Использование средств трехмерной графики при планировании рекультивационных работ

**Человек:** Предметом исследования является возможность эффективного использования средств трехмерной графики при планировании рекультивационных работ отработанных участков земли горнодобывающей промышленности. Объектом исследования являются отработанные площади разреза "Кедровский" в г. Кемерово. Особое внимание уделяется задаче рассмотреть эффективность и необходимость использования средств трехмерной компьютерной графики при планировании и прогнозировании рекультивационных работ. В статье предлагается решение вопроса рекультивации земель на стадии проектирования мероприятий по восстановлению земной поверхности посредством трехмерной компьютерной графики – визуализация нарушенного участка до и после рекультивации, что позволяет наглядно увидеть планируемый результат, подобрать и научно обосновать экономически целесообразную технологию, а также обеспечить высокий экологический и социальный эффект планируемой рекультивации участка земной поверхности. Методология исследования заключается в решении вопроса рекультивации земель экспериментально-теоретическим методом, посредством трехмерной компьютерной графики. Основными выводами проведенного исследования является сравнительная характеристика временных периодов этапов рекультивационных работ с применением трехмерной компьютерной графики и без ее применения, которая показывает, что в первом случае значительно сокращается время для окончательной оценки принятых проектных решений, и позволяет наглядно увидеть восстановленную земную поверхность максимум через 5 месяцев от начала проектирования, тогда как без применения возможностей трехмерной компьютерной графики наглядные результаты восстановленного ландшафта будут получены минимум через 2,5 года.

**Key words:** 3D моделирование, средства компьютерной графики, компьютерная графика, трехмерные графики, 3D визуализация, промышленность, рекультивации земель, объемное моделирование, анализ поверхности, технологии

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. - рендеринг (с англ. Rendering – визуализация) – процесс получения изображения по модели объекта с помощью компьютерной программы, где модель понимается как описание реального объекта или процесса и содержит геометрические данные объекта, положение точки наблюдателя, информацию об освещении и т.д., применяется при создании видео. На территории, прилегающей к бортам участка горных работ, на расстоянии не менее 50 м, рассчитываются и удаляются впадины, трещины, размывы, бездействующие канавы, а спланированная поверхность наполняется озеленением (рис. 3). Обсуждение и результаты.

**Key words part:** 0.7142857142857143

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. - анимация – придание движения объектам;. - рендеринг (с англ. Rendering – визуализация) – процесс получения изображения по модели объекта с помощью компьютерной программы, где модель понимается как описание реального объекта или процесса и содержит геометрические данные объекта, положение точки наблюдателя, информацию об освещении и т.д., применяется при создании видео. Рекомендуется в биологическом этапе рекультивации учесть такое соотношение в составе смешанных лесокультур: главных пород до 60%, сопутствующих до 20% и кустарников до 20%, что наглядно просматривается по фотореалистичному изображению восстановленной земной поверхности по окончании планируемых рекультивационных работ. Обсуждение и результаты.

**Key words part:** 0.75

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) является одним из самых крупных угольных месторождений мира, расположен в Западной Сибири, на территории Кемеровской области. Развитие угольной промышленности Кузбасса привело к острому кризису землепользования. Угольные разрезы ежегодно изымают из оборота несколько тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности. Трехмерное моделирование дает очень точную модель, максимально приближенную к реальности. - создание трехмерной модели объекта;. - анимация – придание движения объектам;. Обсуждение и результаты.

**Key words part:** 0.6428571428571429

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) является одним из самых крупных угольных месторождений мира, расположен в Западной Сибири, на территории Кемеровской области. В бассейне расположено более 60 угольных разрезов и около 40 шахт. Развитие угольной промышленности Кузбасса привело к острому кризису землепользования. Угольные разрезы ежегодно изымают из оборота несколько тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности. Трехмерное моделирование дает очень точную модель, максимально приближенную к реальности. Современные программы помогают достичь высокой детализации. - анимация – придание движения объектам;.

