы горной массы в границах малого карьерного поля по зонам (наносы, безугольная, угленасыщенная зона) при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения с учётом влияния наклона рельефа земной поверхности;

- использовать рекомендации по выбору горного и транспортного оборудования для разработки малых карьерных полей;

- обосновать параметры землесберегающей технологии отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка с применением драглайна, бульдозера и автомобильного транспорта;

- повысить экономическую эффективность отработки свит угольных пластов наклонного и крутого падения и снизить землеёмкость извлечения угля открытой угледобычи.

Реализация работы:

- разработано «Методическое руководство по обоснованию параметров карьерных полей при разработке угольных месторождений с учётом снижения интенсивности изъятия земель» и реализовано при проектировании параметров карьерных полей и оценке изъятия земельных ресурсов в ОАО Кузбассгипрошахт (2013 г.) при отработки запасов участка открытых горных работ «Караканский Западный» (ЗАО «Шахта Беловская»);

- разработано «Методическое руководство. Технологические схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка» при подготовке проектной документации для отвалообразования вскрышных пород в карьерных выемках на угольных разрезах в ОАО «Угольная Компания «Кузбассразрезуголь» (2018 г);

- разработано учебное издание, для подготовки специалистов высших учебных заведений (КузГТУ) по направлению «Горное дело» (2019 г);

- разработаны специализированные компьютерные программы для решения технико-экономических задач при подготовке специалистов высших учебных заведений (КузГТУ, 2001–2014 гг.) (7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ).

Апробация работы. Материалы диссертационной работы и её отдельные результаты докладывались на конференциях: XII Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». Сибресурс 2008 г. (ГУ КузГТУ, Кемерово); Кузбасском международном угольном форуме. XI Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России: Новые подходы к развитию угольной промышленности» 2009 г. (ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского,

ИУУ СО РАН, КузГТУ, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», Кемерово); 5-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительство и энергетики» 2009 г. (ТулГУ, Тула); 6-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» 2010 г. (ТулГУ, Тула); Региональной научно-практической конференции «Образование, наука, инновации» 2010 г. (филиал ГУ КузГТУ, Междуреченск); Международной конференции «Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых» 2010 г. (ТПУ, Томск); 8-й Международной научно-технической конференции «Современные технологии освоения минеральных ресурсов» 2010 г. (ИПК СФУ, Красноярск); Международной научно-практической конференции «Россия в XXI веке: итоги, вызовы, перспективы» 2011 г. (НОУ «Институт экономики и предпринимательства», р. Казахстан); Международной конференции «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» 2013 г. (БНТУ, Минск); III Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» 2014 г. (Филиал КузГТУ, Междуреченск); IV Международной научно-практической конференции «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» 2015 г. (Филиал КузГТУ, Междуреченск); Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием 2015 г. (Старооскольский филиал ФГБОУ ВПО МГРИ-РГГРУ, Старый Оскол); Материалы II Всероссийской научной конференции (Старооскольский филиал ФГБОУ ВПО МГРИ-РГГРУ, Старый Оскол, 2016).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 47 печатных работ, в т.ч. 1 монография, 1 учебное пособие, 14 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи Web of Science, 1 патент на изобретение, 7 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, изложена на 319 страницах машинописного текста, включает 72 таблицы, 94 рисунка, 2 приложения и список использованной литературы из 220 наименований.

Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры «Открытые горные работы» КузГТУ: д.т.н. проф. А.А. Сысоеву; д.т.н. проф. В.Г. Прозозе; д.т.н. проф. В.А. Ермолаеву; д.т.н. проф. А.С. Ташкинову; д.т.н. проф. В.Ф. Колесникову за консультации в проведении исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ состояния, перспективы и направления развития открытой угледобычи в Российской Федерации. Выполнен анализ методов определения объемов горной массы при проектировании карьерных полей и представлен обзор технологии с внутренним и внешним отваллообразованием.

Развитие открытой угледобычи в Российской Федерации в значительной степени будет определяться общей потребностью в углях, главным образом для обеспечения энергетического комплекса страны.

Техническое перевооружение и реконструкция действующих предприятий должна осуществляться на основе технико-экономического обоснования с учётом направлений научно-технического прогресса.

Объектами нового строительства должны стать только новые угольные разрезы с благоприятными эколого-горно-геологическими условиями и низкими удельными капитальными вложениями, на которых могут быть обеспечена высокая производительность труда и низкая себестоимость.

Принципиально важным является отказ от рассмотрения экологических аспектов угледобычи, как изолированных и второстепенных, и переход к комплексному решению всей совокупности вопросов выбора объектов, технологии производства горных работ и применяемого оборудования с приоритетным обеспечением защиты окружающей среды.

Угольные разрезы малой производственной мощности характеризуются годовой производительностью от 10 тыс.т до 1,5 млн.т/г., расположенными в Кемеровской области («Бунгурский», «Бунгурский-Южный», «Северный Кузбасс», «Степановский», «ОАО Поляны», «Октябринский», «Итат-уголь»); Красноярском крае («Ирбейский» и «Карабульский»); Забайкальском крае («Разрез Апсатский», ООО «Читауголь»); Хабаровском крае (АО «Малые разрезы»); Приморском Крае (АО «Приморскуголь», АО «Северная депрессия», АОЗТ «Амбинский», АОЗТ «Ореховский», АОЗТ «Малые разрезы», АООТ «Аргиллит»); Бурятия («Талинский», «Орхон-1», «Хаара-Хужирский»); Республике Хакасия (ОАО «Разрез Изыхский») и др.

Количество угольных разрезов малой производственной мощности в регионах Российской Федерации составляет 80 из 107 разрезов (рис. 1).



Рис. 1. Количество разрезов малой производственной мощности в регионах Российской Федерации

Распределение угольных компаний (52 %) и самостоятельных акционерных обществ (48 %) в Кузбассе показано на рис. 2.

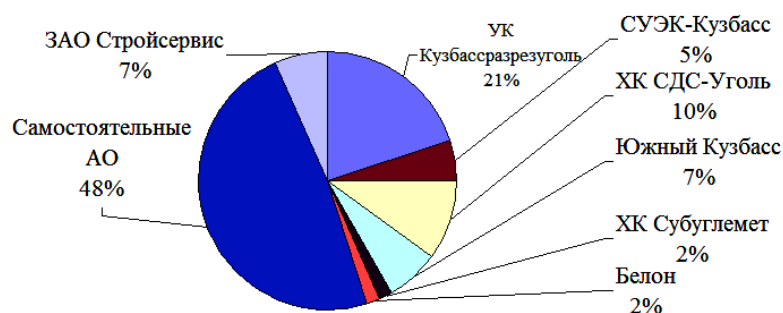


Рис. 2. Распределение угольных компаний и самостоятельных акционерных обществ, ведущих открытую угледобычу в Кузнецком бассейне (2018 г)

Характерной особенностью разработки разрезов малой производственной мощности являются небольшие размеры участков, преобладание наклонного рельефа поверхности, наличие мощности наносов, маломощные угольные пласты, геологические нарушения, и др.

Обзор методов определения объемов горной массы при проектировании карьерных полей позволил выявить следующие недостатки.

Аналитические методы, при которых конечная глубина карьера определяется по известным формулам П.И. Городецкого, В.В. Ржевского, А.И. Арсентьева, В.С. Хохрякова и др., дают приближенные решения с весьма значительной погрешностью ($\pm 20\%$ и более) и основываются на представлении реальных геологических условий в виде простых однородных геометрических моделей.

В работе В.В. Ржевского автор предлагает общий объем горной массы оценивать: по площади дна карьера, глубине и углом откосов бортов. При этом не была учтена мощность наносов, объем коренных пород и запасы угля в общем объеме горной массы в границах карьера и влияние наклона рельефа земной поверхности.

Практика и научные изыскания показывают, что при открытой разработке угольных месторождений наклонного и крутого падения пластов большой протяженности целесообразно размещать вскрышные породы в соседних отработанных карьерах и частично во внешних отвалах, что приведет к уменьшению текущей землеемкости.

Таким образом, на основе выше изложенного сформулированы цель, идея и задачи исследований, решение которых отражено в следующих главах работы.

При выполнении работы использованы научные решения в области горного дела, основы которой заложены в трудах А.И. Арсентьева, Б.И. Бокля, Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, К.Н. Трубецкого, Е.Ф. Шешко и др., а также в области технологии отвалообразования А.Т. Мироненко, В.И. Ческидова, В.С. Коваленко, В.Г. Прозны, А.А. Сысоева, Я.О. Литвина, В.Г. Ближнюкова, И.В. Баранова, С.И. Фомина, А.А. Фауля, В.В. Глотова, Н.Н. Ендуревой и др.

Во **второй главе** выполнен анализ горно-геологических условий угольных месторождений Российской Федерации и установлены классификационные признаки малых карьерных полей, с учетом их взаимного расположения.

Запасы угля распределены по территории страны неравномерно (Кузнецкий бассейн, Красноярский край, Иркутский, Печорский, Тунгусский бассейны и др.). Большая их часть разведана в восточных регионах страны, в то время как в центральной ее части, где сосредоточены основные потребители, сырьевая база невелика и характеризуется неблагоприятными горно-геологическими условиями добычи.

Промышленные запасы угля при открытой разработке угольных месторождений в границах малых карьерных полей составляют от 2 до 50 млн.т.

Суммарная годовая производственная мощность малых угольных разрезов в Кузнецком бассейне составляет 32,2 млн.т (24,4 % от всего открытого способа).

Горно-геологические условия перспективных угольных месторождений бассейнов: Кузнецкого, Тунгусского, Канско-Ачинского, в республике Бурятия, Саха (Якутия) и Приморском крае дают возможность строительства разрезов малой производственной мощности, как для обеспечения потребности углем для региона, так и на экспорт.

На основе анализа горно-технических показателей угольных разрезов (табл. 1) принято следующее распределение их на три группы: малые – до 1,5 млн. т/год; средние – 1,6–2,0 млн. т/год; крупные – более 2,0 млн. т/год.

На рис. 3 представлено распределение участков открытой угледобычи в Кузнецком бассейне по годовой производственной мощности.

Анализ распределения карьерных полей Кузнецкого бассейна показал, что с площадью от 0,01 до 2,4 км² доля карьерных полей составляет 53,4 %, средние и крупные 5,1–15,0 км² составляют 46,6 % (рис. 4). Длина малых карьерных полей при открытой разработке угольных месторождений изменяется в диапазоне 0,3–1,6 км (табл. 1).

Кузнецкий угольный бассейн в основном представлен угольными пластами малой и средней мощности (от 82 до 88 %), мощные пласты (более 10 м) от 12 до 18 % (табл. 1). Мощность рыхлых отложений более 30 м в северо-западной части бассейна и от 5 до 20 м в юго-восточной части. Наибольшая мощность покровных отложений наблюдается в Ленинском, Беловском и Усвятском геолого-экономических районах Кузбасса.



Рис. 3. Распределение количества участков открытой угледобычи по годовой производственной мощности в Кузнецком бассейне

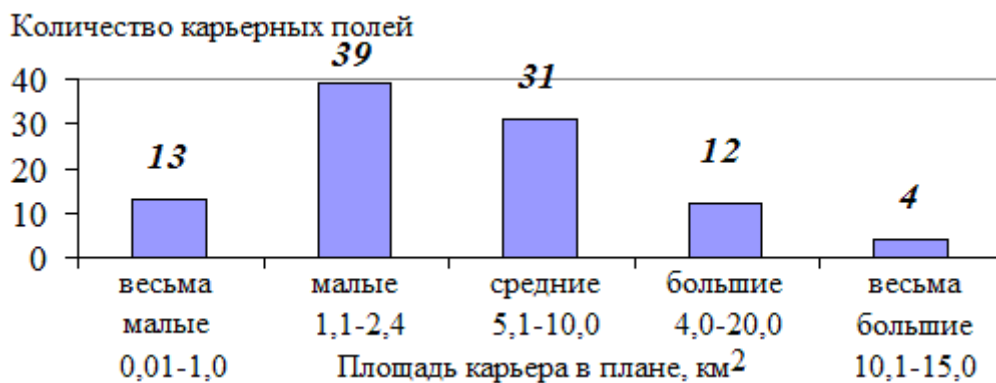


Рис. 4. Распределение карьерных полей в Кузнецком бассейне

Количество разрезов малой производственной мощности, равно как и количество малых карьерных полей, достаточно велико, что дает основание рассматривать их как отдельную группу объектов, которые могут быть объединены не только по признакам производственной мощности и площади карьерного поля, но и по признакам технологического характера.

С целью установления основных и дополнительных признаков выполнен анализ разрезов Кузнецкого бассейнов и участков малой производственной мощности по площади карьера, а также горно-геологических условий и горнотехнических показателей (табл. 1).

Таблица 1

Параметры и показатели разработки угольных разрезов малой производственной мощности в Кузнецком бассейне

Показатели	ООО «Северный Кузбасс»	ЗАО «Распадский» (уч-к ОГР)	ЗАО «Разрез Евтинский»	ООО «Ровер»	ООО «Разрез»	ООО «Пермяковский уголь разрез»
Горно-геологические условия						
Мощности пластов, м	0,5-7,7	1,3-9,6	3,1-16,7	1,3-3,5	1,0-15,9	5,5-12,9
Углы залегания пластов, град.	26-38	13-19; 30-35	12-24	20-80	70-80	10-15; 24-28
Количество пластов	3	5	3-5	5	7	3
Марка угля	СС, Р	Г, ГЖ, Ж	Д	СС,КСН К,ГЖО	СС, ГЖ	Д
Горно-технические показатели						
Глубина карьерного поля, м	85	90	40-105	-	90	50
Промышленные запасы, млн. т.	3,6	3,6	17,2	7,4-2,7	0,3	12,0
Коэф-т вскрыши, м ³ /т	6,9-12,6	1,2-6,0	3,0	16,3;13,9	10,5-3,6	5,0-6,5
Производственная мощность, тыс. т/г	400	1095	1000	1200;300	150	1000
Срок службы, лет	5,5	1,5	21	8; 14	2,3	14
Длина и ширина карьерного поля в плане, км	<u>1,6</u> 0,28	<u>0,4</u> 0,1	<u>0,88</u> 0,45	<u>5,6; 1,0</u> 0,8; 0,7	<u>0,28</u> 0,22	<u>0,3</u> 0,25
Длина транспортирования (вскрыша/уголь), км	<u>1,0</u> 6,5	<u>1,2</u> 8,4-8,6	<u>1,4</u> 1,9	<u>2,2</u> 3,3	<u>1,2</u> 5,3	<u>1,5-2,0</u> 6,0

В методическом плане приняты рекомендации, предложенные Глотовым В. В. согласно которым, малые карьерные поля можно условно разделить на три основные группы. Карьерные поля, характеризующиеся относительно места расположения следующими признаками:

- групповое – характеризуются сосредоточением на небольшой территории трех и более карьерных полей с расстоянием между соседними полями 2,0–4,0 км;

- периферийное – находятся на незначительном расстоянии (до 4 км) от крупного или среднего по масштабам карьерного поля;

- локальное – представлено в единственном числе и находится на значительном удалении от действующих угольных разрезов (участков) на расстоянии свыше 4 км.

