

На правах рукописи



Бобров Сергей Анатольевич

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
МОЩНЫХ ПОЛОГОЗАЛЕГАЮЩИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск, 2016

Работа выполнена на кафедре «Открытые горные работы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет»

- Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Кисляков Виктор Евгеньевич
- Официальные оппоненты: Овешников Юрий Михайлович, доктор
технических наук, профессор, ФГБОУ
ВПО «Забайкальский государственный
университет», кафедра «Открытых горных
работ», заведующий кафедрой
- Вашлаев Иван Иванович,
кандидат технических наук, ФГБУН
«Институт химии и химической
технологии» СО РАН, лаборатория
проблем освоения недр, старший научный
сотрудник
- Ведущая организация: ФГБУН «Институт горного дела Севера
им. Н.В. Черского» СО РАН, г. Якутск

Защита диссертации состоится «03» июня 2016 года в 13⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.099.23 при ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» по адресу: 660025, г. Красноярск, проспект им. газ. Красноярский рабочий, 95, ауд. 200.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Сибирского федерального университета», и на сайте <http://www.sfu-kras.ru>.

Автореферат разослан «__» апреля 2016 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Игорь Иванович
Демченко

Актуальность работы. Исполнение действий по охране земельных ресурсов обычно осуществляется после обоснования направления развития горных работ, схемы вскрытия, системы разработки, режима горных работ и т.д. Это становится причиной того, что уже после принятой технологии горных работ, в сущности, обуславливаются размеры нарушенных земель.

Одной из главных причин недостаточной скорости и своевременности проведения рекультивационных работ и, как следствие, высоких затрат на их выполнение являются отдельный и второстепенный подход к обоснованию рекультивационных работ при открытой разработке мощных пологозалегающих угольных пластов. В этом случае, когда приемная емкость отвальной заходки в несколько раз превышает объем вскрышной, при отсыпке внутренних отвалов до уровня дневной поверхности, происходит отставание отвальной зоны от рабочей. Вследствие этого, происходит увеличение нарушаемых и уменьшение восстанавливаемых земель, а также образуется возрастающий разрыв во времени между нарушенными и восстановленными землями, что негативным образом влияет на окружающую среду.

В связи с этим обоснование технологии при открытой разработке мощных пологозалегающих угольных пластов по основным показателям использования земельных ресурсов: площадям нарушаемых и восстанавливаемых земель; коэффициенту рекультивации; землеемкости добычи; абсолютным и относительным потерям земель; степени использования земель является актуальной научной и важной практической задачей.

Степень разработанности. Определение академиком Ржевским В.В. комплекса горных наук, связанных с понятием горной экологии предполагает в частности и рациональное использование земельных ресурсов при выборе направления развития работ и технологии разработки. Вопросы режима нарушения и восстановления земель освещены в трудах Томакова П.И., Коваленко В.С., Михайлова А.М., Калашникова А.Т. Основопологающие решения по рекультивации нарушенных земель изложены в трудах Русского И.И., Красавина А.П., Горлова В.Д., Моториной Л.В., Дороненко Е.П., Полищука А.К., Заудальского И.И и др. Основоположниками отечественной горной науки глубоко и полно решены поставленные задачи и применены методики в области рационального землепользования, но все же для более объективной оценки последствий открытой разработки на земельные ресурсы необходим методологический подход, который должен обосновывать технологию и рекультивацию одновременно и рассматривать их как единое целое. Вследствие этого, автором выполнены исследования механизмов взаимосвязи между процессами вскрышных, добычных и рекультивационных работ в зависимости от горнотехнических условий разработки месторождений полезных ископаемых. Полученные результаты представлены в научных положениях настоящей работы.

Цель работы. Обоснование технологии при открытой разработке мощных пологозалегающих угольных пластов, обеспечивающей своевременность проведения рекультивационных работ, высокую скорость восстановления нарушенных земель, минимальные сроки и площади изъятия их

под горные выработки, а также экономичную разработку полезных ископаемых.

Основные задачи исследования.

Анализ использования земельных ресурсов на горнодобывающих предприятиях региона.

Разработка алгоритма системного анализа рациональных технологий рекультивационных работ.

Исследование связи между способом вскрытия, системой разработки и схемой комплексной механизации.

Установление признаков и параметров для оценки уровня, степени нарушений и размеров площадей восстановлений земель от остаточных выработок.

Установление графических зависимостей извлекаемых запасов и объёмов вскрышных пород от нарушаемых и восстанавливаемых площадей земель, при открытой разработке мощных пологозалегающих угольных пластов.

Определение критериев для оценки экономической эффективности вариантов развития горных работ при проведении горно-геометрического анализа карьерных полей.

Научная новизна работы:

- выявлена закономерность формирования рабочей зоны разреза определяющая взаимосвязь в технологии открытой разработки процессов горных и рекультивационных работ;

- определены способы регулирования режима вскрышных, добычных и рекультивационных работ;

- определены признаки классификации систем открытой разработки;

- разработаны закономерности определения срока существования горнодобывающих предприятий с учетом проведения горнотехнического и биологического этапов рекультивации.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- методика конструирования элементов рабочей зоны разреза;

- методика проведения горно-геометрического анализа карьерных полей с установлением основных показателей использования земельных ресурсов;

- методика определения срока существования горнодобывающих предприятий;

- новый способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых (патент РФ на изобретение № 2213224), основанный на порядке и очередности отработки смежных блоков.

Методология и методы исследований. В работе использованы научный анализ и обобщение передовых достижений науки и техники в области рационального использования земельных ресурсов. Статистическая обработка основных показателей использования земельных ресурсов, математическое моделирование для определения размеров площадей восстановления земель от остаточных горных выработок, графические и технико-экономические методы.

Положения, выносимые на защиту.

1. Элементы рабочей зоны разреза при открытой разработке мощных

пологозалегающих угольных пластов необходимо устанавливать во взаимосвязи между процессами горных и рекультивационных работ для обоснования технологии при рациональном использовании земельных ресурсов.

2. Положение вскрывающих выработок, система разработки и схема комплексной механизации с учетом календарного распределения площадей нарушенных и восстановленных земель предопределяют рациональные параметры контура рабочей зоны разреза.

3. Последовательность эффективной отработки запасов мощных пологозалегающих угольных пластов целесообразно определить на основе выявленных закономерностей изменения: площадей нарушаемых и восстанавливаемых земель; коэффициента рекультивации; землеемкости добычи; абсолютных и относительных потерь земель; степени использования земель в совокупности с главными параметрами разреза.

Степень достоверности научных выводов результатов. Выводы и результаты подтверждены применением современных методов исследований, аналитическими методами расчётов на основе общепринятых в горных науках определений и понятий, апробированных в производственных, научных и проектных организациях.

Реализация работы. Результаты исследований внедрены Комитетом по землеустройству и земельным ресурсам Красноярского края при составлении экспериментального проекта по теме: «Восстановление земель, нарушенных в результате горнодобывающей деятельности» в рамках краевой целевой программы «Развитие земельной реформы в Красноярском крае на период 2000-2002 годы». Метод горно-геометрического анализа карьерных полей принят в проектах на разрезах: «Тарутинский» Боровско-Соболевского бурогоугольного месторождения (2005 г) и «Карабульский» Карабульского каменноугольного месторождения (2006 г). Технологические схемы горных работ, разработанные автором, внедрены в проекте: «Исследование вариантов оптимального развития горных работ в филиале ОАО «СУЭК–Красноярск» разрез «Березовский-1» для увеличения производственной мощности до 25 млн. т угля в год» (2008 г).

Апробация работы. Содержание диссертационной работы и её отдельные положения представлены в материалах следующих конференций: «Современные проблемы науки и образования» г. Москва, 2004 г; «Инновационные технологии» г. Паттайа (Таиланд), 2005 г; «Современные технологии освоения минеральных ресурсов» г. Красноярск, 2007-2010, 2013 г.г; «Игошинские чтения» г. Иркутск, 2013 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе в изданиях, рекомендованных списком ВАК – 5 работ. Получен 1 патент на изобретение.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложена на 181 странице машинописного текста, включая 68 рисунков, 27 таблиц и список использованной литературы из 53 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена состоянию вопроса охраны земельных ресурсов на горнодобывающих предприятиях. Рассмотрена динамика использования земель, характеризующаяся основными показателями землепользования.

Во второй главе приведен системный анализ для обоснования рациональных вскрышных, добычных и рекультивационных работ. Установлены механизмы взаимосвязи между процессами горных и рекультивационных работ. Выявлены управляющие факторы, влияющие на характер и степень нарушения земель. Предложен алгоритм технологий восстановления земель.