**Key words part:** 0.6428571428571429

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** Развитие угольной промышленности Кузбасса привело к острому кризису землепользования. Существенное сокращение временных и материальных затрат обеспечивается при ведении горных и отвальных работ с учетом фактора рекультивации. На основе чертежей, рисунков, подробных описаний или любой другой графической или текстовой информации создается объемное изображение. Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. Опережающее планирование рекультивационных работ и выбор способа снижения ущерба от нарушения территорий в значительной степени зависит от ус­ловий физико-химического состава субстрата и возможности его утилизации, спо­собности его к самозарастанию и от направления рекультивации. В процессе разработки проекта технического этапа опережающего планирования рекультивационных работ были созданы 3D модели и визуализация выбранного нарушенного участка земной поверхности на отдельных стадиях технического этапа. Сравнительная характеристика этапов рекультивационных работ при разработке проекта опережающего планирования нарушенных участков земной поверхности с применением 3D моделирования и визуализации предполагаемых работ и без применения возможностей компьютерной 3D графики представлен на графике (рис. 4), в котором отражены временные периоды проведения планируемых работ. На основании полученных данных, представленных на графике (см. рис. 4), следует отметить, что временные интервалы проведения этапов рекультивационных работ для достижения наглядных результатов рекультивированной земли с применением 3D моделирования и визуализации позволяет значительно сократить время для окончательной оценки принятых проектных решений, и наглядно увидеть восстановленную земную поверхность максимум через 5 месяцев от начала проектирования, тогда как без применения возможностей компьютерной 3D графики наглядные результаты восстановленного ландшафта будут получены минимум через 2,5 года.

**Key words part:** 0.8214285714285714

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** Развитие угольной промышленности Кузбасса привело к острому кризису землепользования. За время эксплуатации Кузнецкого угольного бассейна рекультивировано менее 20% нарушенных земель. На основе чертежей, рисунков, подробных описаний или любой другой графической или текстовой информации создается объемное изображение. Современные программы помогают достичь высокой детализации. Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. Опережающее планирование рекультивационных работ и выбор способа снижения ущерба от нарушения территорий в значительной степени зависит от ус­ловий физико-химического состава субстрата и возможности его утилизации, спо­собности его к самозарастанию и от направления рекультивации. На территории, прилегающей к бортам участка горных работ, на расстоянии не менее 50 м, рассчитываются и удаляются впадины, трещины, размывы, бездействующие канавы, а спланированная поверхность наполняется озеленением (рис. 3). 3. 3D моделирование и визуализация биологического этапа рекультивации позволяет в короткие сроки наглядно увидеть результаты всех последовательных этапов проектирования и экономически обосновать принятые решения от момента обследования территории до окончания биологического этапа, который в реальном времени занимает несколько лет.

**Key words part:** 0.8571428571428571

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) является одним из самых крупных угольных месторождений мира, расположен в Западной Сибири, на территории Кемеровской области. В бассейне расположено более 60 угольных разрезов и около 40 шахт. Развитие угольной промышленности Кузбасса привело к острому кризису землепользования. Угольные разрезы ежегодно изымают из оборота несколько тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. За время эксплуатации Кузнецкого угольного бассейна рекультивировано менее 20% нарушенных земель. Половина из них осталась от закрытых и закрывающихся предприятий. Вероятность их восстановления в ближайшие десятилетия минимальна. Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности.

**Key words part:** 0.6071428571428571

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** За время эксплуатации Кузнецкого угольного бассейна рекультивировано менее 20% нарушенных земель. Вероятность их восстановления в ближайшие десятилетия минимальна. Все чаще в Кузбассе используются площади гидроотвалов, расположенных в прибортовой зоне, для размещения отвалов сухой вскрыши [1]. Трехмерная компьютерная графика или 3D графика – это создание объемной модели при помощи специальных компьютерных программ [10-12]. Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. - рендеринг (с англ. Rendering – визуализация) – процесс получения изображения по модели объекта с помощью компьютерной программы, где модель понимается как описание реального объекта или процесса и содержит геометрические данные объекта, положение точки наблюдателя, информацию об освещении и т.д., применяется при создании видео. и без применения 3D моделирования и визуализации. 2. 3D моделирование и визуализация нарушенных земель позволяет с высокой точностью определить объемы и формы нарушений земной поверхности, рассчитать требуемые объемы планируемых работ на техническом (первичном) этапе рекультивации;.