Групповое расположение карьерных полей угольных разрезов на Караканском месторождении в Кузнецком бассейне показано на рис. 5.

Свита угольных пластов расположенных на Караканском месторождении представлена с углами падения 1–29° (31 %) и 30–89° (69 %) и следовательно, большая часть породы будет размещаться во внешнем отвале, но для угольных разрезов «Караканский» и «Караканский южный» групповое расположение участков ограничивает внешнее отвалообразование (рис. 5).



Рис. 5. Групповое расположение карьерных полей угольных разрезов в Кузнецком бассейне (Караканское месторождение)

На основе анализа горно-геологических условий угольных месторождений Кузнецкого бассейна установлена степенная зависимость коэффициента угленосности (K_y) от мощности свиты (M) (рис. 6 а), которая аппроксимируется выражением:

$$K_y = 1,29M^{-0,38}, \quad (1)$$

где M – нормальная мощность свиты, м. Достоверность аппроксимации составляет $R^2=0,87$.

Установлено, что угленосность свиты угольных пластов, изменяется в диапазоне: 0,1–0,3 (55,7 %); 0,31–0,90 (19,0 %); 0,91–1,00 (25,0 %) (рис. 6 б).

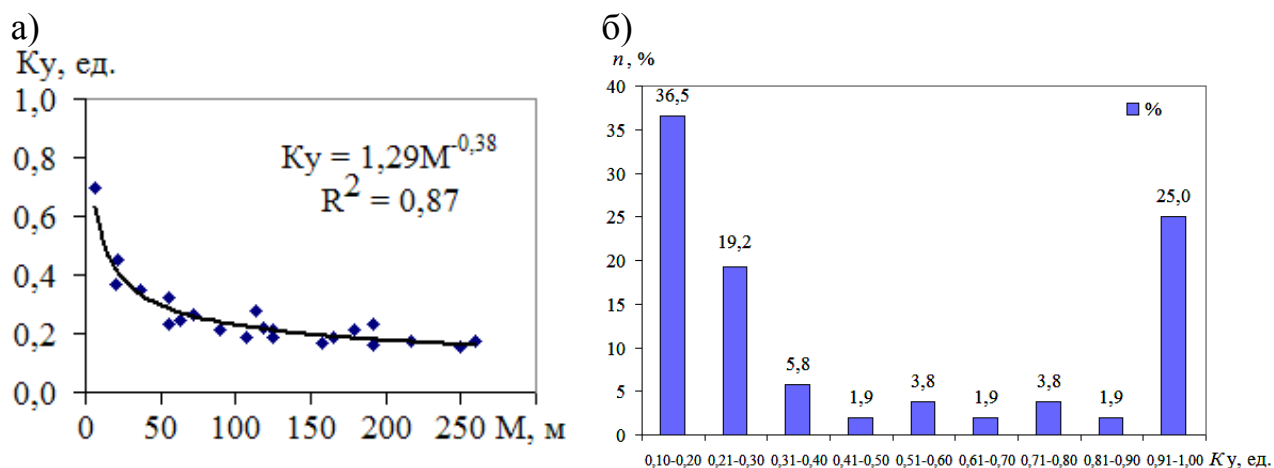


Рис. 6. Зависимость а – коэффициента угленосности (Ky) от нормальной мощности свиты (M); б – значение коэффициента угленосности, %

В табл. 2 представлена систематизация, которая позволила дополнить классификационные признаки для распределения карьерных полей угольных месторождений Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока, отличающиеся совокупностью основных горнотехнических показателей: геологическими (запасам, мощности, количеству пластов); геометрическими (длине карьера в плане, глубине карьера, площади и объемам горных пород); технологическими (видам горного и транспортного оборудования) и сроком эксплуатации участка (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика и классификационные признаки карьерных полей
угольных месторождений

Виды карьерных полей	A , млн. т./год	Классификационные признаки														T , лет	
		Геологические				Геометрические				Технологические							
		$Z_{пл}$, млн. т	$m_{пл}$, м	$n_{пл}$, ед.	α , град.	L_K , км	H_K , м	$S_{к.п.}$, км ²	V_B , млн. м ³	Выемочно-погрузочное оборудование			Вид транспорта				
										Циклического действия	E , м ³	Непрерывного действия	Автомобильный	q_a , т	Ж/Д транспорт		Конвейерный
Малые	0,1-1,5	до 50	0,3-15	1-12	0-90	0,3-40,2,3	40-100	0,04-2,2	до 100	+	1-12 (14)	-	+	4-133	-	+	2-20
Средние	1,6-5,0	50-500	0,3-15	1-20	0-90	2,4-5,0	101-250	2,3-5,0	101-500	+	1-30	-	+	10-320	+	+	21-30
Крупные	> 5,0	50-500; 100-1000	0,3-15; > 15	1-20	0-90	> 5,1	> 250	5,1-10,0	> 500	+	1-60	+	+	10-450	+	+	31-50

Примечание. A – годовая производственная мощность разреза, млн.т; $Z_{пл}$ – промышленные запасы угля, т; $m_{пл}$ – нормальная мощность угольных пластов, м; $n_{пл}$ – количество угольных пластов, ед.; α – угол падения залежи, град.; L_K – длина карьерного поля в плане, км; H_K – глубина карьерного поля, м; $S_{к.п.}$ – площадь карьерного поля в плане, км²; V_B – объем вскрышных пород, м³; E – вместимость ковша выемочно-погрузочного оборудования, м³; q_a – грузоподъемность автосамосвала, т; T – срок службы угольного разреза (участка), лет; «+» применяется горно-транспортное оборудование; «-» ограничено применение горно-транспортного оборудования.

На основе выполненного анализа горно-геологических условий угольных месторождений, пространственного расположения карьерных полей и факторов, ограничивающих размещения вскрышных пород во внутренних отвалах сформулировано **первое научное положение**.

Месторождения с крутым и наклонным залеганием пластов с промышленными запасами угля до 50 млн. т, ограниченной длины участка (до 2 км) характеризуются групповым расположением малых карьерных полей, отсутствием технологических условий внутреннего отвалообразования в собственном выработанном пространстве (при углубочной продольной системе разработки) и повышением угленасыщенности с уменьшением общей мощности свиты пластов.

В третьей главе представлен метод определения объема горной массы в границах малого карьерного поля с разделением на зоны: наносы, коренные породы в безугольной, угленасыщенной зоне, учитывающий наклон рельефа земной поверхности.

Общий объем горной массы в контурах карьерного поля является важнейшим показателем, определяющим производственную мощность угледобывающего предприятия и срок его эксплуатации. Наибольшее влияние при определении объема горной массы оказывает длина и глубина карьерного поля, мощность наносов и запасы угля. Кроме того, значительное влияние на объем вскрышных пород оказывает угол наклона земной поверхности.

Метод определения объемов горной массы в контурах малого карьерного поля при свитовом залегании угольных пластов наклонного и крутого падения с учетом изменения рельефа земной поверхности состоит в следующем.

Карьерное поле разделяется на зоны: рыхлые отложения (H); коренные породы в безугольной зоне (B); коренные породы в угленасыщенной зоне (M); уголь ($У$). В каждой зоне карьерного поля определяются объемы: наносов (V_H); коренных пород в безугольной зоне ($V_{КП.Б.У.З}$); коренных пород в угленасыщенной зоне ($V_{КП.У.З}$); угля (V_U) (рис. 7 а, б). Поверхность карьерного поля может задаваться горизонтальной или наклонной плоскостью. Если наклон поверхности совпадает с направлением падения угольных пластов, то он считается согласным, если не совпадает, – то несогласным (рис. 7 в, г).

Глубина карьерного поля определяется по коренным породам с учетом мощности наносов и наклона земной поверхности:

$$H_k = H_{k.k} + m_H \cdot \cos^{-1} \alpha_{\text{ПОВ}}, \quad (2)$$

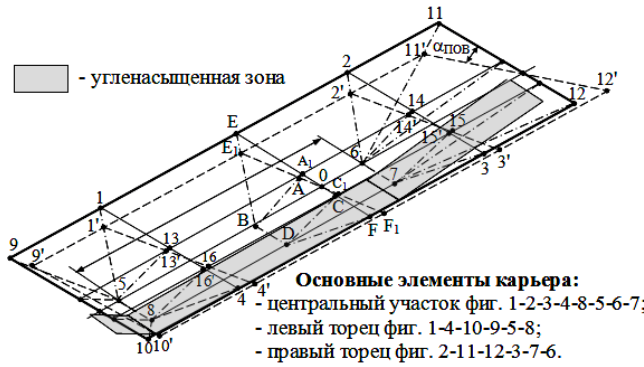
H_k – глубина карьера по коренным породам, м; m_H – мощность наносов, м; $\alpha_{\text{ПОВ}}$ – угол наклона земной поверхности, град.

Ширина карьера (м) в плане (EF) определяется по выражению:

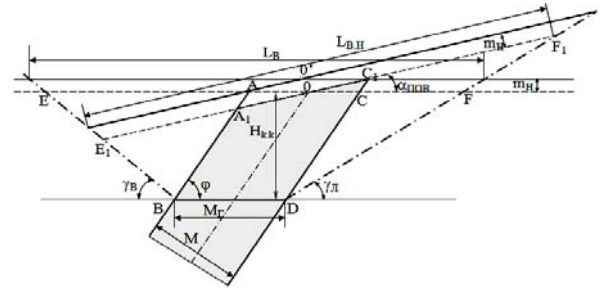
$$EF = H_{k.k} \cdot (\text{ctg } \varphi + \text{ctg } \gamma_B) + M_{\Gamma} + H_{k.k} \cdot \sin^{-1} \varphi \cdot \sin(\varphi - \gamma_L) \cdot \sin^{-1} \gamma_L, \quad (3)$$

где $H_{k.k}$ – глубина карьерного поля по коренным породам, м; M_{Γ} – горизонтальная мощность, м; φ – угол падения свиты угольных пластов ($\varphi \geq \gamma_L$), град.; L_K – длина карьерного поля по дну, м; m_H – мощность наносов, м; γ_B, γ_L – угол откоса борта карьера со стороны висячего и лежащего бока, град.

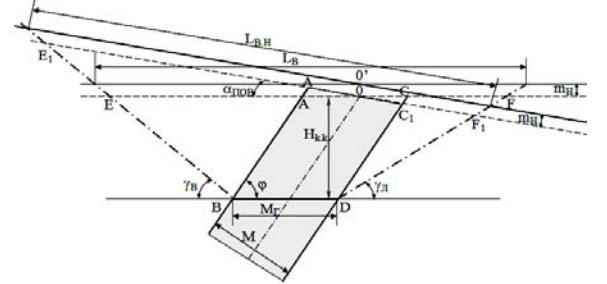
а) Трехмерная модель карьера



в) согласный рельеф



г) несогласный рельеф



б)

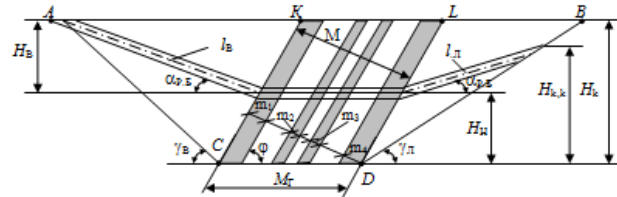


Рис. 7. Модель малого карьерного поля: а – основные элементы карьера; б – поперечное сечение свиты пластов; в, г – наклон рельефа земной поверхности

Объём наносов над центральным участком карьерного поля (m^3) определяется в зависимости от длины карьерного поля по дну (L_k, m), мощности наносов (m_H) и рельефа земной поверхности:

Горизонтальный рельеф $V_{H.Ц} = L_k \cdot m_H \cdot \{(EF) + 0,5 \cdot m_H \cdot [\text{ctg}(\gamma_B) + \text{ctg}(\gamma_L)]\}$, (4)

Согласный рельеф $V_{H.Ц} = L_k \cdot m_H \cdot \{(E_1F_1) + 0,5 \cdot m_H \cdot [\text{ctg}(\gamma_B + \alpha_{ПОВ}) + \text{ctg}(\gamma_L - \alpha_{ПОВ})]\}$, (5)

Несогласный рельеф $V_{H.Ц} = L_k \cdot m_H \cdot \{(E_1F_1) + 0,5 \cdot m_H \cdot [\text{ctg}(\gamma_B - \alpha_{ПОВ}) + \text{ctg}(\gamma_L + \alpha_{ПОВ})]\}$, (6)

Объем коренных пород в безугольной зоне с висячего и лежащего бока залежи, определяется по выражению:

$$V_{K.БУ} = L_k \cdot 0,5 \cdot AB \cdot EA \cdot \sin(\varphi) + L_k \cdot 0,5 \cdot CF \cdot DC \cdot \sin(\varphi) + 0,5 \cdot H_{k.k} \cdot S_{ГМ.Ц} \cdot \text{ctg}\gamma_T \cdot (1 - K_Y), \quad (7)$$

где K_Y – коэффициент угленосности, ед.; AB, EA, CF, DC – линейные параметры карьера, м.; γ_T – угол откоса борта карьера со стороны торца, град.; $S_{ГМ.Ц}$ – общая площадь сечения по горной массе центрального участка, m^2 .