В третьей главе установлена взаимосвязь факторов, определяющих главные параметры разреза. Установлена связь между способом вскрытия, системой разработки и схемой комплексной механизации, с учетом проведения рекультивационных работ. Представлена систематизация способов вскрытия и их основных взаимосвязей для оценки уровня и степени нарушений земель. Предложены математические модели для определения размеров площадей восстановления земель от остаточных горных выработок. Дано обоснование режима нарушения и восстановления земель. Предложены основные признаки классификации систем открытой разработки. Предложена методика горно-геометрического анализа карьерных полей для установления рационального направления развития горных работ и определение срока существования предприятия с учетом рекультивационных работ. Приведены способы регулирования вскрышных, добычных и рекультивационных работ.

В четвертой главе представлена технология горных работ при вовлечении в разработку смежных полей с установлением закономерностей влияния главных параметров разреза «Березовский-1» на размеры нарушаемых и восстанавливаемых площадей земель.

В пятой главе приведено обоснование экономической эффективности вариантов при вовлечении в разработку поля № 3 разреза «Березовский-1».

Основные результаты исследований отображены в нижеприведенных положениях.

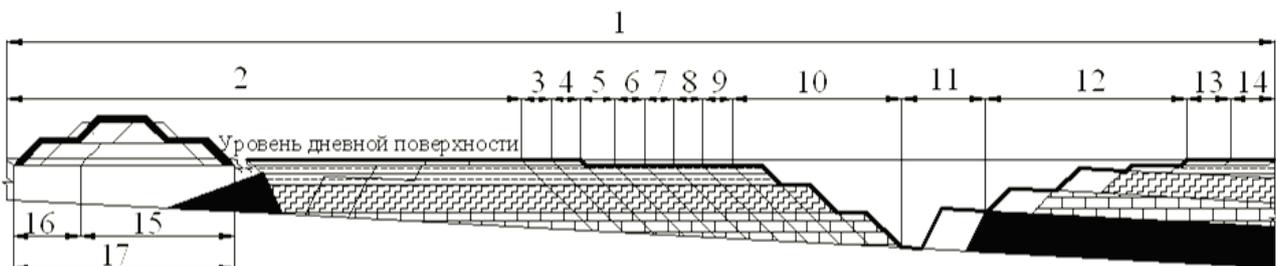
Срок службы горного предприятия устанавливается в зависимости от: горнотехнических условий и морфометрических параметров техногенного рельефа, которые выполняют функцию ограничений; параметров вскрывающих выработок и схем комплексной механизации, которые обеспечивают мощность транспортных потоков; параметров контура рабочей зоны разреза (длина, ширина, глубина) предопределенных промышленными запасами и обеспечивающие необходимую производственную мощность параметры вскрышных, добычных и рекультивационных работ, которые в конечном итоге и определяют срок существования разреза. Такой подход должен представлять технологию разработки как единое целое, взаимосвязанное в процессах вскрышных, добычных и рекультивационных работ. Таким образом, основные процессы горных работ и горнотехнического этапа рекультивации предопределяют контур рабочей зоны разреза, которые и устанавливаются

технологии открытой разработки. Рабочая зона разреза, обуславливается параметрами (рис. 1).



Рис. 1. Взаимосвязь факторов, определяющих главные параметры рабочей зоны разреза

Параметры характеризуют контур рабочей зоны разреза и режим нарушения и восстановления земель, которые взаимно влияют друг на друга. К главным параметрам разреза, влияющие на земельные ресурсы, относятся: параметры рабочей зоны (длина, ширина и глубина), производственная мощность, срок существования разреза и промышленные запасы. Указанные параметры определяют степень воздействия на окружающую среду, объемы капитальных вложений, эксплуатационных расходов предприятия и затрат на природоохранные действия. Технологические и экономические показатели в разрезе, прежде всего, должны определяться количественным соотношением календарного распределения площадей нарушений и восстановлений земель, а так же соотношением объемов вскрышных и добычных работ. В связи с этим необходимо, чтобы элементы рабочей зоны разреза отображали распределение вскрышных, добычных и рекультивационных работ (рис. 2).



1 – ширина рабочей зоны разреза; 2 – ширина рекультивируемого участка; 3 – ширина участка биологической рекультивации; 4 – ширина участка укладки и планировки ПСП; 5 – ширина участка, обеспечивающего безопасность работ по укладке и планировке ПСП; 6 – ширина участка вторичной планировки отвалов; 7 – ширина участка усадки отвала; 8 – ширина участка первичной планировки отвала; 9 – ширина участка, обеспечивающего безопасность горно-планировочных работ; 10 – ширина участка отвальных работ; 11 – ширина участков добычных и годового подвигания горных работ; 12 – ширина участка вскрышных работ; 13 и 14 – ширина участков съёма и подготовки к съёму ПСП; 15 и 16 – ширина участков съёма и подготовки к съёму ПСП под отвалом; 17 – ширина участка съёма ПСП под отвалом

Рис. 2. Элементы рабочей зона разреза с расстановкой вскрышных, добычных и рекультивационных работ при разработке пологой залежи

Вышеизложенное является доказательством первого научного положения выносимого на защиту, а именно: ***элементы рабочей зоны разреза при открытой разработке мощных пологозалегающих угольных пластов необходимо устанавливать во взаимосвязи между процессами горных и рекультивационных работ для обоснования технологии при рациональном использовании земельных ресурсов.***

Для оценки размеров площадей восстановлений от остаточных горных выработок (при вскрытии, например одиночной и разрезной траншеями) получены аналитические выражения:

а) одиночная траншея

$$S_{om} = 10^{-4} \cdot \left[\frac{H}{i_p} \cdot \left(e + \frac{H}{\sin \alpha} \right) + \frac{H \cdot e}{\sin \alpha} + \frac{\pi \cdot H^2 \cdot \varphi}{180^0 \cdot \sin^2 \alpha} \right], \text{га}; \quad (1)$$

б) разрезная траншея

$$S_{pom} = 10^{-4} \cdot \left[L \cdot (e_p + 2 \cdot \sin \alpha \cdot H) + \frac{\pi \cdot \sin^2 \alpha \cdot H^2 \cdot \varphi}{90^0} \right], \text{га}; \quad (2)$$

где H - глубина траншеи, м; i_p - уклон (подъем), ‰; e - ширина подошвы одиночной траншеи, м; α - угол откоса борта траншеи, град; L - длина разрезной траншеи, м; e_p - ширина подошвы разрезной траншеи, м;

$\varphi = \text{arcctg} \left(\frac{4}{\sqrt{2}} \cdot \cos \alpha \right) + \pi \cdot n$, град; n – произвольное целое число.

Принята следующая грузоподъемность карьерного транспорта: железнодорожный 400-600 т; автомобильный 27-40 т. Ширина подошвы траншей: однокорейный и двухкорейный путь 6,5-8,3 и 9,5-12,4 м; однопослосное и двупослосное движение 10,5 и 15 м. Величина подъемов (уклонов) вскрывающих выработок при железнодорожном транспорте 25-40 ‰ (25-60 ‰), при автотранспорте 60-80 ‰ (80-120 ‰). Полученные модели

позволяют выявить следующие основные закономерности их взаимосвязей для одиночной траншеи (рис. 3 и 4).

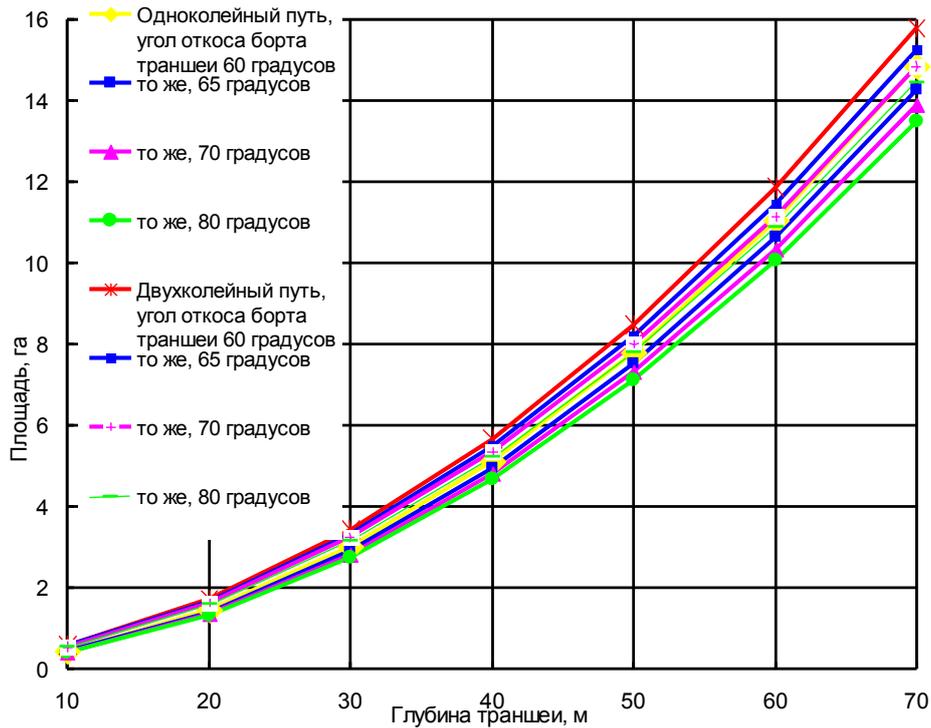


Рис. 3. Зависимость площади восстановления земель при проходке траншеи от её глубины и угла откоса борта при железнодорожном транспорте