**Key words part:** 0.8928571428571429

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. - рендеринг (с англ. Rendering – визуализация) – процесс получения изображения по модели объекта с помощью компьютерной программы, где модель понимается как описание реального объекта или процесса и содержит геометрические данные объекта, положение точки наблюдателя, информацию об освещении и т.д., применяется при создании видео. Рекомендуется в биологическом этапе рекультивации учесть такое соотношение в составе смешанных лесокультур: главных пород до 60%, сопутствующих до 20% и кустарников до 20%, что наглядно просматривается по фотореалистичному изображению восстановленной земной поверхности по окончании планируемых рекультивационных работ. Сравнительная характеристика проведения этапов рекультивационных работ при опережающем планировании с применением.

**Key words part:** 0.75

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Угольные разрезы ежегодно изымают из оборота несколько тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. Трехмерная компьютерная графика или 3D графика – это создание объемной модели при помощи специальных компьютерных программ [10-12]. На основе чертежей, рисунков, подробных описаний или любой другой графической или текстовой информации создается объемное изображение. Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности. Трехмерное моделирование дает очень точную модель, максимально приближенную к реальности.

**Key words part:** 0.6428571428571429

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Половина из них осталась от закрытых и закрывающихся предприятий. Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности. Этапы рекультивации с перечнем необходимых мероприятий. - анимация – придание движения объектам;. Обсуждение и результаты.

**Key words part:** 0.5714285714285714

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** За время эксплуатации Кузнецкого угольного бассейна рекультивировано менее 20% нарушенных земель. В настоящее время важную роль играет опережающее планирование рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров [6-9]. На основе чертежей, рисунков, подробных описаний или любой другой графической или текстовой информации создается объемное изображение. Трехмерное моделирование сегодня применяется в очень многих сферах и имеет много преимуществ перед другими способами визуализации. В процессе разработки проекта технического этапа опережающего планирования рекультивационных работ были созданы 3D модели и визуализация выбранного нарушенного участка земной поверхности на отдельных стадиях технического этапа. Необходимость рекультивации заброшенных и вновь нарушенных земель сейчас ни у кого не вызывает сомнений, так как потребность в земельных ресурсах непрерывно растет.

**Key words part:** 0.6785714285714286

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** За время эксплуатации Кузнецкого угольного бассейна рекультивировано менее 20% нарушенных земель. В настоящее время важную роль играет опережающее планирование рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров [6-9]. В специальной программе модель можно посмотреть со всех сторон (сверху, снизу, сбоку), встроить на любую плоскость и в любое окружение. Трехмерное моделирование сегодня применяется в очень многих сферах и имеет много преимуществ перед другими способами визуализации. - текстурирование – придание модели объекта свойств материала, из которого изготовлен объект;. В процессе разработки проекта технического этапа опережающего планирования рекультивационных работ были созданы 3D модели и визуализация выбранного нарушенного участка земной поверхности на отдельных стадиях технического этапа. Необходимость рекультивации заброшенных и вновь нарушенных земель сейчас ни у кого не вызывает сомнений, так как потребность в земельных ресурсах непрерывно растет.

**Key words part:** 0.6428571428571429

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Половина из них осталась от закрытых и закрывающихся предприятий. Вероятность их восстановления в ближайшие десятилетия минимальна. Современные программы помогают достичь высокой детализации. Обсуждение и результаты. и без применения 3D моделирования и визуализации.

**Key words part:** 0.5

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности. Современные программы помогают достичь высокой детализации. Соотношение между главными и сопутствующими породами, а также кустарниками в смешанных лесонасаждениях должно обеспечивать их наибольшую биологическую совместимость и устойчивость. Обсуждение и результаты. и без применения 3D моделирования и визуализации.