Объем вскрышных пород при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения составит соответственно $V_B=12-62$ млн. m^3 и $V_B=6-33$ млн. m^3 при глубине карьерного поля по коренным породам $H_{k.k}=40-100$ м, длине участка $L_k=1,0-1,5$ км.

Промышленные запасы угля (Q, t) определяются по выражению:

$$Q = L_k \cdot H_{k.k} \cdot M_{Г} \cdot K_Y + M_{Г} \cdot H_{k.k}^2 \cdot \text{ctg}\gamma_T \cdot K_Y \cdot (1 - K_{П}) \cdot \gamma_Y, \quad (8)$$

где γ_Y – плотность угля, t/m^3 ; γ_T – угол откоса в торце карьера, град.; $K_{П}$ – коэффициент, учитывающий потери угля при добыче, ед.

С учетом выражений (1, 2, 8) определяется годовая производственная мощность угольного разреза ($A, t/год$):

$$A = \frac{Q}{T} = \frac{L_k \cdot H_{k.k} \cdot M_\Gamma \cdot K_y + M_\Gamma \cdot H_{k.k}^2 \cdot \text{ctg} \gamma_T \cdot K_y \cdot (1 - K_\Pi) \cdot \gamma_y}{T_\Pi + T_{P3}}, \quad (9)$$

где T_Π – время работы разреза с постоянной производственной мощностью, лет; T_{P3} – время на развитие и затухание горных работ, лет.; K_Π – коэффициент, учитывающий потери угля при добыче, ед.

Зависимости объемов коренных пород в безугольной зоне ($V_{\text{кп.бу.з}}$) от глубины карьерного поля ($H_{\text{к.к}}$) и угла наклона рельефа земной поверхности ($\alpha_{\text{пов}}$) представлены на рис. 8. При наклоне рельефа земной поверхности на 10° объем коренных пород в безугольной зоне: уменьшается на 62 % (согласный рельеф), с увеличением мощности наносов $m_H=30$ м (с долей наносов до 60 % от всего объема породы) и увеличивается на 46 % (несогласный рельеф), при глубине карьера по коренным породам $H_{\text{к.к}}=100$ м (рис. 8 а, в).

а) согласный ($\alpha_{\text{пов}}=10^\circ$) б) горизонтальный ($\alpha_{\text{пов}}=0^\circ$) в) несогласный ($\alpha_{\text{пов}}=10^\circ$)

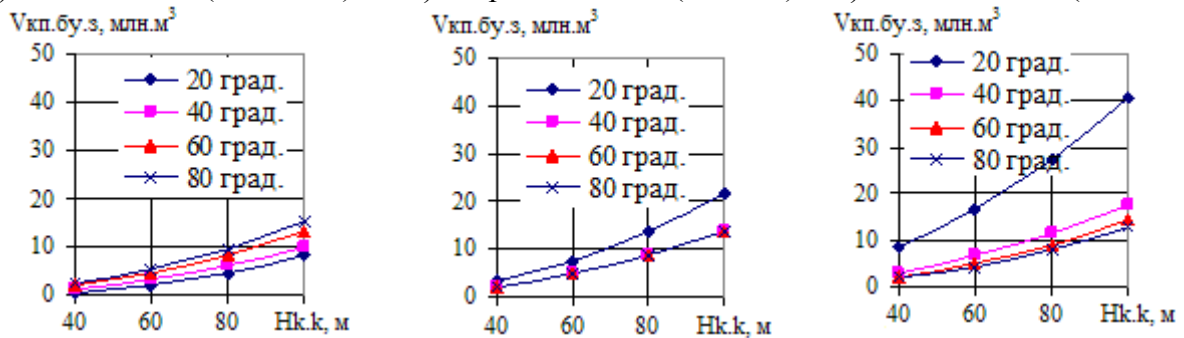


Рис. 8. Зависимость объемов коренных пород в безугольной зоне ($V_{\text{кп.бу.з}}$) от глубины карьерного поля ($H_{\text{к.к}}$) и угла наклона земной поверхности ($\alpha_{\text{пов}}$) при наклонном и крутом падении пластов (20-80 град.)

Зависимость промышленных запасов угля (Q , млн.т) и производственной мощности угольного разреза (A , млн.т/г) определяется в зависимости от угла падения свиты угольных пластов (φ , град.) и мощности свиты угольных пластов (m_n , м) при граничном коэффициенте вскрыши ($K_{\Gamma P}$) (рис. 9 а, б).

а) $K_{\Gamma P}=4 \text{ м}^3/\text{т}$

б) $K_{\Gamma P}=8 \text{ м}^3/\text{т}$

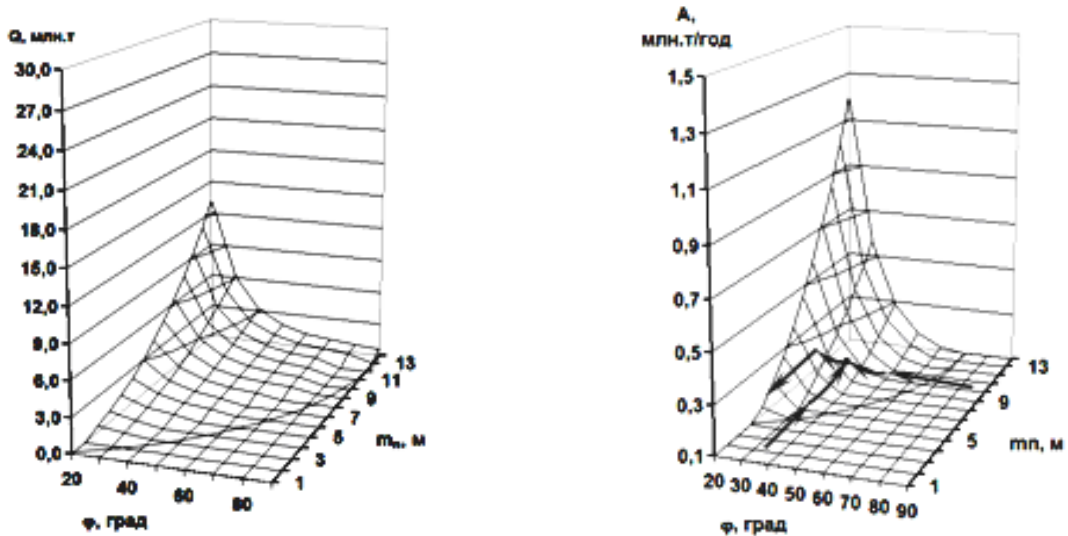


Рис. 9. Зависимость: а – промышленных запасов угля (Q); б – производственной мощности угольного разреза (A) от угла падения свиты угольных пластов (φ) и мощности свиты угольных пластов (m_n)

Разработанная на этой основе программа «Метод расчета площадей и объемов элементов карьерного поля» позволит оценить горно-технические и экономические показатели разработки месторождения.

В результате предложенного метода определения объемов горной массы в контурах малого карьерного поля при свитовом залегании угольных пластов наклонного и крутого падения установлено **второе научное положение.**

Объем горной массы в малом карьерном поле определяется по зонам (безугольная, угленасыщенная) с учетом глубины, длины участка, доли наносов (до 60 %), зависит от наклона рельефа земной поверхности (на 10°), который увеличивает объем вскрыши в безугольной зоне на 5–46 % (при несогласном рельефе) и уменьшает на 3–62 % (при согласном рельефе), с учетом граничного коэффициента вскрыши, позволяет дать прогнозную оценку запасов угля и производственной мощности угольного разреза.

В четвертой главе выполнен анализ применения горного и транспортного оборудования при разработке угольных месторождений и предложена технологическая классификация комплексов оборудования для отработки зон малого карьерного поля с учетом снижения изъятия земельных ресурсов.

Для повышения эксплуатационной производительности выемочно-погрузочных машин необходимо выполнение следующих требований, предъявляемых к комплексам горного оборудования (акад. В. В. Ржевский): комплекс оборудования должен соответствовать размерам карьерного поля, мощности разреза, а также средствам механизации и минимизацией число действующих машин в составе комплекса.

На вскрышных и добычных работах применяется в основном комплексы циклического действия, как отечественного, так и зарубежного производства. Анализ применения комплексов горного оборудования на угольных разрезах малой производственной мощности показал, что экскаваторы механические лопаты частично или полностью заменили гидравлическими экскаваторами и колёсными погрузчиками. Для транспортировки вскрышных пород применяют только автомобильный транспорт.

На открытых горных работах применяются три вида комплексов выемочно-погрузочных машин по геометрической вместимости ковша (E , м³): первый до 5 м³, второй 6–19 м³, третий 20–60 м³. Первый и второй комплекс предназначен для разработки вскрышных пород и угля на малых угольных разрезах, третий комплекс обусловлен высокими эксплуатационными расходами и применяется только на угольных разрезах с производственной мощностью от 3 до 14 млн.т/год и более.

На основе анализа существующих принципов комплексной механизации открытых горных работ, изменений в оборудовании и технологии для этих условий и с учетом специфики разработки участков с ограниченными запасами предлагается технологическая классификация комплексов оборудования (табл. 3). Прежде всего, в классификации предусмотрены комплексы по видам горных работ: разработка наносов, коренных пород и выемка угля. Наличие наносов на угольных месторождениях предполагает их разработку

самостоятельным комплексом с формированием в отдельный грузопоток. В классификацию добавлен процесс подготовки горной массы к выемке, что объясняется появлением новых машин для безвзрывной выемки пород: экскаваторов-мехлопат с активным ковшом (ЭКГ-5В), фрезерных машин (Wirtgen, KSM и др.). В технологическом комплексе предусмотрено оборудование для выполнения горных работ, связанных с уменьшением ущерба от изъятия земель, нарушенных открытыми горными выработками – отвалообразование в карьерной выемке, а также оборудование для горно-технической рекультивации.

Рациональная вместимость ковша выемочно-погрузочного оборудования ($E_i, \text{м}^3$) при отработке безугольной и угленасыщенной зоны малого карьерного поля определяется выражением:

$$E_i = \frac{V_i \cdot t_{\text{Ц.}i}}{60 \cdot K_{\text{Э}i} \cdot T_{\text{Ф}}}, \quad (10)$$

где V_i – годовые объёмы наносов, коренных пород в безугольной, угленасыщенной зоне и угля, м^3 ; $t_{\text{Ц.}i}$ – продолжительность цикла выемочно-погрузочного оборудования по видам работ (разработка наносов, коренных пород, угля), мин; $K_{\text{Э}i}$ – коэффициент экскавации, с учётом физико-технических свойств пород по зонам карьерного поля, ед.; $T_{\text{Ф}}$ – календарный фонд времени работы выемочно-погрузочного оборудования в году, час.

Для оперативного определения рациональной вместимости ковша выемочно-погрузочного оборудования в зависимости от годовых объемов горной массы по зонам карьерного поля составлены номограммы, которые показаны на рис. 10.

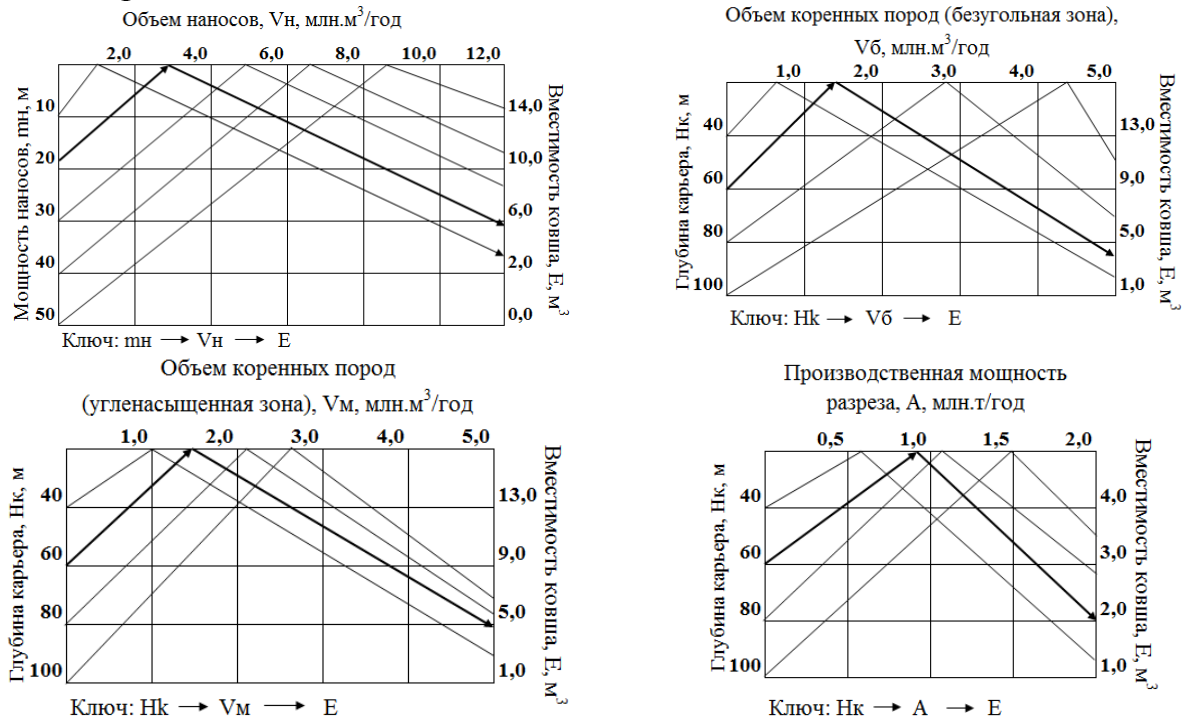


Рис. 10. Номограмма для определения рациональной вместимости ковша выемочно-погрузочного оборудования по видам горных работ

Таблица 3

Технологическая классификация комплексов оборудования для отработки зон малого карьерного поля

ВИД ГОРНЫХ РАБОТ ПО ЗОНАМ МАЛОГО КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ	ПОДГОТОВКА ПОРОД К ВЫЕМКЕ	ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫЕ РАБОТЫ	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	ОТВАЛООБРАЗОВАНИЕ (С КАРЬЕРНОЙ ВЫЕМКОЙ), СКЛАДИРОВАНИЕ УГЛЯ	ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ (СОВМЕЩЕННЫЕ СХЕМЫ)
Разработка наносов	НЕТ	Драглайны (шагающие и гусеничные), гидравлические экскаваторы (прямые и обратные лопаты), колёсные погрузчики	Карьерные автосамосвалы	Бульдозеры, драглайны	Бульдозеры
Разработка коренных пород: безугольная зона; угленасыщенная зона	Буровзрывной способ. Буровые станки шарошечного бурения	Экскаваторы электрические канатные, гидравлические (прямые и обратные), колёсные погрузчики	Карьерные автосамосвалы, конвейеры с забойными дробилками, комбинированный, автомобильно-конвейерный транспорт с промежуточной мобильной дробилкой	Бульдозеры, консольные отвалообразователи, драглайны	Бульдозеры, колёсные погрузчики, гидравлические экскаваторы (прямые и обратные лопаты), драглайны
	Безвзрывной способ	Экскаваторы с ковшом активного действия, фрезерные машины и др. спецтехника			
Разработка угля	Буровзрывной способ с применением буровых станков	Гидравлические экскаваторы (прямые и обратные лопаты), колёсные погрузчики	Углевозы	Бульдозеры, колёсные погрузчики, экскаваторы-погрузчики	НЕТ
	Безвзрывной способ	Экскаваторы с ковшом активного действия, фрезерные машины и др. спецтехника			

Получены зависимости вместимости ковша (E , м³) выемочно-погрузочного оборудования от горно-геологических условий и глубины карьерного поля (рис. 11 а-г).