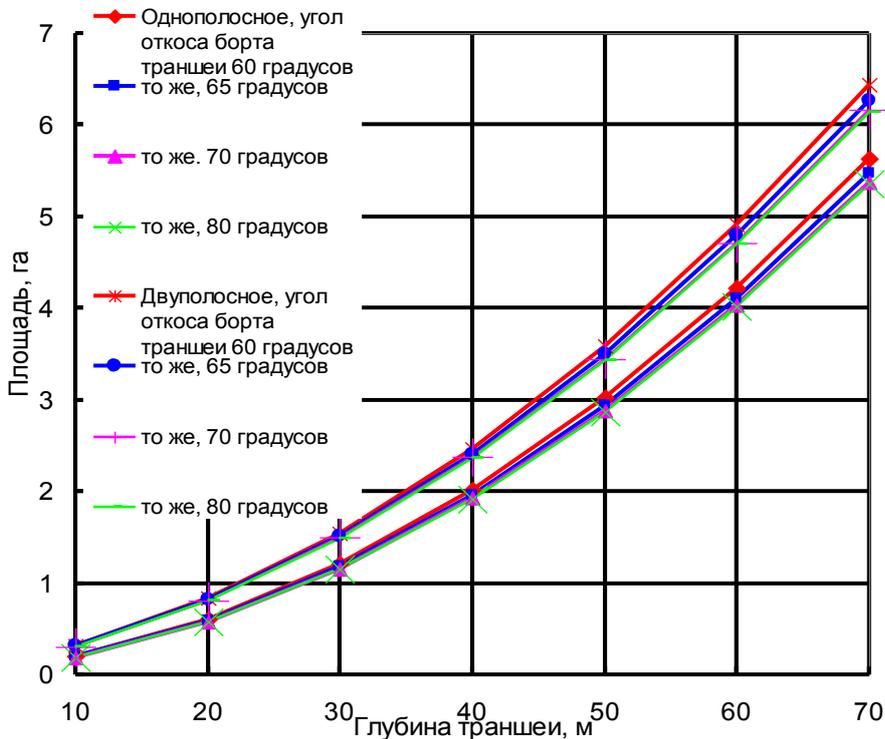


Рис. 4. Зависимость площади восстановления земель при проходке траншеи от её глубины и угла откоса борта при автотранспорте

При увеличении глубины траншеи с 10 до 70 м площади земель увеличиваются как при железнодорожном, так и при автомобильном транспорте, а также при переходе с одноколейного пути или однополосного движения на двухколейный путь или двуполосное движение. При глубине траншеи

(10-70 м) прирост площадей земель при железнодорожном транспорте больше, чем при автотранспорте. Для разрезной траншеи (рис. 5 и 6) при увеличении длины траншеи с 1000 до 4000 м ведет к увеличению площади земель, как при автомобильном, так и при железнодорожном транспорте, а так же при переходе

с однополосного движения или однокольевого пути на двухполосное движение или двухколейный путь. С увеличением угла откоса площади земель увеличиваются. При увеличении длины траншеи в указанном диапазоне прирост изменения площадей земель больше, чем при изменении глубины траншеи, угла откоса и при переходе с однополосного движения (однокольевого путь) на двухполосное (двухколейный)

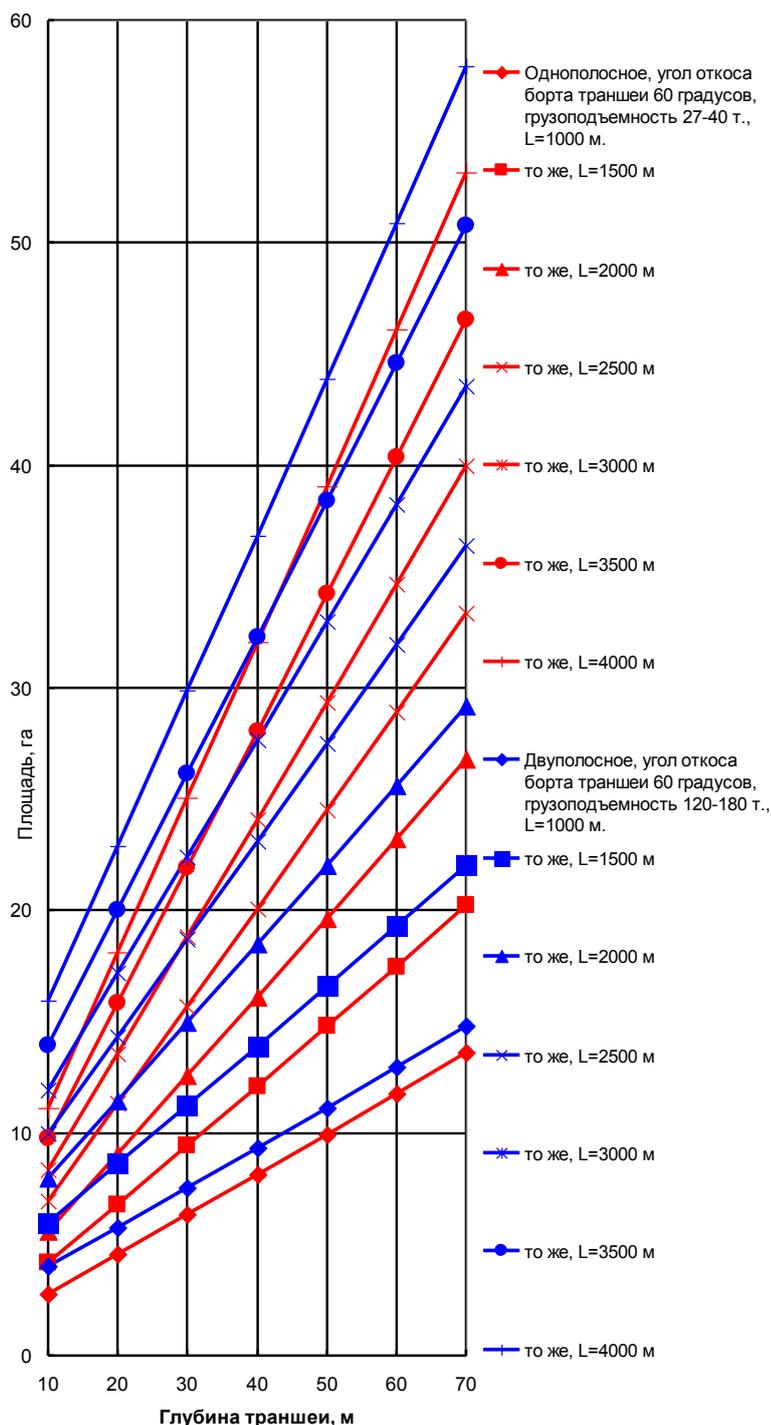


Рис. 5. Зависимость площади восстановления земель при проходке траншеи от её глубины, длины, угла откоса борта и грузоподъемности автотранспорта

соответственно при автомобильном и железнодорожном транспорте. Отсюда можно сделать вывод, что на изменение площадей восстановлений земель в большей степени оказывают: глубина траншеи (высота уступа, борта разреза), величина уклона (подъема) и длина, ширина траншеи, а в меньшей: угол откоса траншеи (уступа) и борта разреза. Для определения площадей нарушений и восстановлений земель необходимо определить характер и связи между способом вскрытия, системой разработки и

схемой комплексной механизации. Эта связь характеризуется только как технологическая. Способы вскрытия определяются видом вскрывающих выработок. Способ вскрытия связан также со структурой комплексной механизации, которая в свою очередь определяет наименование системы разработки по признаку перемещения вскрышных пород и полезного ископаемого. Для оценки негативных последствий на земельные ресурсы далее описываются различные факторы, которые позволяют устанавливать не только

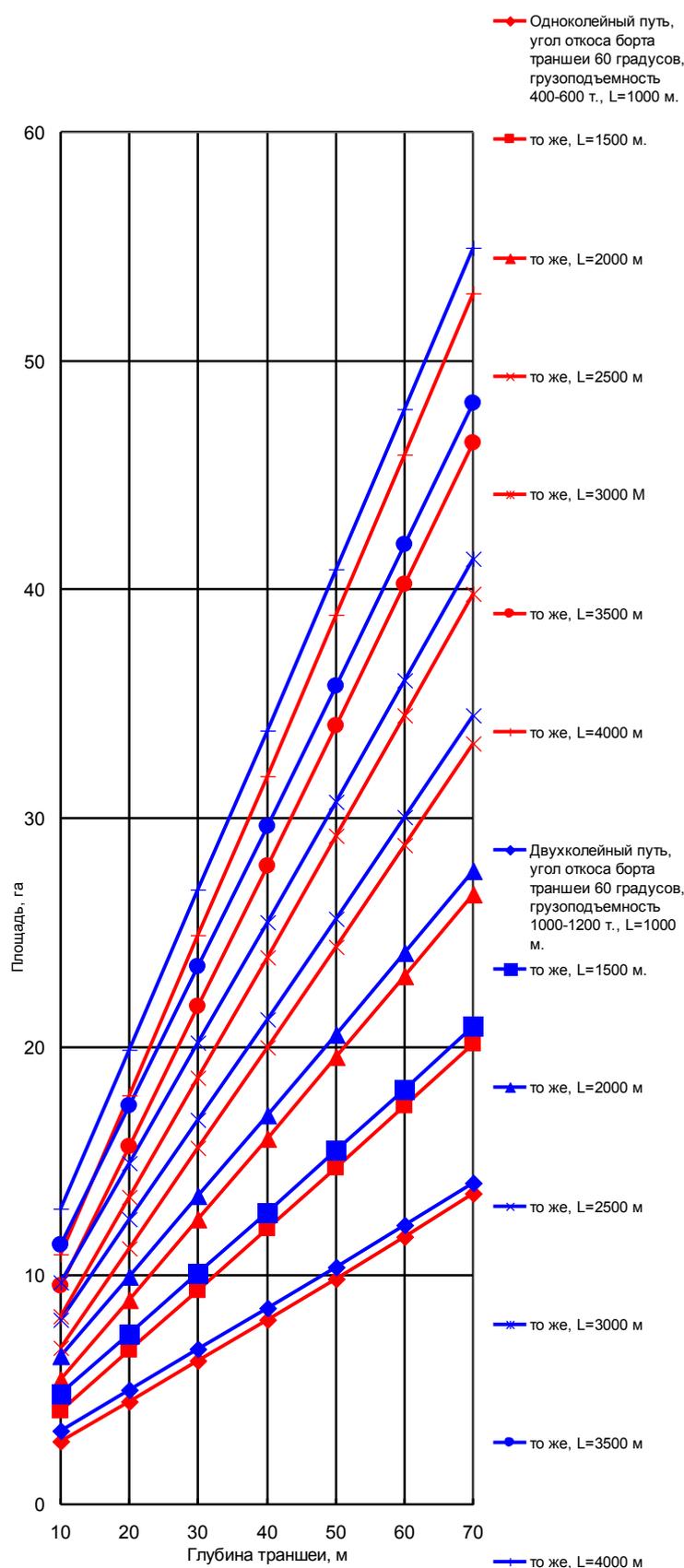


Рис. 6. Зависимость площади восстановления земель при проходке траншеи от её глубины, длины, угла откоса борта и грузоподъемности железнодорожного транспорта

эффективность способов вскрытия месторождений, но и произвести их оценку с точки зрения рационального использования земельных ресурсов. Признаки способов вскрытия, по которым оценивают ландшафтные нарушения земной поверхности, определяются в зависимости от: времени, пространства и границ контура рабочей зоны разреза. Вскрывающие выработки характеризуется сроком службы, статикой или динамикой своего положения, а так же пространством и границами. По этим признакам устанавливается вид траншей по сроку строительства и положению во времени. Временной признак должен отображать так же начало, продолжительность и завершение времени нарушения земель вскрываемыми выработками. Этот признак в совокупности с признаком пространства покажет их местоположение в разрезе, которое позволит определить объемы рекультивационных работ. Приведенная систематизация способов вскрытия месторождений и их основных взаимосвязей в первую очередь устанавливает уровень нарушений земель, который определяется видом вскрываемых выработок.

Уровень размеров восстановлений земель определяется видом применяемого горнотранспортного оборудования. Степень нарушений и размеров восстановлений земель определяется геологическими и горнотехническими условиями. Определение системы разработки как принципа и технологии не только удаления вскрышных пород, но и одновременного проведения ландшафтно-восстановительных работ находит в современных условиях все большее практическое подтверждение. Главная задача параметров системы разработки должна заключаться в формировании такой рабочей зоны разреза и динамики ее развития, при которой процессы рекультивации обеспечивали бы высокую скорость восстановления нарушенных земель, минимальные сроки изъятия их под горные выработки. Такая направленность ведения горных работ предопределяет формирование рабочей зоны разреза с такими параметрами элементов системы разработки, которые бы устанавливали создание, развитие и поддержание её в рациональном режиме нарушения и восстановления земель. Для этого необходимо сформулировать понятие, характеризующее сущность рабочей зоны разреза, которая также и определяла бы главный классификационный признак систем открытой разработки. Исходя из этого, под рабочей зоной необходимо подразумевать совокупность взаимосвязанных вскрышных, добычных и отвальных уступов (рис. 2). Размеры рабочей зоны характеризуются её шириной и высотой в профиле, а в плане - длиной вскрышных, добычных и отвальных фронтов. При выборе технологии и оборудования предлагается осуществлять формирование конструкции рабочей зоны разреза в зависимости от: способов разработки, укладки и пригодности совместно залегающих вскрышных пород, почв и породных прослоев для использования их при биологической рекультивации по валовой или селективной разработке уступов и валового или селективного отвалообразования (основной признак); периода разработки и распределения горных работ в рабочей зоне разреза; направления развития горных работ в профиле и плане; места проведения рекультивационных работ относительно контуров карьерных выемок; типа применяемого выемочного и транспортного (вскрышного, добычного и отвального) оборудования; способа формирования внешних и внутренних отвалов; способа технологического формирования отвальной зоны предлагаются технологические схемы пассивного и активного формирования поверхности отвала (по методу профессора П.И. Томакова); условия применения (например, горизонтальные и пологие залежи).

Таким образом, характер и связи между способом вскрытия, системой разработки и схемой комплексной механизации предопределяют контур разреза, т.е. рациональные границы горного и земельного отводов.

Вышеизложенное является доказательством второго научного положения выносимого на защиту, а именно: *положение вскрывающих выработок, система разработки и схема комплексной механизации с учетом календарного распределения площадей нарушенных и восстановленных земель предопределяют рациональные параметры контура рабочей зоны разреза.*

По методу академика В.В. Ржевского для анализа полученных объемов вскрышных, добычных и рекультивационных работ строится сводный график. Затем строится календарный график, на котором ординаты полезного ископаемого, вскрыши, площадей нарушений (S_H) и восстановления (S_B) земель, коэффициента рекультивации, землеемкости, потерь, степени использования земель, производственной мощности определены в каждый период времени. Потери земель абсолютные ($P_A, га$) - разница между S_H и S_B , а относительные - произведение потерь земель, (дол. ед.) и землеемкости (отношение площади, занятой разрезом, к количеству добываемого ископаемого, $м^2/м^3$). Степень использования земель определится (по Бугайченко В.Е.) из выражения:

$$K_u = \frac{S}{Q \cdot (1 + K_6)}, \frac{м^2}{м^3}, \quad (3)$$

где Q - добыча полезного ископаемого ($м^3$) с площади S ($м^2$), K_6 - коэффициент вскрыши, $м^3/м^3$. Календарный график рекультивационных $S=f(T)$ и горных $V=f(T)$ работ получают путем преобразования графиков горно-геометрического анализа $S=f(L)$ и $V=f(L)$. Для его построения определяют периоды работ (t_x), которые устанавливаются как частное от деления расстояния (1, м) между смежными положениями фронта работ и скорости ($g_\phi, м/год$) его подвигания. Скорость подвигания фронта горных работ это отношение производительности по каждому установленному виду работ к объему подвигания на 1 п.м. в рассматриваемый период.

На разрезе «Березовский-1» разрабатывается схема развития горных работ по вовлечению блока № 3, смежного с блоком № 2 с увеличением добычи угля до 20 млн. $м^3$ в год. В эксплуатации находится блок № 2. Предлагается вовлечь в разработку поле блока № 3 по двум вариантам технологических схем.

Вариант № 1. Проходку разрезной траншеи блока № 3 осуществляют в правом торце смежного блока № 2. Вскрышные и добычные работы в блоке № 3 производят по двубортной схеме по падению и восстанию, а в блоке № 2 - по падению (рис. 7). Часть надугольной толщи вскрышных пород разрабатывают по бестранспортной технологии экскаватором ЭШ-25.120. Верхние уступы разрабатывают по автотранспортной технологии с применением экскаватора «Бюсайрус-Ири» 495-В. Выемка угля производится двумя подступами с использованием роторных экскаваторов ЭРШРД-5250. Намечены положения фронтов работ при параллельном его подвигании через интервалы по 400 м (рис. 8). Оси разрезной траншеи соответствует первое (I) положение горных работ. Второе, третье, четвертое, пятое, шестое и седьмое положения обозначаются II^п, III^в и т. д., которые соответствуют направлениям по падению (II^п) и восстанию (III^в). На сводном графике (рис. 9) отображаются объемы и показатели работ в блоках № 3 и 2. Для этого определяют объемы полезного ископаемого и вскрыши в сечениях, намеченных положениями фронтов.