Вместимость ковша возрастает: в 1,6–2 раза по степенной зависимости с увеличением мощности междупластья (в диапазоне 20–80 м); в 1,4–1,6 раза при изменении мощность наносов в диапазоне от 5 до 20 м.

Установлена степенная зависимость вместимости ковша (E , м³) от угла падения свиты угольных пластов (φ , град.) и мощности наносов (m_H , м) (рис. 11 а), которая определяется по выражению:

$$\begin{array}{ll} \text{наклонное падение} & \text{крутое падение} \\ E = (61,38 - 1,12 \cdot m_H) \cdot \varphi^{-0,73}, & E = (6,84 - 0,12 \cdot m_H) \cdot \varphi^{-0,145} \end{array} \quad (11)$$

Вместимость ковша имеет степенную зависимость от глубины карьерного поля по коренным породам ($H_{k.k}$, м) (рис. 11 б):

$$\begin{array}{ll} \text{наклонное падение} & \text{крутое падение} \\ E = 0,0314 \cdot H_{k.k}^{1,32}, & E = 0,0318 \cdot H_{k.k}^{1,4}. \end{array} \quad (12)$$

Вместимость ковша существенно зависит от параметров залежи и глубины карьерного поля: при наклонном залегании пластов вместимость ковша уменьшается по степенной зависимости в 1,6–1,8 раза; при крутом залегании пластов вместимость ковша уменьшается по линейной зависимости на 10–12 % (рис. 11 а-г). Установлена линейная зависимость вместимости ковша от мощности наносов и мощности свиты (рис. 11 в, г).

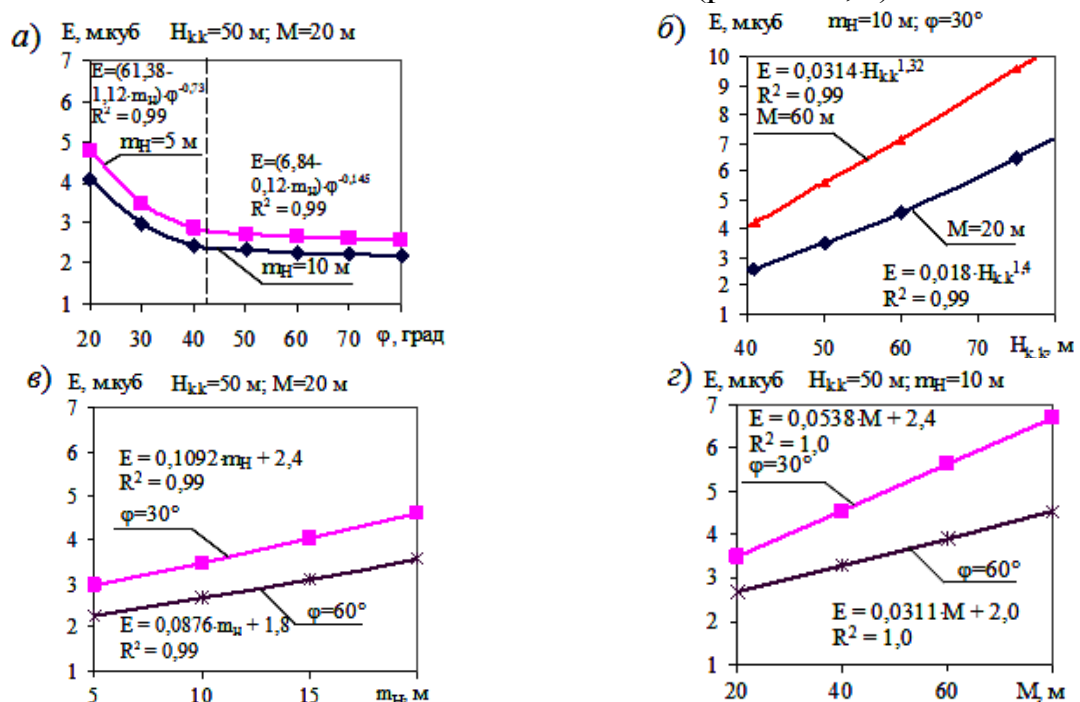


Рис. 11. Зависимость вместимости ковша (E) от: а – угла залегания свиты угольных пластов (φ), б – глубины карьерного поля по коренным породам ($H_{k.k}$), в – мощности наносов (m_H), г – мощности свиты (M)

Основными параметрами, определяющими эксплуатационную производительность выемочно-погрузочного оборудования являются: вместимость ковша, время цикла, коэффициент использования в смену.

Для определения эксплуатационной производительности выемочно-погрузочного оборудования (гидравлических экскаваторов, колесных погрузчиков) при разработке вскрышных пород с погрузкой в автотранспорт выполнены экспериментальные исследования по определению времени цикла (рис. 12 а-г), коэффициента наполнения ковша (K_H) (рис. 13 а, б) и коэффициента использования горного оборудования в смену ($K_{И}$).

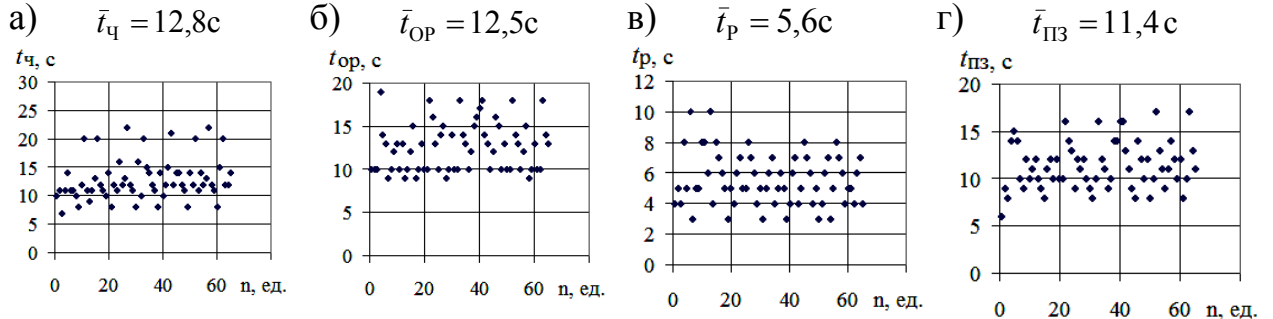


Рис. 12. Экспериментальные значения времени цикла: $t_ч$ – время черпания (а); $t_{ор}$ – время отъезда на разгрузку (б); время разгрузки породы в автотранспорт (в); время на подъезд к забою (г); n – количество измерений

Наполнение ковша колёсного погрузчика взорванной породой определяется, как сумма: геометрической вместимости ковша (E_{II}), объёма породы в «шапке» (V_{III}). Объём породы в «шапке» зависит от ширины ковша (B_K), высоты призмы породы в ковше (h , h_0), плотности укладки взорванной породы (ρ) и угла естественного откоса (α) (рис. 13 в, г).

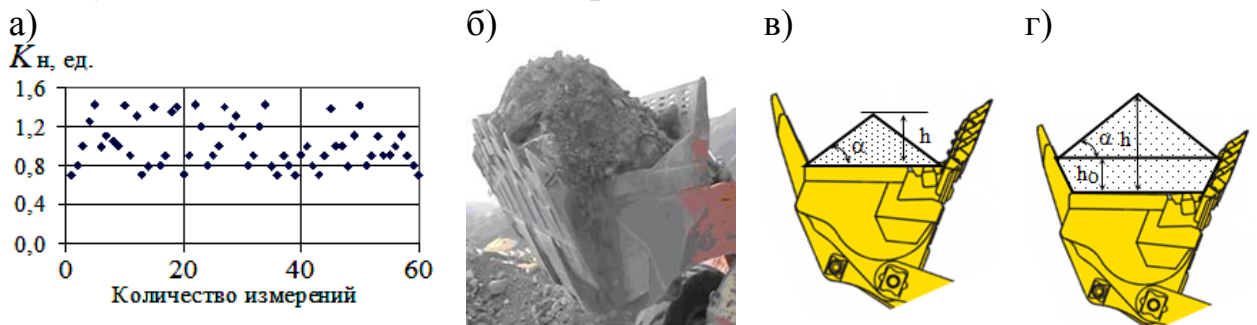


Рис. 13. Экспериментальные значения коэффициента наполнения ковша колесного погрузчика (а); фрагмент наполнения ковша породой (б); схемы наполнения ковша колёсного погрузчика породой с «шапкой» (в); при максимальном наполнении ковша с «шапкой» (г)

Коэффициент наполнения ковша (K_H) при погрузке породы колесными погрузчиками с вместимостью ковша $E=6,1-12,3$ м³ с погрузкой в автотранспорт составляет $K_H=1,1-1,37$ (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент наполнения ковша колёсного погрузчика
(по данным моделирования)

Вместимость ковша, м ³	Средний размер куска взорванной породы (d_{CP}), м							
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
6,1	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,18	1,14	1,11
9,4	1,32	1,31	1,29	1,26	1,24	1,21	1,18	1,14
12,3	1,37	1,36	1,34	1,31	1,29	1,26	1,23	1,19

Установлена зависимость коэффициент наполнения ковша выемочно-погрузочного оборудования (K_H) от ширины ковша (B_K) и среднего диаметра взорванной породы (d_{CP} , м), которая аппроксимируется с достоверностью ($R^2=0,95-0,96$) и определяется по выражению:

- для гидравлического экскаватора

$$K_H = 1,32 \cdot e^{[(-1,5 \cdot d_{CP}^{2,5})/E] \cdot \bar{\rho}}, \quad (13)$$

- для колесного погрузчика:

- при наполнении ковша с «шапкой»

$$K_H = 0,97 \cdot e^{[0,02 \cdot (B_K - 2,38) \cdot 0,207^{-1}]} \cdot e^{(-0,16 d_{CP})}, \quad (14)$$

- при максимальном наполнении ковша с «шапкой»

$$K_H = 1,18 \cdot e^{[0,02 \cdot (B_K - 2,38) \cdot 0,207^{-1}]} \cdot e^{(-0,19 \cdot d_{CP})}, \quad (15)$$

где B_K – ширина ковша колесного погрузчика, м; $\bar{\rho}$ – средняя плотность укладки породы в ковше, ед.; d_{CP} – средний диаметр куска взорванной породы, м.

Плотность укладки породы в ковше определялась через размер пустот между шарами в виде объёмных фигур с использованием компьютерной программы «Autodesk AutoCAD». Средняя плотность укладки породы в ковше ($\bar{\rho}$) определяется с достоверностью ($R^2=0,95$) по выражению:

$$\bar{\rho} = [1 - (0,01 \cdot e^{(2,16 \cdot E_{II}^{0,154} \cdot d_{CP})})] \cdot 0,496 \cdot e^{(0,007 \cdot x)}, \quad (16)$$

где x – количество частиц мелкой фракции ($d_{CP} < 0,2$ м) в ковше ($x=0-100$), %.

В комплексах оборудования циклического действия годовая производительность колесного погрузчика при разработке вскрышных пород с погрузкой в автомобильный транспорт определяется по выражению:

$$Q_{\Gamma} = \frac{3600 \cdot E_{II} \cdot K_H \cdot K_3}{\left(6,1 \cdot E_{II}^{0,33} \cdot d_{CP}^{0,25} + 3,6 \cdot \left[\frac{L_1 + L_R}{v_{ГР}} + \frac{L_1 + L_R}{v_{ПОР}} \right] + t_P \right) \cdot k_P} \cdot T_{СМ} \cdot K_{И} \cdot n_{СМ} \cdot N_{РД,Г} \quad (17)$$

где E_{II} – вместимость ковша, м³; K_H – коэффициент наполнения ковша; K_3 – коэффициент влияния параметров забоя; L_1 – расстояние от забоя до места подъезда автосамосвала по прямой, м; L_R – расстояние при движении колёсного погрузчика по траектории радиусом R ($L_R = \pi R n^{\circ} / 180$), м; n° – угол при повороте колёсного погрузчика на разгрузку, град.; $v_{ГР}$, $v_{ПОР}$ – скорость движения колёсного погрузчика соответственно в гружёном и порожнем направлении, км/ч.; t_P – время разгрузки ковша в автотранспорт, с; k_P – коэффициент разрыхления породы; $T_{СМ}$ – продолжительность смены, ч.; $k_{И}$ – коэффициент использования колёсного погрузчика в смену, ед.; $N_{РД,Г}$ – количество рабочих дней в году.