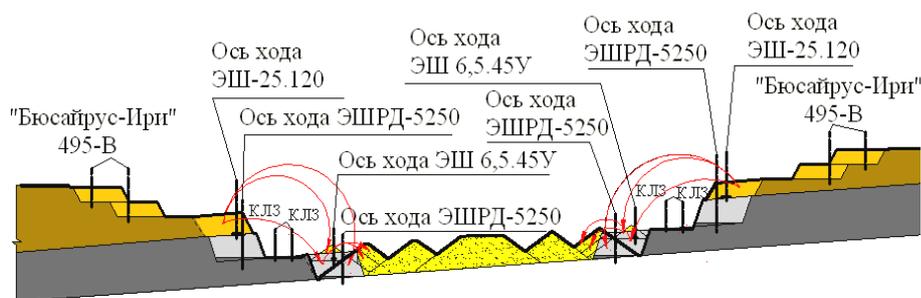


Рис.7. Двубортовая схема горных работ

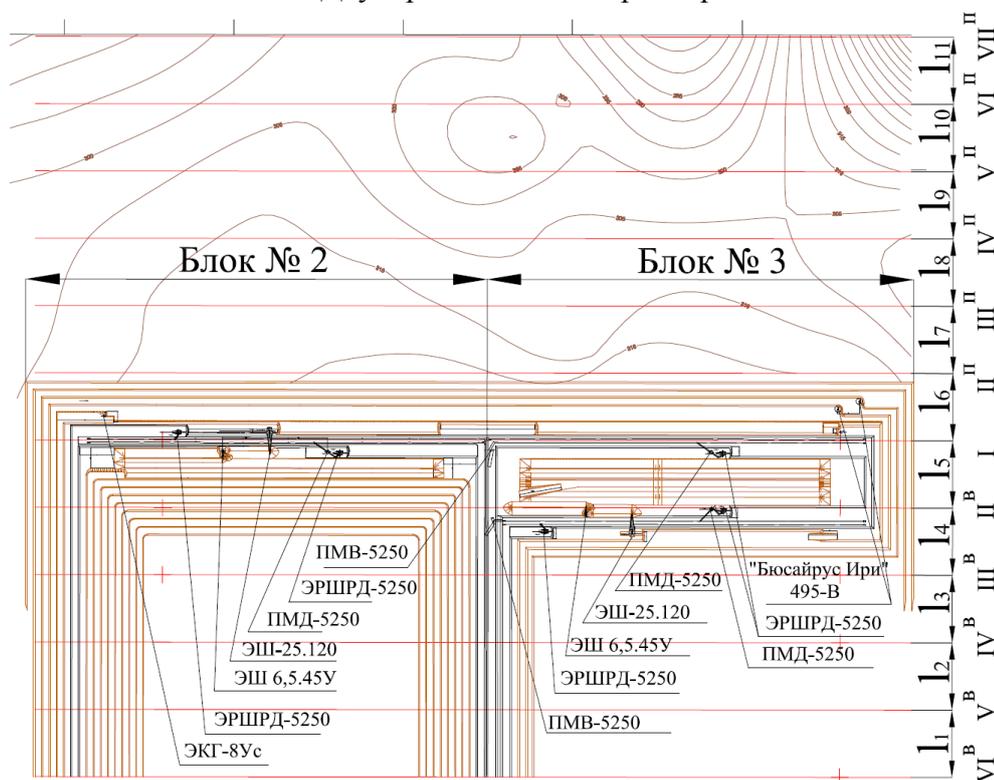
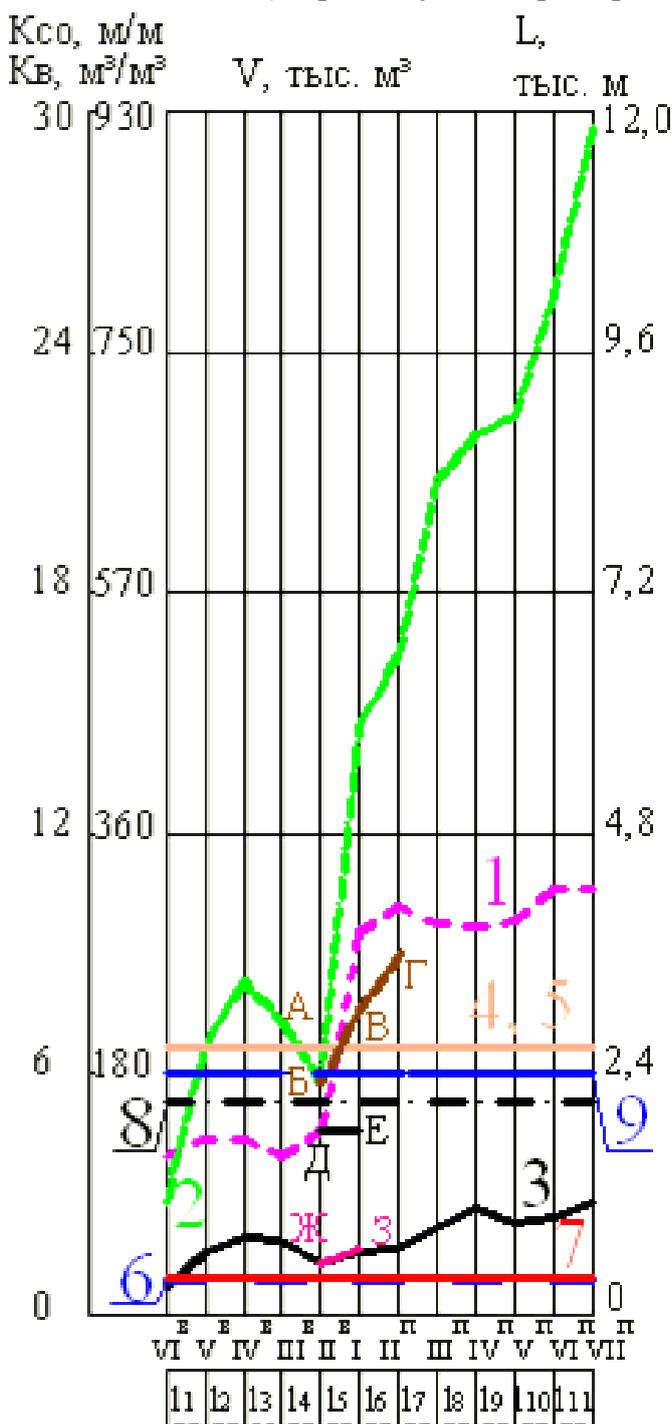


Рис. 8. Положение горных работ в блоках № 2 и 3 при параллельном перемещении фронта (вариант № 1)

Для получения значений коэффициента вскрыши (в том числе и строительного периода) ординату объема вскрыши делят на ординату объема полезного ископаемого. Коэффициент сокращения отвального фронта в блоках № 3 и 2 получают отношением ординат длин отвального и вскрышного фронтов. На горизонтальной оси календарного графика (рис.

10) наносят годы работ с 1 по 7 (с установленной производственной мощностью 20 млн. м³ для обоих вариантов). Объем вскрыши определится произведением ординат производственной мощности и суммы коэффициентов вскрыши в блоках № 3 и 2. Скорость подвигания горных работ определится делением производительности предприятия по полезному ископаемому (линия 1 графика, рис. 10) на величину суммы объемов работ по падению и восстанию (линия 1 графика, рис. 9). Скорость внутреннего отвала определится произведением ординат скорости горных работ (линия 4 графика, рис. 10) и коэффициента сокращения (средняя величина) отвального фронта работ линий 6 и 7, рис. 9). Площади нарушаемых земель горными выработками, восстанавливаемые поверхности внутреннего отвала определяются произведением скоростей горных работ, внутреннего отвала и протяженности соответствующих фронтов в блоках № 3 и 2. Объем производства работ по герметизации залежи определится произведением ординат вскрышного фронта и коэффициента сокращения отвального фронта. Имея участки горнотехнического этапа на отвале (3 - 9 - годовое подвигание, рис. 2) и такой

же перечень работ по герметизации (биологический этап продолжительностью 3 года - сенокосы), срок службы предприятия определится следующим образом.



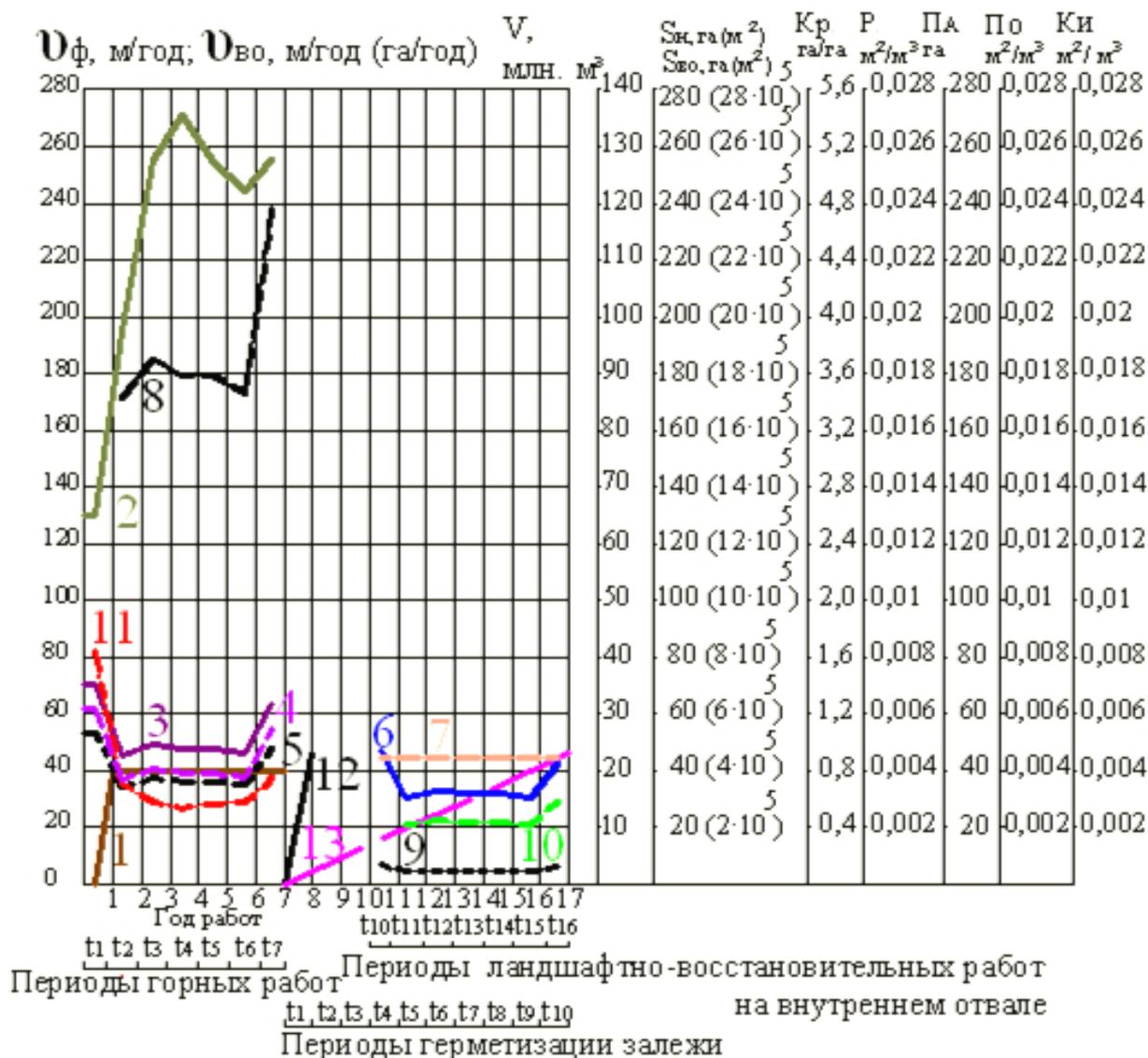
1 и 2 – объем полезного ископаемого и вскрыши; 3 – коэффициент вскрыши; 4 и 5 – длина вскрышного фронта (l_B) блоков № 3 и 2; V – объем при подвигании фронта на 1 п. м; L – протяженность фронта работ; А, Б, В, Г и Д, Е – объем вскрыши и полезного ископаемого (строительный период); Ж, З – коэффициент вскрыши (строительный период); 6 и 7 – коэффициент сокращения (K_{CO}) отвального фронта блоков № 3 и 2; 8 и 9 – длина отвального фронта (l_0) блоков № 3 и 2

Рис. 9. Сводный график работ (вариант № 1)

На 10 год закончится рекультивация 1 года (этапа), на 11 год – 2 года и т.д., следовательно, на 16 год рекультивация 7 года. Начинается герметизация с 7 года и выполняется за 1 год. Тогда срок службы предприятия, составит 17 лет.

Вариант № 2. Поле блока № 3 вскрывается двумя фланговыми траншеями от выходов угольного пласта. Работы в блоках № 2 и 3 производят по однобортной схеме (рис. 11). Оси разрезной траншеи соответствует первое (I) положение горных работ (рис. 12). Значения коэффициентов вскрыши (с учетом строительного периода) и сокращения отвального фронта получают аналогичным образом, как и в варианте № 1. В блоках № 2 и 3 намечены 7 и 12 положений фронта работ через интервалы по 400 м. На рисунке 13 приведен график объемов и показателей работ. На горизонтальной оси календарного графика (рис. 14) наносят годы работ с 1 по 12. Объемы работ и показатели использования земельных ресурсов определяются по выше описанной методике как в первом варианте. Работы по герметизации залежи в этом случае отсутствуют. Перечень процессов горнотехнической рекультивации и срок биологического этапа принимаются по первому

варианту. В этом случае полный срок службы предприятия, составит 21 год. Развитие горных работ по первому варианту приведет к увеличению коэффициента вскрыши (1-6 периоды работ). В этом случае возрастание коэффициента с 3,2 до 4,5 м³/м³ происходит с 1 по 4 периоды. После идет убывание коэффициента до 2,79 м³/м³ (7 период). Отсутствие фланговой траншеи - к меньшему в среднем в 2 раза значению коэффициента вскрыши строительного периода, а также к меньшим в 1,7 раза размерам нарушаемых земель. Во втором варианте коэффициент вскрыши постоянно возрастает с 1,12 до 3,59 м³/м³ (1-12 периоды). Величина коэффициента вскрыши в первом варианте показывает больший объем вскрышных работ по сравнению со вторым. Скорость подвигания горных работ и внутреннего отвала в первом варианте в среднем в 1,8 раза меньше, чем во втором.



1 и 2 – объем добычных и вскрышных работ; 3 – скорость горных работ (v_f); 4 – скорость внутреннего отвала ($v_{во}$); 5 – нарушаемые площади земель выработками (S_n); 6 – восстанавливаемые площади внутреннего отвала ($S_{во}$); 7 - коэффициент рекультивации; 8 – землеемкость; 9 – абсолютные потери земель; 10 – относительные потери земель; 11 – степень использования земель; 12 – объем герметизации залежи (га); 13 – герметизация залежи (год)

Рис. 10. Календарный график работ (вариант № 1)