Годовая производительность гидравлических экскаваторов и колесных погрузчиков с вместимостью ковша соответственно 4,5–11,0 и 6,1–12,3 м³ при разработке вскрышных пород с погрузкой в автомобильный транспорт составляет 1,2–4,1 и 2,3–4,9 млн.м³.

Годовая эксплуатационная производительность гидравлических экскаваторов ($E=4,5-11,0 \text{ м}^3$) и колесных погрузчиков ($E=6,1-12,3 \text{ м}^3$) при разработке вскрышных пород с погрузкой в автомобильный транспорт увеличится на 5–27 %, за счет увеличения: коэффициента наполнения ковша ($K_H=1,1-1,34$ для гидравлического экскаватора), ($K_H=1,30-1,37$ для колесного погрузчика); коэффициента использования горного оборудования в смену (8 часовая смена) в зависимости от вида погрузки породы в автосамосвал БелАЗ (с площадки $K_H=0,78-0,88$; погрузка в автосамосвал Komatsu HD $K_H=0,83-0,92$).

В зависимости от количества выемочно-погрузочных машин возможно следующее их распределение по видам работ: разработка наносов (H), коренных пород в безугольной зоне (B), коренных пород междупластья в угленасыщенной зоне (M), угольных пластов (Y).

Количество выемочных машин, может быть установлено в зависимости от видов работ: одна машина на все виды работ (H, B, M, Y); две машины – по два вида работ на каждую машину (HB, MY), один вид работ на одну (H) и три вида работ на другую машину (B, M, Y); три машины – по каждому виду работ (H), (B) на одну машину, два вида работ на третью машину (M, Y); четыре машины выполняют по одному виду работ (H, B, M, Y).

С учётом анализа горно-геологических условий угольных месторождений, объёмов вскрышных пород по зонам малого карьерного поля (V_i) за весь период эксплуатации малого карьерного поля, количество выемочно-погрузочных комплексов оборудования (N_K) в зависимости от видов горных работ определяется по выражению:

$$N_K = V_i / Q_{\Gamma} \cdot T \cdot K_{O.TM}, \quad (18)$$

где Q_{Γ} – годовая производительность выемочно-погрузочного оборудования по видам работ, $\text{м}^3/\text{год}$; T – нормативный срок эксплуатации выемочного оборудования, лет; $K_{O.TM}$ – коэффициент, учитывающий организационно-технические мероприятия.

Количество технологических комплексов выемочно-погрузочного оборудования определяется в зависимости от годовых объёмов горной массы в зонах малого карьерного поля (V_i) и вместимости ковша ($E, \text{м}^3$) составит при разработке: наносов от 1 до 3 ед. ($E=3,0-14,0 \text{ м}^3$); коренных пород в безугольной зоне 1–2 ед. ($E=2,0-12,0 \text{ м}^3$); коренных пород в угленасыщенной зоне 1 ед. ($E=1,2-3,5 \text{ м}^3$); свит угольных пластов 1–4 ед. ($E=1,0-4,0 \text{ м}^3$).

В результате экономической оценки эффективности открытой разработки угольных месторождений малым карьерным полем установлено, что рентабельность угольного разреза (R) с применением комплексов циклического действия с вместимостью ковша от 2 до 14 м^3 уменьшается как с углублением открытых горных работ, так и с увеличением угла залегания угольных пластов. При глубине карьерного поля по коренным породам $H_{k.k}=40 \text{ м}$ рентабельность составит $R=58-116 \%$, при разработке свит угольных пластов выемочно-погрузочным оборудованием, с увеличением глубины карьера $H_{k.k}=50-100 \text{ м}$ рентабельность снижается до $R=106-2 \%$.

На основе полученных результатов сформулировано **третье научное положение.**

Структура комплексной механизации выбирается в соответствии с видами горных работ (разработка наносов, коренных пород и угля), способа подготовки пород к выемке (буровзрывной, безвзрывной), с применением выемочно-погрузочного оборудования (циклического действия), с рациональной вместимостью ковша, которая имеет степенную зависимость от глубины карьерного поля и угла падения свиты угольных пластов, обеспечивает повышение производительности гидравлических экскаваторов, колесных погрузчиков на 5–27 %, обусловленное маневренностью, мобильностью, коэффициентом наполнения ковша 1,1–1,37 и коэффициентом использования оборудования в смену 0,78–0,92.

В **пятой главе** обоснованы параметры землеёмкости и выполнена сравнительная экономическая оценка изъятия земельных ресурсов при открытой разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения малыми карьерными полями.

При решении задач перспективного развития открытых горных работ на первое место выдвигаются требования по снижению уровня отрицательного воздействия открытых горных выработок на экологию региона. Негативное влияние внешних отвалов на окружающую среду ставит задачу изыскания технологических, технических и организационных решений по этому вопросу как одну из важнейших проблем открытой разработки месторождений.

Одним из направлений решения этого вопроса является проектирование технологии разработки участков открытой угледобычи с учётом требований по снижению землеёмкости за счёт отвалообразования вскрышных пород во внутренних отвалах и в карьерных выемках смежных участков.

При проектировании новых участков открытой угледобычи необходимо, во-первых, выбрать горное и транспортное оборудование, обеспечивающее эффективность отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке. Во-вторых, необходимо обосновать объём вскрышных пород, время его складирования в карьерной выемке и определить затраты на отвалообразование и транспортирование породы.

При групповом расположении горных участков наименее землеёмким является способ отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка. Смежным участком называется карьерная выемка, оставшаяся от прежнего пользователя недр и находящаяся на расстоянии 2–4 км от участка открытой угледобычи (рис. 5).

На основе анализа расположения горных участков, внешних и внутренних отвалов систематизированы землесберегающие схемы размещения вскрышных пород при открытой разработке угольных месторождений (табл. 5).

Предлагаются следующие схемы размещения вскрышных пород: первая – базовый вариант, с постоянным внешним отвалом (табл. 5, схема 1),


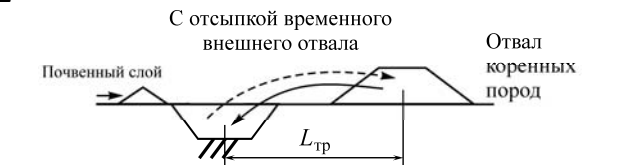


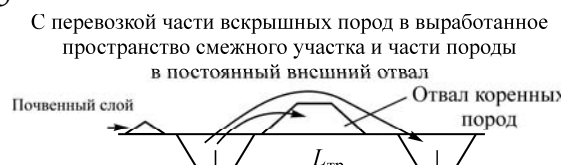
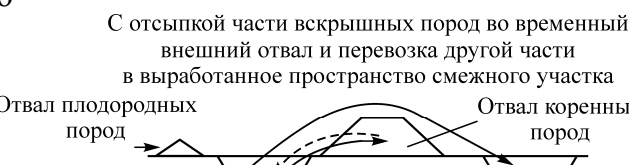
вторая с отсыпкой временного внешнего отвала (табл. 5, схема 2), третья с размещением отвалов в карьерной выемке смежного участка (табл. 5, схема 3), четвертая с отсыпкой временного внешнего отвала и оставлением части пород во внешнем отвале (табл. 5, схема 4), пятая и шестая с частичным размещением вскрышных пород во внешнем отвале и в карьерной выемке смежного участка (табл. 5, схема 5, 6).

Для снижения землеёмкости открытой угледобычи предлагаются следующие способы складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка: с продольным отвалообразованием вскрышных пород с применением драглайна и автомобильного транспорта (табл. 6, схема 1–3); с поперечным отвалообразованием вскрышных пород с применением бульдозера и автомобильного транспорта (табл. 6, схема 4–5).

Опыт эксплуатации горного оборудования на угольных разрезах Кузнецкого бассейна показал, что на отвалообразовании вскрышных пород используют экскаваторы драглайны с вместимостью ковша 6–13 м³ (86 %); 15–40 м³ (14 %), длиной стрелы 45–90 м и применение драглайнов обеспечивают минимальные удельные затраты отвальных работ 2,0–4,5 р./м³.

Таблица 5

Землесберегающие схемы размещения вскрышных пород при разработке угольных месторождений

<p>1</p> <p>Базовый вариант с постоянным внешним отвалом</p>  <p>Почвенный слой</p> <p>Отвал коренных пород</p> <p>$L_{тр}$</p>	<p>2</p> <p>С отсыпкой временного внешнего отвала</p>  <p>Почвенный слой</p> <p>Отвал коренных пород</p> <p>$L_{тр}$</p>
<p>3</p> <p>С размещением отвалов в выработанном пространстве (в карьерной выемке смежного участка)</p>  <p>Почвенный слой</p> <p>Отвал коренных пород</p> <p>$L_{тр}$</p>	<p>4</p> <p>С отсыпкой временного внешнего отвала и оставлением части пород во внешнем отвале</p>  <p>Почвенный слой</p> <p>Отвал коренных пород</p> <p>$L_{тр}$</p>
<p>5</p> <p>С перевозкой части вскрышных пород в выработанное пространство смежного участка и части породы в постоянный внешний отвал</p>  <p>Почвенный слой</p> <p>Отвал коренных пород</p> <p>$L_{тр}$</p>	<p>6</p> <p>С отсыпкой части вскрышных пород во временный внешний отвал и перевозка другой части в выработанное пространство смежного участка</p>  <p>Отвал плодородных пород</p> <p>Отвал коренных пород</p> <p>$L_{тр}$</p>

Примечание. $L_{тр}$ – расстояние от карьерного поля до внешнего отвала и карьерной выемки смежного участка, км.

Для складирования вскрышных в карьерной выемке смежного участка принят экскаватор ЭШ-10.70 (вместимость ковша 10 м³) и автосамосвал БелАЗ (грузоподъемностью 75 т) с учетом рационального соотношения (Va/E) и расстояний транспортирования 2–4 км.

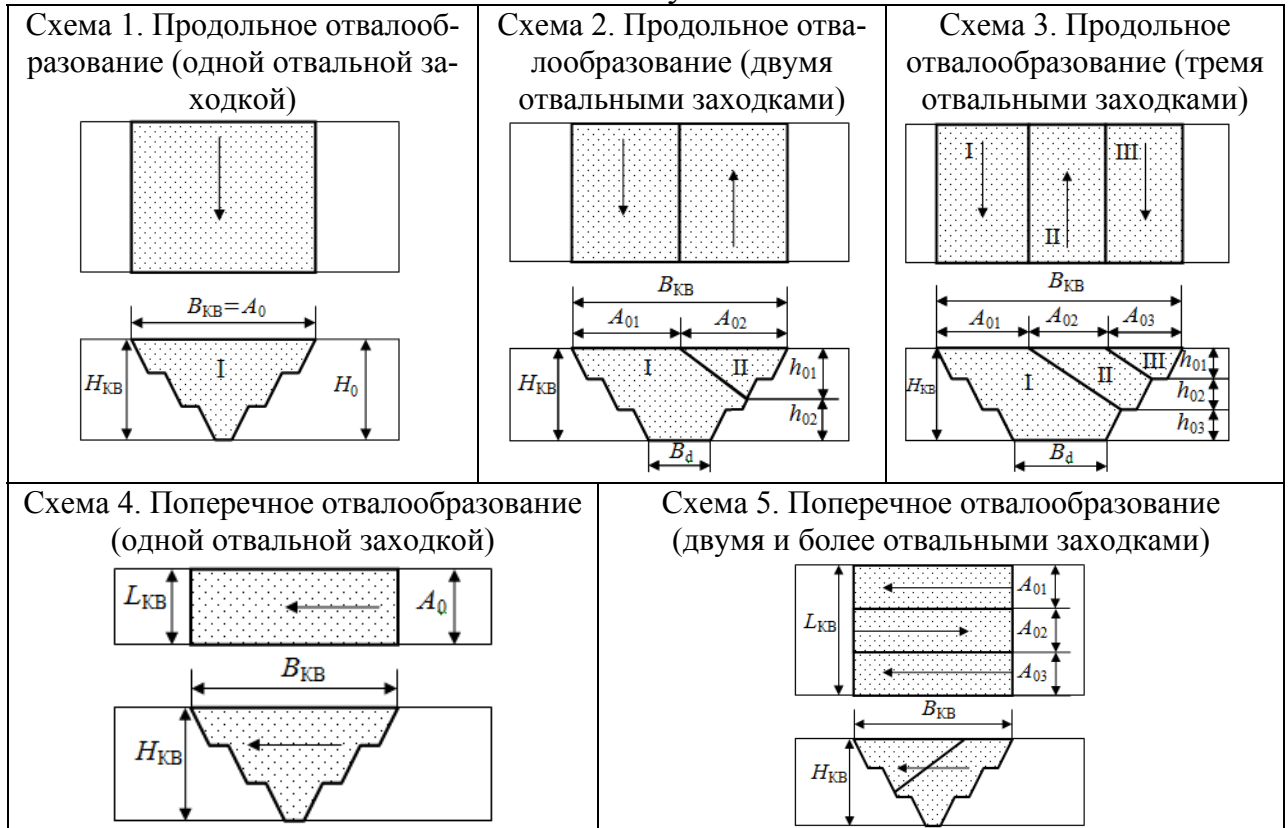
Разработаны технологические схемы отвалообразования с размещением вскрышных пород драглайном в карьерной выемке глубиной 30–70 м и

более 70 м, при создании скользящего съезда и пионерной насыпи (рис. 14 а-д).

Рабочие параметры экскаватора-драглайна ЭШ-10.70 (длина стрелы – 70 м, радиус черпания и разгрузки – 66,5 м) обеспечивают складирование вскрышных пород отвальными заходками шириной до 133 м, с минимальным количеством заходов (1–3), на глубину карьера от 30 до 70 м, что взаимосвязано с параметрами карьерной выемки.

Таблица 6

Схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка



В таблице 6 приняты обозначения: стрелками показаны направления перемещения драглайна; I, II, III – количество отвальных заходов; H_{KB} – глубина карьерной выемки, м; H_0 – высота отвала, м.; $A_0, A_{01}, A_{02}, A_{03}$ – ширина отвальной заходки соответственно одной, 1, 2, 3, м.