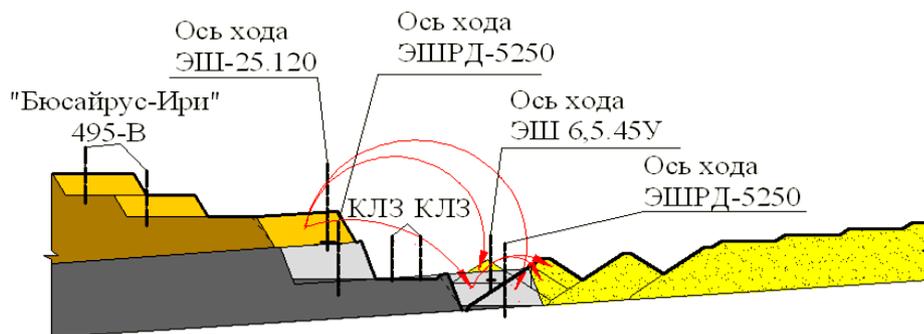


Рис. 11. Однороторная схема горных работ

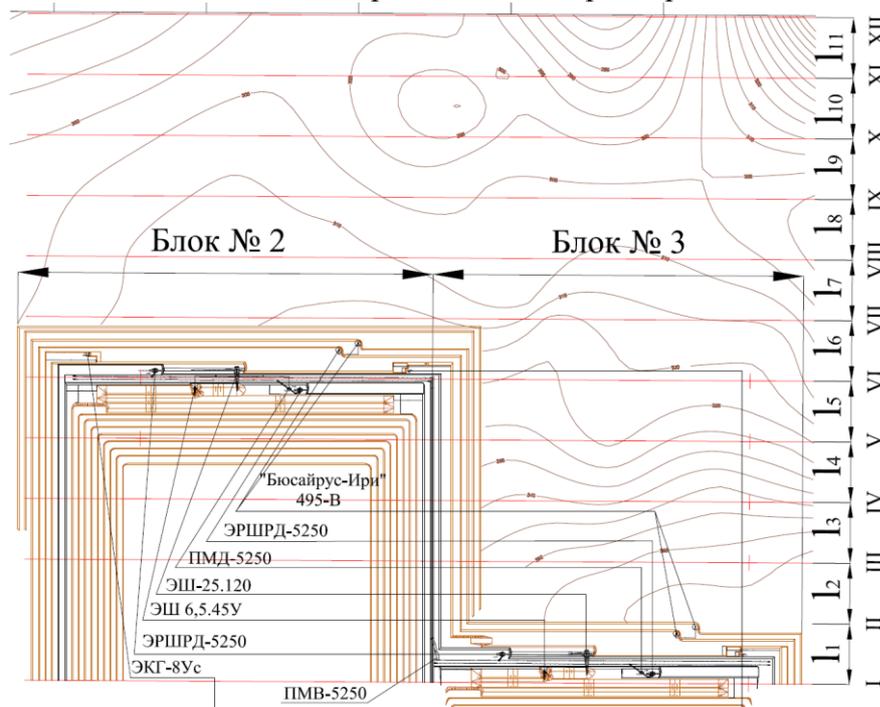
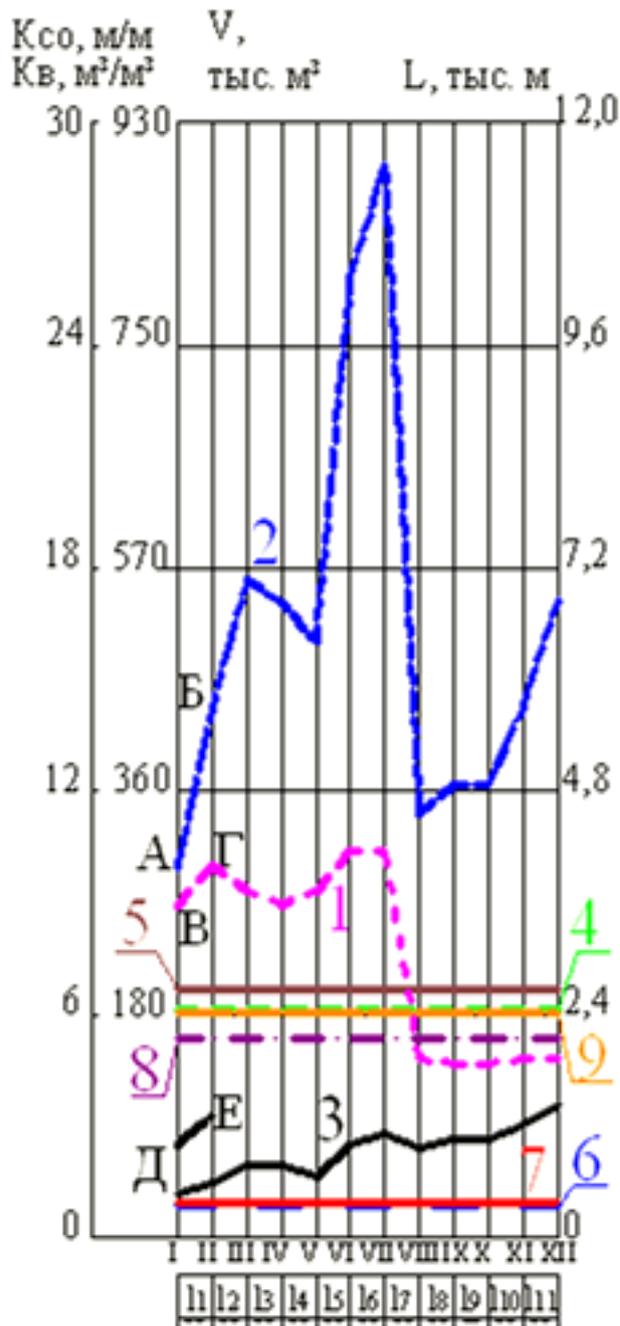


Рис. 12. Положение горных работ в блоках № 2 и 3 при параллельном перемещении фронта (вариант № 2)

варианте (1-6 периоды) превышает её значение во втором (1-7 периоды) в 1,5 раза и в 2,1 раза в первом варианте (7 период) по сравнению со вторым (7-12 периоды). Это в свою очередь приведет к увеличению соответствующим образом размеров восстанавливаемых площадей внутреннего отвала, так как на размеры восстанавливаемых земель в большей степени будет оказывать не скорость подвигания отвала, а протяженность отвальных работ. Это также объясняется и сокращением отвального фронта за счет наличия фланговой траншеи во втором варианте. Текущий коэффициент рекультивации, величина которого в первом варианте в среднем на 5,7 % меньше соответствующей величины во втором. Абсолютные потери земель в первом варианте на 14 % больше, чем во втором. Величина текущей землеемкости в первом варианте в среднем в 9,4 раза меньше, чем во втором, так как горные работы ведутся в блоке № 3 как по падению, так и по восстанию. Коэффициент рекультивации и землеемкость определяют относительные потери земель, которые во втором варианте в 9 раз больше, чем в первом. Размеры нарушаемых земель и

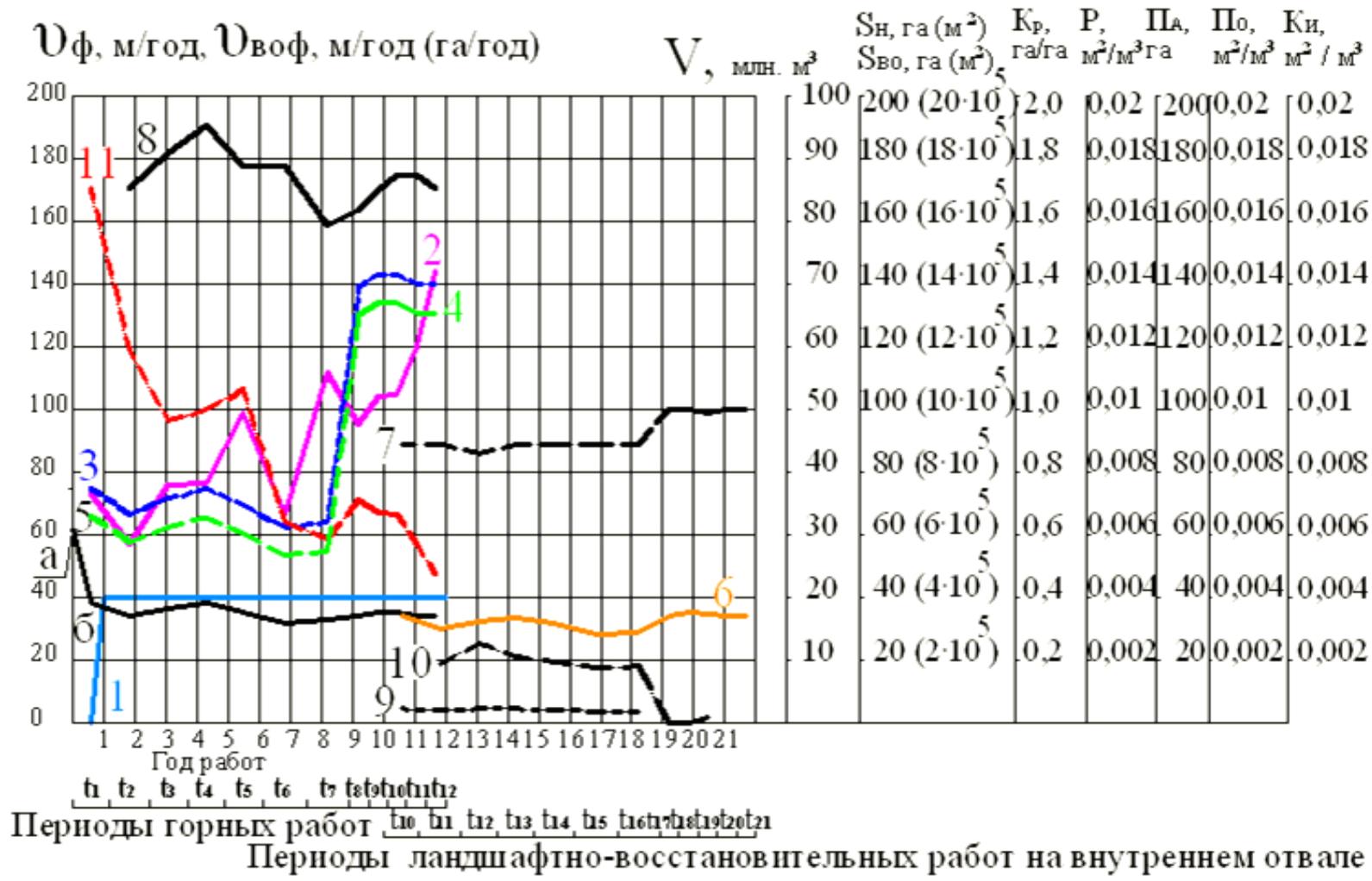
Скорость подвигания горных работ и внутреннего отвала во втором варианте по сравнению с первым (63 м/год - седьмой период) резко увеличивается до 139 м/год (седьмой период горных работ), так как необходимо поддерживать производственную мощность на уровне 20 млн. м³ в год вследствие выбывания из эксплуатации блока № 2. Протяженность отвальных работ в первом



1 и 2 – объем полезного ископаемого и вскрыши; 3 – коэффициент вскрыши; 4 и 5 – длина вскрышного фронта ($I_{в}$) блоков № 3 и 2; 6 – коэффициент сокращения (Kco) отвального фронта блока № 3; 7 – коэффициент сокращения (Kco) отвального фронта блока № 2; 8 и 9 – длина отвального фронта ($I_{о}$) блоков № 3 и 2

Рис. 13. Сводный график горных работ (вариант № 2)

коэффициент вскрыши определяют величину степени использования земель, которая в значительной степени меньше в первом варианте. Это объясняется большим влиянием коэффициента вскрыши, чем размерами нарушаемых земель. В первом варианте изымается земель меньше, чем во втором. При вовлечении в разработку поля блока № 3 – вариант № 1 имеет преимущество, чем вариант № 2 вследствие меньшей продолжительности негативного воздействия на природу. Вышеизложенное является доказательством третьего научного положения, выносимого на защиту, а именно: *последовательность эффективной отработки запасов мощных пологозалегающих угольных пластов целесообразно определить на основе закономерностей изменения: площадей нарушаемых и восстанавливаемых земель; коэффициента рекультивации; землеемкости добычи; абсолютных и относительных потерь земель; степени использования земель в совокупности с главными параметрами разреза.*



1 и 2 – объемы добычных и вскрышных работ; 3 – скорость горных работ ($v_{\text{Ф}}$); 4 – скорость фронта внутреннего отвала ($v_{\text{ВО}}$); 5 – нарушаемые площади земель выработками (S_{H}); 6 – восстанавливаемые площади внутреннего отвала ($S_{\text{ВО}}$); 7 – коэффициент рекультивации; 8 – землеемкость; 9 – абсолютные потери земель; 10 – относительные потери земель; 11 – степень использования земель; а, б – площадь нарушаемых земель вскрывающими выработками (год)

Рис. 14. Календарный график горных работ (вариант № 2)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в результате выполнения которой решена актуальная научно-практическая задача по обоснованию технологии открытой разработки мощных пологозалегающих угольных пластов, позволяющая своевременно проводить рекультивационные работы, обеспечивать высокую скорость восстановления нарушенных земель, минимальные сроки и площади изъятия их под горные выработки.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем.

1. Разработанный алгоритм на основе системного анализа рациональных технологий рекультивационных работ показал, что влияющими на характер и степень нарушения земель управляющими факторами являются схема и место заложения (относительно контуров разреза) вскрывающих выработок, их параметры, система разработки и способы механизации.

2. Установленные механизмы взаимосвязи между способом вскрытия, системой разработки и схемой комплексной механизации показывают, что способы вскрытия определяются видом вскрывающих выработок, которые устанавливают признаки, по которым оценивают ландшафтные нарушения земной поверхности от проведения вскрывающих выработок. Способ вскрытия связан со структурой комплексной механизации, которая в свою очередь определяет наименование системы разработки, не только по признаку перемещения вскрышных пород и полезного ископаемого, но и как принципа и технологии удаления вскрышных пород и одновременного проведения рекультивационных работ.

3. Признаки, характеризующиеся сроком службы вскрывающих выработок, пространством и границами контура разреза, геометрической формой, пространственной ориентацией залежи полезного ископаемого, сочетанием количества и вида вскрывающих выработок, технологической эффективностью транспортных потоков и параметрами остаточных выработок в зависимости от геологических и горнотехнических факторов, позволяют обосновать эффективность способов вскрытия с точки зрения рационального использования земельных ресурсов.

4. Разработана систематизация способов вскрытия месторождений, устанавливающая в первую очередь уровень нарушений земель, который определяется видом вскрывающих выработок. При этом уровень размеров восстановлений земель определяется видом применяемого горнотранспортного оборудования, а степень нарушений и размеров восстановлений земель определяется геологическими и горнотехническими условиями.

5. Разработана классификация систем открытой разработки месторождений полезных ископаемых на основе принципа и технологии не только удаления вскрышных пород, но и одновременного проведения рекультивационных работ при разработке мощных пологозалегающих угольных пластов.

6. Разработана методология построения графиков горно-геометрического анализа карьерных полей для определения рационального направления развития горных работ. В этом случае производятся преобразования графиков $S=f(L)$ и $V=f(L)$ в графики $S=f(T)$ и $V=f(T)$, что позволяет получить ежегодные объемы горнотехнической рекультивации, добычных и вскрышных работ и установление срока службы предприятия с учетом горнотехнического этапа рекультивации.

7. На примере разреза «Березовский-1» при проведении горно-геометрического анализа доказано, что при вовлечении в разработку поля № 3 следует производить проходку разрезной траншеи не от выходов угольного пласта, а в правом торце смежного блока № 2, что позволит уменьшить срок восстановления земель на пять лет.

8. Средняя величина ЧДД за 7 лет составит 10871233407 руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Бобров, С.А. Режим нарушения и восстановления земель на открытых горных работах. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2007. - № 3. – С. 3-5.

2. Бобров, С.А. Эколого-технологическая классификация систем открытой разработки месторождений полезных ископаемых. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков. – М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. - № 8. – С. 5-13.

3. Кисляков, В.Е. Выбор и обоснование главных параметров карьера при эколого-геометрическом анализе месторождений наклонного залегания. / В.Е. Кисляков, С.А. Бобров. М.: Маркшейдерия и недропользование. – 2008. - № 6. – С. 59-63.

4. Бобров, С.А. Эколого-технологическая связь между способом вскрытия, системой разработки и схемой комплексной механизации. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. – 2009. - № 4. – с. 9-10.

5. Федоров, А.В. Варианты технологии горных работ в филиале ОАО «СУЭК - Красноярск» «Разрез Березовский – 1». / А.В. Федоров, В.П. Шорохов, В.Е. Кисляков, С.А. Бобров. // Уголь, 2009. № 12.

6. Пат. № 2213224 Российская Федерация, 7 Е 21 С 41/26. Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых [Текст] / Бобров С.А., Еременко Е.В., Кисляков В.Е.; заявитель и патентообладатель Красноярская государственная академия цветных металлов и Золота. - № 2002113067/03; заявл.17.05.02; опубл. 27.09.03, Бюл. № 27. – 6 с.: ил.

7. Барсуков, И.М. Новый аспект рационального использования земельных ресурсов в обосновании режима горных работ и закономерности влияния главных параметров разреза на размеры нарушаемых и рекультивированных площадей земель. / И.М. Барсуков, С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // Проблемы

использования и охраны природных ресурсов центральной Сибири. – Красноярск: КГУП КНИИГ и МС. - 2003. – № 5. - С. 62-69.

8. Бобров, С.А. Определяющие технико-экологические параметры рабочей зоны карьера и принципы их установления при проектировании и развитии открытых горных работ. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // *Фундаментальные исследования*. – М.: Академия естествознания. – 2005. - № 1. – С. 45-47.

9. Бобров, С.А. Основные принцип и признаки эколого-технологической классификации систем открытой разработки месторождений полезных ископаемых. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // *Современные технологии освоения минеральных ресурсов*. – Красноярск: СФУ. – 2007. - № 5. – С. 82-100.

10. Бобров, С.А. Показатели, характеризующие проведение ландшафтно-восстановительных работ в карьере. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков// *Современные технологии освоения минеральных ресурсов*. – Красноярск: СФУ. – 2008. - № 6. – С. 94-97.

11. Бобров, С.А. Факторы, влияющие на размеры восстановления земель от остаточных горных выработок. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // *Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири*. – Кемерово: ГУ КузГТУ. – 2008. – с. 78-79.

12. Федоров, А.В. Анализ горных работ ОАО «СУЭК-Красноярск» и схемы развития филиала «Разрез Березовский-1» А.В. Федоров, В.П. Шорохов, В.Е. Кисляков, С. А. Бобров / *Современные технологии освоения минеральных ресурсов*. – Красноярск: СФУ. – 2009. - № 7. – С. 144-153.

13. Бобров, С.А. Определение срока существования горнодобывающих предприятий при открытых разработках месторождений полезных ископаемых. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // *Современные технологии освоения минеральных ресурсов*. – Красноярск: СФУ. – 2010. - № 8. – С. 113-123.

14. Бобров, С.А. Регулирование режима вскрышных, добычных и ландшафтно-восстановительных работ. / С.А. Бобров, В.Е. Кисляков // *Современные технологии освоения минеральных ресурсов*. – Красноярск: СФУ. – 2013. - № 11. – С. 111-114.

15. Бобров, С.А. Постановка и решение задач по охране земель при обосновании технологии вскрышных, добычных и рекультивационных работ - путь рационального и оптимального использования земельных и минеральных ресурсов. / С.А. Бобров // *Современные технологии освоения минеральных ресурсов*. – Красноярск: СФУ. – 2014. - № 12. – С. 69-77.

16. Кисляков, В.Е. Обоснование параметров работ по террасированию и выполаживанию ярусов отвалов при горнотехническом этапе рекультивации. / В.Е. Кисляков, С.А. Бобров, А.А. Гусев. // *Известия вузов. Горный журнал*, 2014. № 8.