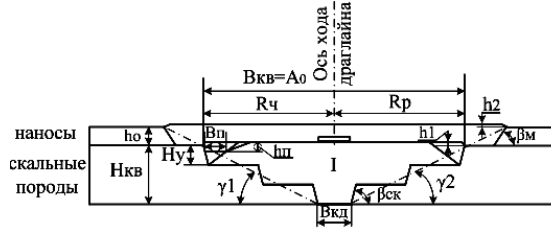
Технология складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка заключается в следующем.

Вскрышные породы складированы в карьерную выемку смежного участка экскаватором драглайном одной продольной заходкой на полную её глубину. Первоначально бульдозер создаёт скользящий съезд и пионерную насыпь для установки на ней экскаватора драглайна (рис. 14 а). Драглайн создаёт приёмную яму (глубиной до 5 м) для разгрузки вскрышной породы автосамосвалами. Основным условием эффективной работы драглайна является то, что он должен находиться на устойчивом основании.

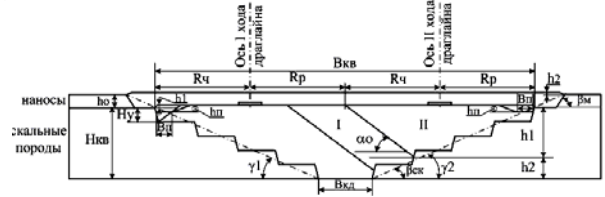
Далее драглайн черпает породу из приёмной ямы и складировывает её одной продольной отвальной заходкой ($B_{KB}=A_0$) на полную глубину карьерной выемки (рис. 14 а). Перемещение драглайна осуществляется вдоль фронта

отвальных работ до торца карьерной выемки. Вскрышные породы укладываются в карьерную выемку с учётом осадки слоя пород (h_1 , h_2) на величину 1,5–3,0 м. После завершения засыпки карьерной выемки складироваются мягкие породы мощностью h_0 .

а) одной продольной заходкой

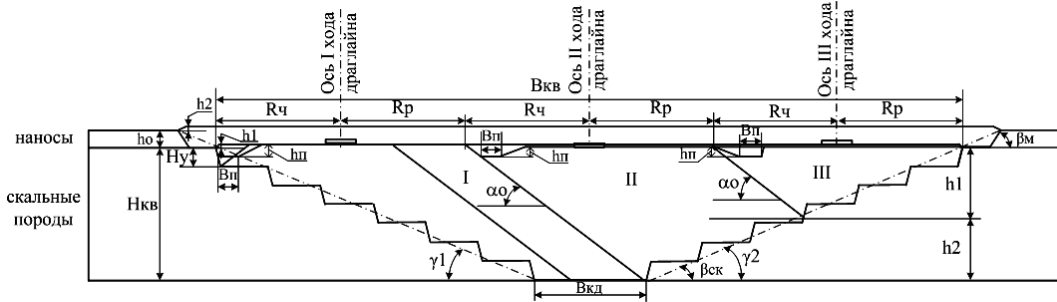


б) двумя продольными заходками



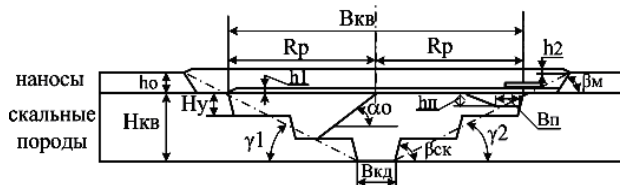
в)

трима заходками



г)

поперечной заходкой



д)

бульдозерное отвалообразование

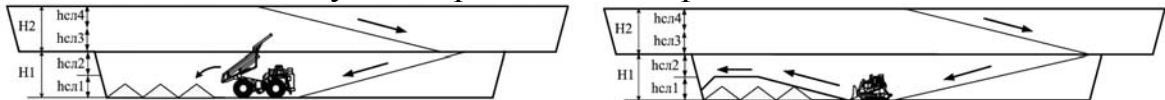


Рис. 14. Технологические схемы отвалообразования с применением автомобильного транспорта: а, б, в – продольной заходкой с драглайном; г – поперечной заходкой с драглайном; д – с бульдозером

С увеличением глубины карьерной выемки свыше 70 м используется схема послойной засыпки породы с применением бульдозера и автомобильного транспорта с послойным заполнением карьерной выемки, это обеспечивающую устойчивость бортов карьерной выемки (рис. 14 д).

В качестве показателя оценки размещения вскрышных пород приняты коэффициенты, учитывающие использование вскрышных пород в карьерной выемке ($K_{КВ}$) и во внешнем отвале ($K_{ВН}$), которые потребуются для определения средней землеёмкости извлечения угля.

Коэффициент, учитывающий размещение вскрышных пород в карьерной выемке:

$$K_{КВ} = 1 - (V_{ВН} / V_{В}). \quad (19)$$

Коэффициент, учитывающий размещение вскрышных пород во внешнем отвале:

$$K_{ВН} = 1 - (V_{КВ} / V_{В}), \quad (20)$$

где $V_{КВ}$, $V_{ВН}$ – объём вскрышных пород, размещаемый соответственно в карьерной выемке и во внешнем отвале, $м^3$; V_B – объём вскрышных пород за весь срок эксплуатации угольного разреза (участка), $м^3$.

Установлены выражения (ф. 21–23) для определения объемов вскрышных пород (V , $м^3$), складываемых в карьерной выемке в зависимости от количества отвальных заходок, рабочих параметров драглайна и параметров карьерной выемки, которое имеет вид:

- одной продольной заходкой

$$V_1 = (R_{\text{ч}} + R_{\text{р}}) \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}} \cdot k^{-1} / K_{\text{р}}, \quad (21)$$

где $R_{\text{ч}}$, $R_{\text{р}}$ – радиус черпания и разгрузки экскаватора драглайна, м; $H_{\text{КВ}}$ – глубина карьерной выемки ($H_{\text{КВ}}=30-70$ м), м; $L_{\text{КВ}}$ – длина карьерной выемки ($L_{\text{КВ}}=200-1000$), м; k – коэффициент, учитывающий размер карьерной выемки (табл. 7); $K_{\text{р}}$ – коэффициент, учитывающий остаточное разрыхление породы в отвале ($K_{\text{р}}=1,06-1,15$);

- двумя продольными заходками

$$V_2 = \sum_{i=1}^{N=2} V_i = (A_1 \cdot 0,7 \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}} + 0,5 \cdot A_2 \cdot 0,7 \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}}) \cdot k^{-1} / K_{\text{р}}, \quad (22)$$

где V_{0i} – объём 1, 2 отвальной заходки, $м^3$; A_{01} , A_{02} – ширина первой и второй отвальной заходки, м; $H_{\text{КВ}}$ – глубина карьерной выемки ($H_{\text{КВ}}=50$ м), м;

- тремя продольными заходками

$$V_3 = \sum_{i=1}^{N=3} V_i = (A_1 \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}} + A_2 \cdot 0,54 \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}} + 0,5 \cdot A_2 \cdot 0,45 \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}} + 0,5 \cdot A_3 \cdot 0,54 \cdot H_{\text{КВ}} \cdot L_{\text{КВ}}) \cdot k^{-1} / K_{\text{р}} \quad (23)$$

где V_{0i} – объём 1, 2, 3 отвальной заходки, $м^3$; A_{01} , A_{02} , A_{03} – ширина первой, второй и третьей отвальной заходки, м; $H_{\text{КВ}}$ – глубина карьерной выемки ($H_{\text{КВ}}=70$ м), м.

Время складирования вскрышных пород в карьерной выемке глубиной $H_{\text{КВ}}=30$ м и длиной до $L_{\text{КВ}}=500$ м составит не более 1 года. С увеличением глубины карьерной выемки ($H_{\text{КВ}}=50-70$ м) время складирования составит соответственно 2,1 и 4,5 года (табл. 7).

Таблица 7

Параметры и показатели отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка

Наименование	Глубина карьерной выемки ($H_{\text{КВ}}$), м		
	30	50	70
Длина карьерной выемки ($L_{\text{КВ}}$), км.	0,2-0,5	0,5-1,0	0,5-1,0
Коэффициент, учитывающий размер карьерной выемки, k	1,94-1,79	0,98-0,93	1,24-1,11
Объём вскрышных пород (V), млн. $м^3$	0,41-1,11	3,56-7,55	7,68-17,06
Время складирования вскрышных пород ($T_{\text{СК}}$), лет	0,24-0,66	2,10-4,46	4,53-10,07

Суммарные удельные затраты (C , р./ $м^3$) на отвалообразование и транспортирование вскрышных пород с размещением в карьерной выемке снижаются на 1,1–1,8 раза в сравнении с внешним отвалом, расположенным на расстоянии 0,1–7,0 км от карьера (табл. 8).

Разработанная программа расчета «Параметры земельных ресурсов при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения» позволит оценить среднюю землеёмкость извлечения угля при открытой разработке месторождения.

Таблица 8

Технико-экономическая оценка отвалообразования вскрышных пород при групповом расположении угольных разрезов

Наименование	Отвалообразование				
	Внешний отвал		Карьерная выемка		
Длина стационарных дорог, км.	0,10	7,00	0,10	2,00	0,10*
Расстояние транспортирования, км.	3,39	10,29	2,90	4,80	4,36
Производительность автосамосвала, м ³ /см	491,4	303,8	545,2	459,8	353,9
Затраты на автотранспортирование, р./м ³	32,39	52,39	29,19	34,61	44,97
Суммарные удельные затраты, р./м ³	36,07	56,07	33,23	38,64	49,00

Примечание. Суммарные затраты по технологии рассчитаны при глубине карьерной выемки 70 м, * разгрузка вскрышных пород, осуществляется с дна карьерной выемки.

В результате предложенного способа складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка, с применением драглайна, автомобильного транспорта и сравнительной технико-экономической оценке затрат на отвалообразование и транспортирование сформулировано **четвертое научное положение.**

Технология землесберегающего отвалообразования целесообразна при групповом, периферийном расположении карьерных полей, с последовательным размещением вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка драглайном, на полную глубину одним ярусом (до 70 м) продольными, поперечными отвальными заходками, в зависимости объема складироваемых пород от размера карьерной выемки (длины и глубины), с учетом радиуса черпания, разгрузки драглайна, обеспечивает уменьшение дальности транспортирования породы на отвале (в карьерной выемке) по сравнению с внешним отвалом в 1,1–1,8 раза, снижение суммарных удельных затрат на отвалообразование на 9–44 % и восстановление нарушенных земельных ресурсов открытыми горными работами.

В **шестой главе** обоснованы показатели землеёмкости и экономической эффективности изъятия земельных ресурсов при открытой разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения.

Повышение экономической эффективности разработки карьерных полей при соблюдении минимального уровня экологического воздействия на окружающую среду должно обеспечиваться при рекультивации нарушенных земель и возвращением их в хозяйственный оборот в минимальные сроки.

Показателями землеёмкости при оценке изъятия земельных ресурсов являются: площадь горного отвала, площадь карьерной выемки, площадь основания внешнего отвала, объем вскрышных пород, место складирования вскрышных пород, запасы угля и время изъятия земель.

Основным критерием, обеспечивающим оценку эффективности земле-сберегающего отвалообразования являются удельные затраты (р./м³) на изъятие земельных ресурсов (горного отвода, карьерной выемки, внешнего отвала) с учетом затрат на разработку вскрышных пород.

В общем виде экономическая оценка изъятия земельных ресурсов с учётом затрат на открытую разработку месторождений (р./м³) определяется выражением:

- с карьерной выемкой смежного участка

$$\sum_{i=1}^T C_K = C_{ГО} + C_{из.к} + C_{КВ}, \quad (24)$$

- с внешним отвалом

$$\sum_{i=1}^T C_{ВН} = C_{ГО} + C_{из.в} + C_{В}, \quad (25)$$

где $C_{ГО}$ – затраты на изъятие земли горного отвода, р./м³; $C_{из.к}$, $C_{из.в}$ – затраты на изъятие земли с отвалообразованием вскрышных пород соответственно в карьерной выемке и во внешнем отвале, р./м³; $C_{КВ}$, $C_{В}$ – затраты на разработку 1 м³ вскрышных пород с отвалообразованием соответственно в карьерной выемке и во внешнем отвале, р./м³; T – время изъятия земель, лет.

Для оценки изъятия земельных ресурсов при открытой угледобычи разработана модель технико-экономической эффективности отработки свит угольных пластов наклонного и крутого падения малыми карьерными полями с отвалообразованием вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка и (или) во внешнем отвале (рис. 15).

Основными факторами, определяющие выбор места отвалообразования пород в карьерной выемке смежного участка являются: необходимость восстановления экологической системы в угледобывающих регионах РФ, запрещение размещения отвалов на площадях месторождений, подлежащих отработке открытым способом, групповое и периферийное расположение карьерных полей, сконцентрированных на небольшой территории, особый правовой режим использования земель, которые использованы при оценке эффективности отработки свит угольных пластов (рис. 15).

Для оценки эффективности земельных ресурсов при добыче полезных ископаемых открытым способом установлен показатель технологической удельной землеёмкости (га/млн.т), определяемый выражением:

$$З = \left(\sum_{i=1}^T S_{ГО} + \sum_{i=1}^T K_{ВН} \cdot V_{В} \cdot K_{РО} / \left(\sum_{n=1}^i H_{О} \cdot \eta_i \right) \right) \cdot K_{К} / (Q \cdot 10^{-6}), \quad (26)$$

где $S_{ГО}$ – площадь горного отвода, м²; T – время изъятия земель, лет; $K_{ВН}$ – коэффициент, учитывающий использование вскрышных пород во внешнем отвале (с карьерной выемкой смежного участка $K_{ВН}=0$); $V_{В}$ – объём вскрышных пород складированный в отвале за весь срок эксплуатации угольного разреза (участка), м³; $K_{РО}$ – остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале; $H_{О}$ – высота отвала, м.; η_i – коэффициент, учитывающий за-

полнение площади i -м ярусом; K_K – коэффициент, учитывающий долю земель, нарушенных общекарьерными коммуникациями и сооружениями ($K_K=1,05-1,15$); Q – промышленные запасы угля в малом карьерном поле, млн.т.

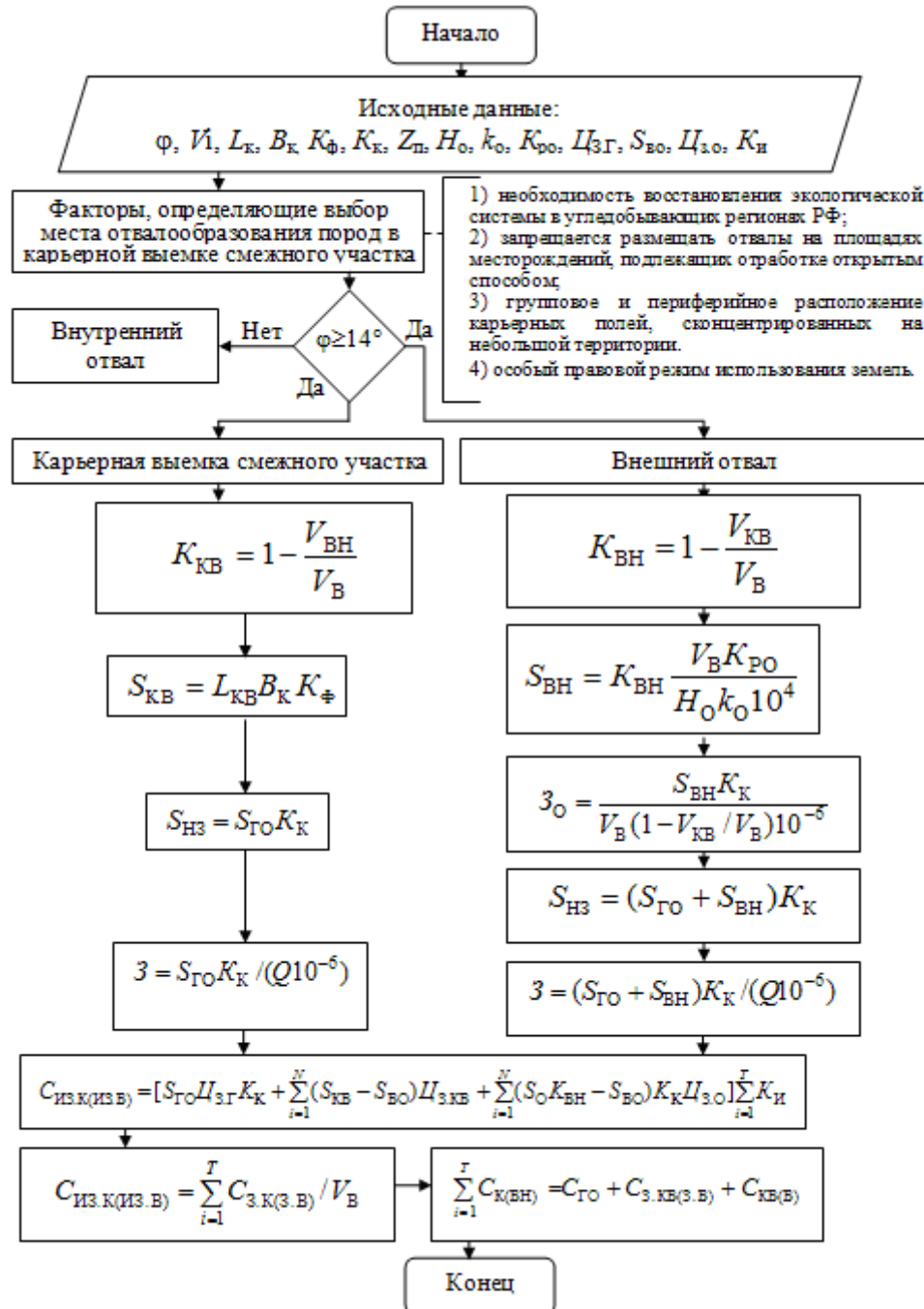


Рис. 15. Модель оценки технико-экономической эффективности обработки свит угольных пластов наклонного и крутого падения малыми карьерными полями

Затраты (p) на изъятие земельных ресурсов, нарушенных открытыми горными выработками (карьерным полем, внешним отвалом и (или) карьерной выемкой смежного участка, определяются выражением:

$$C_{\text{из.к(из.в)}} = [S_{\text{го}} \Pi_{\text{з.г}} K_K + \sum_{i=1}^N (S_{\text{кв}} - S_{\text{во}}) \Pi_{\text{з.кв}} + \sum_{i=1}^N (S_{\text{о}} K_{\text{вн}} - S_{\text{во}}) K_K \Pi_{\text{з.о}}] \sum_{i=1}^T K_{\text{и}}, \quad (27)$$

где $S_{ГО}$ – площадь горного отвала, m^2 ; $Ц_{з.Г}$ – размер арендной платы за земли земельные участки, предназначенные для разработки полезных ископаемых (открытой разработки угля) ($Ц_{з.Г}=28,40$ р./ m^2); K_K – доля земель нарушенная общекарьерными коммуникациями и сооружениями ($K_K=1,15$); $S_{КВ}$ – площадь карьерной выемки, m^2 ; $S_{ВО}$ – площадь возвращенной рекультивированной части внешнего отвала, m^2 ; S_O – площадь основания внешнего отвала, m^2 ; $Ц_{з.КВ}$ – размер арендной платы за нарушенные земли (за земельные участки, перешедшие от прежних пользователей недр, нарушенные горными работами) ($Ц_{з.КВ}=2,78$ р./ m^2); $Ц_{з.О}$ – базовый размер арендной платы за земли открытых горных выработок ($Ц_{з.О}=24,40$ р./ m^2); $K_{ВН}$ – коэффициент, учитывающий размещение вскрышных пород во внешнем отвале; $K_{И}$ – коэффициент, учитывающий уровень инфляции на каждый год ($K_{И}=1,055$).

Установлена удельная землеёмкость извлечения угля при открытой разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения, которая в зависимости от глубины карьерного поля и угла падения свит угольных пластов составляет при размещении вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка 24,2–11,7 га/млн.т, во внешнем трехъярусном отвале 40,8–26,0 га/млн.т. При открытой разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения с размещением вскрышных пород во внешнем отвале получены оптимальные значения средней землеёмкости извлечения угля, которые составляют 35,0 и 25,7 га/млн.т при глубине карьерного поля соответственно 60 и 80 м (рис. 16 а).

В результате сравнительной экономической оценки отвалообразования, получены затраты при размещении вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка, которые имеют значения 0,61–2,25 млн.р., с внешним отвалом составят 3,85–28,31 млн.р. (рис. 16 б).

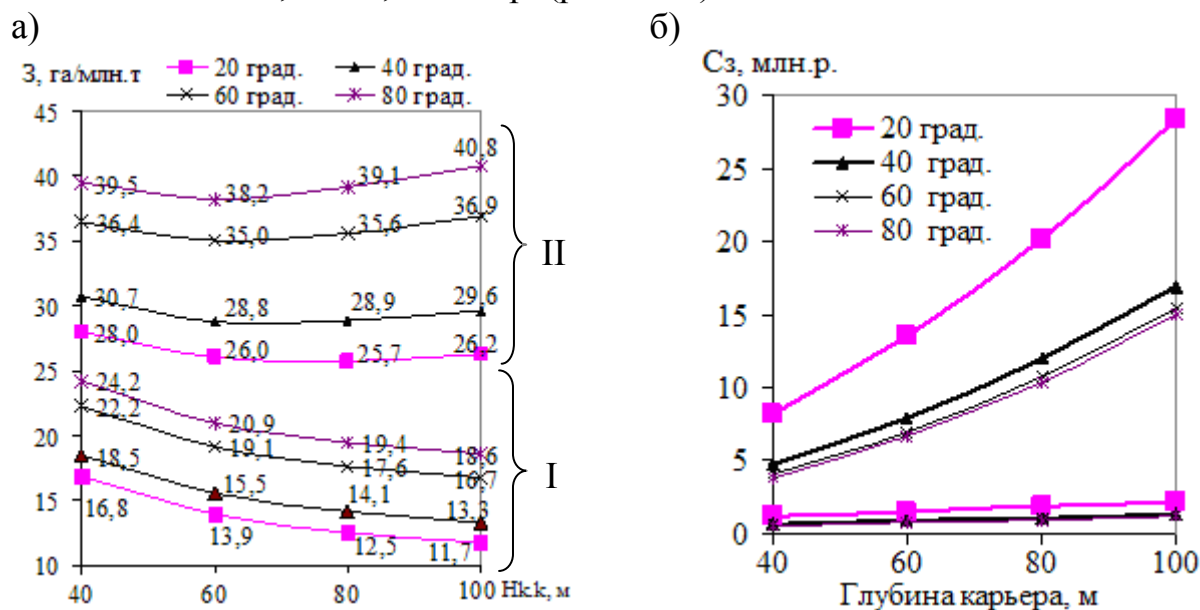


Рис. 16. Зависимость: а – землеёмкости извлечения угля (Z) от глубины малого карьерного поля ($H_{k,k}$) и угла падения свиты угольных пластов (град.), I – с карьерной выемкой смежного участка, II – с внешним отвалом; б – стоимостных затрат (C_z) на изъятие земли для отвалообразования от глубины малого карьерного поля

При построении зависимости землеёмкости извлечения угля (3, га/млн.т) от глубины малого карьерного поля ($H_{k,k}$) и угла падения свиты угольных пластов (рис. 16 а), использован метод определения объемов горной массы в границах малого карьерного поля, изложенный в третьей главе.

При разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения экономический эффект от изъятия нарушенных земель с отвалообразованием вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка составил соответственно: 6,96–26,06 млн.р. и 3,24–15,55 млн.р.

Выполненные расчеты по обоснованию показателей и экономической эффективности изъятия земельных ресурсов позволили сформулировать **пятое научное положение.**

Эффективность землесберегающего отвалообразования при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения зависит от места складирования вскрышных пород (в карьерной выемке смежного участка, во внешнем отвале), площади изъятия земельных ресурсов, времени складирования породы и обусловлена снижением на 44–61 % средней землеёмкости извлечения угля в зависимости от глубины карьерного поля (40–100 м) и сокращением стоимостных затрат на изъятие земли для отвалообразования (в карьерной выемке) по сравнению с внешним отвалом в 5–11 раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой предложены актуальные технологические решения по обоснованию эффективной, экономически и экологически целесообразной разработки угольных месторождений малыми карьерными полями, включающие: классификационные признаки малых карьерных полей, определение объёмов горной массы в их границах с учетом изменения рельефа земной поверхности, определение рациональных параметров комплексов горного оборудования циклического действия, обоснование параметров землесберегающего способа отвалообразования с последовательным размещением вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка, позволяющие повысить эффективность открытого способа разработки с восстановлением нарушенных земельных ресурсов угольных регионов Российской Федерации.

Основные научные и практические результаты, выводы и рекомендации состоят в следующем:

1. Увеличение объемов открытой добычи угля в Российской Федерации обеспечивается за счет прироста мощности действующих разрезов и ввода в эксплуатацию разрезов малой производственной мощности, количество которых ежегодно увеличивается и, следовательно, потребуется изъятие дополнительных площадей для размещения вскрышных пород во внешних отвалах, которое окажет негативное воздействие на окружающую среду. Использование землесберегающей технологии отвалообразования с размещением вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (прежнего пользователя недр) при групповом расположении участков, позволит снизить зем-

леемкость открытой угледобычи и восстановить нарушенные земельные ресурсы.

2. Установлено, что месторождения с крутым и наклонным залеганием пластов с промышленными запасами угля до 50 млн. т, ограниченной длины участка (до 2 км) характеризуются групповым расположением малых карьерных полей, отсутствием технологических условий внутреннего отвалообразования в собственном выработанном пространстве и повышением угленосности с уменьшением общей мощности свиты пластов.

3. Предложено определение «*малый угольный разрез*» – угольный разрез малой производственной мощности (до 1,5 млн.т/г), позволяющее уточнить критерии оценки параметров и показателей угледобывающих предприятий при открытом способом.

Установлены классификационные признаки малых карьерных полей (геологические, геометрические и технологические) при открытой разработке угольных месторождений, позволяющие дополнить критерии оценки открытого способа разработки.

4. Разработан метод определения объёмов горной массы в границах малого карьерного поля, позволяющий учитывать изменение наклона рельефа земной поверхности. Установлено, что доля наносов от всего объёма горной массы в малом карьерном поле составляет от 8 до 58 %. При наклоне рельефа земной поверхности на 10° объёмов вскрыши в безугольной зоне на 5–46 % (при несогласном рельефе) и уменьшает на 3–62 % (при согласном рельефе) при глубине карьера 100 м.

5. Для открытой разработки угольных месторождений малыми карьерными полями разработана технологическая классификация комплексов оборудования цикличного действия, позволяющая выбрать комплекс для разработки вскрышных пород и угля (по зонам) в зависимости от способа подготовки горных пород (буровзрывной, безвзрывной) и использовать его при на землесберегающем отвалообразованиями и горно-технической рекультивации.

Разработаны рекомендации по комплектованию выемочно-погрузочного оборудования, с учётом совмещения вскрышных и добычных работ минимальным количеством комплексов (от одной до четырех машин).

Установлено, что с увеличением угла залегания наклонных пластов вместимость ковша уменьшается по степенной зависимости в 1,6–1,8 раза; при крутом залегании вместимость ковша уменьшается по линейной зависимости на 10–12 %; существенно (в 1,6–2 раза) по линейной зависимости возрастает вместимость ковша с увеличением мощности междупластья (в диапазоне 20–80 м); мощность наносов увеличивает (в 1,4–1,6 раза) вместимость ковша при изменении ее в диапазоне от 5 до 20 м.

6. Разработана методика определения технико-экономической эффективности открытой разработки угольных месторождений малыми карьерными полями с применением выемочно-погрузочного комплекса и автомобильного транспорта. При глубине карьерного поля по коренным породам $H_{k,k}=40$ м рентабельность составит $R=58–116$ %, при разработке свит угольных пла-

стов выемочно-погрузочным оборудованием, с увеличением глубины карьера $H_{k,k}=50-100$ м рентабельность снижается до $R=106-2$ %.

7. Разработаны способы складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (прежнего пользователя недр) с земной поверхности, с дна карьерной выемки в восходящем порядке (послойно) с применением драглайна, бульдозера и автомобильного транспорта.

8. Предложено определение «*смежный участок*» – карьерная выемка, оставшаяся от прежнего пользователя недр и находящаяся на небольшом расстоянии (до 2,0 км) от участка открытой угледобычи.

9. Разработаны технологические схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка глубиной от 30 до 70 м.

Установлена зависимость объема складированных пород от размера карьерной выемки (длины и глубины), с учетом радиуса черпания, разгрузки драглайна, обеспечивает уменьшение дальности транспортирования породы на отвале (в карьерной выемке) по сравнению с внешним отвалом в 1,1–1,8 раза, снижение суммарных удельных затрат на отвалообразование на 9–44 % и восстановление нарушенных земельных ресурсов открытыми горными работами.

Установлена зависимость средней землеемкости извлечения угля от глубины карьерного поля (40–100 м), угла падения свиты угольных пластов (наклонное и крутое падение) обеспечивает снижение землеемкости извлечения угля на 44–61 % и стоимостных затрат на изъятия земли для отвалообразования (в карьерной выемке) по сравнению с внешним отвалом в 5–11 раз.

10. Экономический эффект от внедрения рекомендаций по обоснованию параметров карьерных полей при разработке угольных месторождений с учётом снижения интенсивности изъятия земель (Проект отработки запасов участка открытых горных работ «Караканский Западный» ЗАО «Шахта Беловская») в ценах 2013 г. составил 5,3 млн.р./год.

Использование рекомендаций по обоснованию параметров технологии отвалообразования вскрышных пород в карьерных выемках (ОАО «Угольная Компания «Кузбассразрезуголь» 2018 г), позволяет повысить эффективность открытой угледобычи и снизить землеемкость извлечения угля (га/млн.т) до 2,2 раза.

Основные научные результаты диссертации опубликованы

Монографии

1. Курехин, Е.В. Открыто-подземная разработка месторождений полезных ископаемых / Е.В. Курехин, А.С. Ташкинов, А.И. Корякин; Мин-во образования и науки РФ, Кузбасский гос. техн. ун-т. Имени Т.Ф. Горбачева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. - 184 с.

Патент на изобретение

2. Патент на изобретение № 2652038. Способ отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке. Приоритет изобретения 04.04.2017 г. Дата государственной регистрации 24.04.2018 г.

Статьи в научных периодических изданиях из перечня ВАК

3. Курехин, Е.В. Перспективы малых разрезов в Кузнецком бассейне // Вестник КузГТУ. - 2008. - № 2. - с. 17-23.

4. Курехин, Е.В. Оценка производственных мощностей разрезов при разработке перспективных угольных месторождений Кузбасса // Вестник КузГТУ. - 2008. - № 6. - с. 9-14.

5. Курехин, Е.В. Перспективы применения экскаваторов-мехлопат с ковшом активного действия // Вестник КузГТУ. - 2000. - № 3. - с. 47-49.

6. Курехин, Е.В. Применение экскаваторов-мехлопат зарубежного производства (РН-2300, РН-2800) на угольных разрезах Кузбасса // Вестник КузГТУ. - 2007. - № 5. - с. 26 - 28.

7. Курехин, Е.В. Применение циклично-поточной технологии на угольных разрезах, Кузбасса // Вестник КузГТУ. - 2007. - № 5. - с. 29-30.

8. Курехин Е.В. Выемка маломощных пластов гидравлическими экскаваторами зарубежного производства // Вестник КузГТУ. - 2008. - № 3. - с.3-5.

9. Курехин, Е.В. К вопросу комплектации выемочно-погрузочного оборудования при отработке разрезов малой и средней мощности // Вестник КузГТУ. - 2009. - № 3. - с. 17-24.

10. Курехин, Е.В. Влияние параметров залегания угольных пластов на вместимость ковша экскаватора при разработке перспективных месторождений Кузбасса малыми разрезами // Вестник КузГТУ. - 2011. - № 1. - с. 12-19.

11. Курехин, Е.В. Область и границы применения экскаваторно-автомобильно-отвальных комплексов для разработки малых угольных разрезов // Вестник КузГТУ. - 2011. - № 1. - с. 20-26.

12. Курехин, Е.В. Технологическая классификация комплексов оборудования для разработки угольных залежей с учётом экологических требований / Е.В. Курехин, А.С. Ташкинов, А.А. Сысоев // Вестник КузГТУ. - 2013. - № 1. - с. 44-48.

13. Курехин, Е.В. Обоснование технологических комплексов оборудования для разработки угольных разрезов малой производственной мощности с учётом показателей эффективности использования земельных ресурсов // ФТПРПИ. - 2015. - № 5. - с. 35-42.

14. Курехин, Е.В. Обоснование технологии разработки угольных месторождений с применением выемочно-погрузочных комплексов и автомобильного транспорта для разрезов малой производственной мощности // Открытые горные работы в XXI веке – 1 (материалы по II международной научно-практической конференции): Горный информационно-аналитический

бюллетень (научно-технический журнал) Mining Informational and analytical Bulletin scientific and technical journal . – 2015. – № 10 (специальный выпуск №45-1). – с. 502-518.

15. Курехин, Е.В. Обоснование технологии отвалообразования вскрышных пород драглайном в карьерной выемке смежного участка // Открытые горные работы в XXI веке – 1 (материалы по II международной научно-практической конференции): Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining Informational and analytical Bulletin scientific and technical journal . – 2015. – № 10 (специальный выпуск №45-1). – с. 519-535.

16. Курехин, Е.В. Технологические схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск. – 2017. № 5 с. 67-82.

Другие научные издания, материалы конференций

17. Курехин, Е.В. Границы применения монотехнологии для разработки малых разрезов // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды международной научно-практической конференции – Кемерово: ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, ИУУ СО РАН, КузГТУ, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь». - 2009. - с. 284-288.

18. Курехин, Е.В. К вопросу проектирования технологических схем добычных работ при разработке свит угольных пластов в Кузбассе малыми и средними разрезами // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительство и энергетики» - 5-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции: ТулГУ, Тула. – 2009. - Т1. - с. 177-184.

19. Курехин, Е.В. К вопросу комплектации выемочно-погрузочного оборудования для разработки наклонных и крутых угольных месторождений малыми разрезами // Образование, наука, инновации. Материалы I Региональной научно-практ. конф. Междуреченск, 28 апреля 2010 г.: изд-во филиала ГУ КузГТУ. – 2010. - с. 85-93.

20. Курехин, Е.В. Моделирование производственной мощности малых разрезов при разработке перспективных угольных месторождений Кузбасса // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Материалы международной конференции, посвященной 80-летию основания в Томском по 1-й в азиатской части России кафедры разведочное дело. – Томск. Изд. ТПУ. – 2010. - с. 474-476.

21. Курехин, Е.В. Технология выемки крутопадающих пластов обратной гидравлической лопатой продольными и поперечными заходками // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Вып.8 : материалы 8-й Международной научн.-техн. конф. г.Красноярск, 23-25 апреля 2010 г. /под. Общ. ред. В.Е.Кислякова. Красноярск: ИПК СФУ. – 2010. - с. 176-180.

22. Курехин, Е.В. К вопросу выбора вместимости ковша экскаватора при разработке перспективных месторождений Кузбасса малыми разрезами // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Вып. 8: материалы 8-й Международной научн.-техн. конф. Красноярск, 23-25 апреля 2010 г. /под. Общ. ред. В.Е.Кислякова. – Красноярск: ИПК СФУ. – 2010. - с. 180-186.

23. Курехин, Е.В. К автоматизированному расчёту проектного удельного расхода взрывчатого вещества для открытых горных работ с применением ЭВМ // Строительство и эксплуатация угольных шахт и городских подземных сооружений: материалы VI Российско-китайского симпозиума, Кемерово, 28 сент. 2010 г./ отв. Ред. С.Д.Евменов; зам. Отв. Ред. В.Ю. Блюменштейн; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово. – 2010. - с. 228-231.

24. Курехин, Е.В. Технология разработки вскрышных пород в безугольной зоне экскаваторами мехлопатами большой единичной мощности // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». Материалы 6-й Международной научной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Тула, 27-29 октября 2010. - с. 113-117.

25. Курехин, Е.В. Техничко-экономическая оценка разработки вскрышных пород при отработке малыми угольными разрезами // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». Материалы 6-й Международной научной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Тула, 27-29 октября 2010. - с. 560-562.

26. Курехин, Е.В. К автоматизированному расчету технико-экономических показателей разработки наносов и коренных пород в безугольной зоне при отработке малыми угольными разрезами с применением ЭВМ // Десятая международная научно-практическая конференция «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (Научно-технологические, экономические и юридические аспекты, правовая защита и коммерциализация интеллектуальной собственности). Санкт-Петербург. Конференция, 12 декабря 2010 г. - с. 293-298.

27. Курехин, Е.В. Технология разработки вскрышных пород в безугольной зоне гидравлическими экскаваторами «прямая лопата» // Международная научно-практическая конференция. «Россия в XXI веке: итоги, вызовы, перспективы». Материалы международной научно-практической конференции. М.: НОУ «Институт экономики и предпринимательства». Тюмень: ООО «Инст Консалтинг». 2011. - с. 56-60.

28. Курехин, Е.В. Экономическая оценка эффективности внедрения новой техники на малых угольных разрезах // Международная научно-практическая конференция. «Россия в XXI веке: итоги, вызовы, перспективы». Материалы международной научно-практической конференции. М.: НОУ «Институт экономики и предпринимательства». Тюмень: ООО «Инст Консалтинг». – 2011. - с. 137-140.

29. Курехин, Е.В. Область и границы применения двух экскаваторно-автомобильно-отвальных комплексов для малых угольных разрезов // Девя-

тая Международная научно-техническая конференция «Современные технологии освоения минеральных ресурсов» (МК-9). «Сибирский федеральный университет» (СФУ). – 2011. - с. 236-242.

30. Курехин, Е.В. Техничко-экономическая оценка разработки наносов и вскрышных пород в безугольной зоне экскаваторно-автомобильно-отвальным комплексом // Научкоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей /Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк. – 2011. - с. 83-88.

31. Курехин, Е.В. Обоснование дальности автотранспортирования вскрышных пород на малых разрезах Кузбасса // Научкоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей /Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк. – 2011. - с. 88-91.

32. Курехин, Е.В. К оценке производительности колесных погрузчиков при разработке вскрышных пород // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики - 9-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Сборник научных трудов: БНТУ. – Минск. - 2013. - т.1. - с. 62-68.

33. Курехин, Е.В. Оценка земельных ресурсов при открытой разработке угольных месторождений с учетом снижения интенсивности изъятия земель // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики - 9-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Сборник научных трудов: БНТУ. – Минск. 2013. - т.1. - с. 352-359.

34. Курехин, Е.В. Анализ взаимного расположения карьерных полей на угольных месторождениях Кузбасса // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы III Международной науч.- практ. конф. Междуреченск, 2-4 апреля 2014 г. – Кемерово. – 2014. - с. 45-46.

35. Курехин, Е.В. Эксплуатационная производительность колёсных погрузчиков при выемке и погрузке взорванных пород в автомобильный транспорт // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы IV Международной науч.- практ. конф. Междуреченск, 8-10 апреля 2015 г. – Кемерово. – 2015. - с. 49-50.

36. Курехин, Е.В. К определению коэффициента наполнения ковша и повышению производительности колёсных погрузчиков при разработке взорванных пород. Малышевские чтения: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. / Старооскольский филиал ФГБОУ ВПО МГРИ-РГГРУ. – Старый Оскол. – 2015. - с. 201-204.

37. Курехин, Е.В. Моделирование параметров и показателей внешних отвалов с применением компьютерных технологий. Современные проблемы в горном деле и методы моделирования горно-геологических условий при разработке месторождений полезных ископаемых. Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием [электронное издание]. / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово. – 2015.

38. Курехин, Е.В. К оценке технической производительности колёсных погрузчиков при разработке взорванных пород с учётом плотности укладки породы в ковше. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы в горном деле» / Междуреченск, 25.02.2016 г. – Кемерово. – 2016. - с. 223-225.

39. Курехин, Е.В. Обоснование структуры комплексов горного оборудования для разработки угольных месторождений разрезами малой производственной мощности. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы в горном деле» / Междуреченск, 25.02.2016 г. – Кемерово. – 2016. – с. 226-231.

40. Курехин, Е.В. Обоснование структуры технологических комплексов для разработки вскрышных пород на угольных разрезах малой производственной мощности. Инновации в современной геологической науке и практике: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. / Старооскольский филиал ФГБОУ ВО РГГРУ. – Старый Оскол. – 2016. - с. 163-170.

Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ

41. Курехин, Е.В. Аналитический метод определения глубины карьерного поля в условиях свиты наклонных и крутых пластов. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2012612458. 6 марта 2012 г.

42. Курехин, Е.В. Метод расчета площадей и объемов элементов карьерного поля. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2012613619. 18 апреля 2012 г.

43. Курехин Е.В., Ташкинов А.С. Автоматизированная методика расчета параметров буровзрывных работ. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2012614733. 28 мая 2012 г.

44. Курехин Е.В., Ташкинов А.С., Бирюков А.В. Программа определения проектного значения удельного расхода взрывчатых веществ для угольных предприятий Кузбасса. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2001611342. 8 октября 2001 г.

45. Курехин, Е.В. Автоматизированный выбор вариантов структур технологических схем при разработке свит наклонных и крутых пластов. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2012611361. 18 апреля 2012 г.

46. Курехин, Е.В. Вместимость ковша экскаватора одного экскаваторно-автомобильно-отвального комплекса при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2012613967. 27 апреля 2012 г.

47. Курехин, Е.В. Параметры земельных ресурсов при разработке свит угольных пластов наклонного и крутого падения. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. № 2014616840. 04 июля 2014 г.

Подписано к печати

Формат 60×84 1/6. Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № _____

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28

Типография КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а