**Key words part:** 0.6428571428571429

=================================

**Simple\_PageRank/:** На сегодняшний день при разработке проектируемых и планируемых работ и принятия оптимального решения для реализации проектов рекультивации целесообразно использовать трехмерную компьютерную графику, которая позволяет наглядно увидеть этапы работ и конечный результат на стадии проектирования, выбрать экономически эффективные технологии для реализации проекта и исключить нежелательные затраты путем внесения коррективов в проект на стадии его разработки. Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово. На данном этапе было предложено использовать возможности трехмерной графики и 3D визуализацию последовательных действий и мероприятий в опережающем планировании рекультивационных работ на примере отработанного участка земной поверхности. На основании полученных данных, представленных на графике (см. рис. 4), следует отметить, что временные интервалы проведения этапов рекультивационных работ для достижения наглядных результатов рекультивированной земли с применением 3D моделирования и визуализации позволяет значительно сократить время для окончательной оценки принятых проектных решений, и наглядно увидеть восстановленную земную поверхность максимум через 5 месяцев от начала проектирования, тогда как без применения возможностей компьютерной 3D графики наглядные результаты восстановленного ландшафта будут получены минимум через 2,5 года. Таким образом, применение современных технологий трехмерной компьютерной графики в опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению нарушенной от деятельности карьера поверхности участка земли позволяет сделать следующие выводы:. 2. 3D моделирование и визуализация нарушенных земель позволяет с высокой точностью определить объемы и формы нарушений земной поверхности, рассчитать требуемые объемы планируемых работ на техническом (первичном) этапе рекультивации;.

**Key words part:** 0.8928571428571429

=================================

**TextRank/:** На данном этапе было предложено использовать возможности трехмерной графики и 3D визуализацию последовательных действий и мероприятий в опережающем планировании рекультивационных работ на примере отработанного участка земной поверхности. В процессе разработки проекта технического этапа опережающего планирования рекультивационных работ были созданы 3D модели и визуализация выбранного нарушенного участка земной поверхности на отдельных стадиях технического этапа. В ходе эксперимента был проведен анализ сравнительной характеристики этапов рекультивации при разработке проекта опережающего планирования рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности отработанных площадей разреза “Кедровский”. Сравнительная характеристика этапов рекультивационных работ при разработке проекта опережающего планирования нарушенных участков земной поверхности с применением 3D моделирования и визуализации предполагаемых работ и без применения возможностей компьютерной 3D графики представлен на графике (рис. 4), в котором отражены временные периоды проведения планируемых работ. На основании полученных данных, представленных на графике (см. рис. 4), следует отметить, что временные интервалы проведения этапов рекультивационных работ для достижения наглядных результатов рекультивированной земли с применением 3D моделирования и визуализации позволяет значительно сократить время для окончательной оценки принятых проектных решений, и наглядно увидеть восстановленную земную поверхность максимум через 5 месяцев от начала проектирования, тогда как без применения возможностей компьютерной 3D графики наглядные результаты восстановленного ландшафта будут получены минимум через 2,5 года. На основании экспериментально проведенных исследований обоснована актуальность применения 3D моделирования и визуализации отработанных участков земли на отдельных этапах рекультивационных работ, а также представлены преимущества опережающего планирования рекультивационных работ с применением средств компьютерной 3D графики в сравнении с традиционным проектированием и проведением рекультивационных работ.

**Key words part:** 0.8214285714285714

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) является одним из самых крупных угольных месторождений мира, расположен в Западной Сибири, на территории Кемеровской области. Рекультивация отработанных участков территории карьера и деформированных поверхностей в результате ведения угледобычи производится после окончания всех горных работ или прекращения подвижек горного массива. - создание трехмерной модели объекта;. Построение 3D модели карьерной выемки отработанного участка разреза позволило точно рассчитать объемы и характер нарушений земной поверхности, являясь при этом первым наглядным результатом в опережающем планировании. Сравнительная характеристика этапов рекультивационных работ при разработке проекта опережающего планирования нарушенных участков земной поверхности с применением 3D моделирования и визуализации предполагаемых работ и без применения возможностей компьютерной 3D графики представлен на графике (рис. 4), в котором отражены временные периоды проведения планируемых работ. При проведении горных работ и других мероприятий, резко ухудшающих состояние ландшафта необходимо заранее предусматривать комплекс рекультивационных мероприятий. Это позволит наглядно увидеть результат проектирования на всех этапах и исключить ошибки на стадии проектирования и расчета мероприятий технического и биологического этапа рекультивации, а также обосновать экономическую целесообразность принятых проектных решений.

**Key words part:** 0.75

=================================

**Текст:** Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) является одним из самых крупных угольных месторождений мира, расположен в Западной Сибири, на территории Кемеровской области. В бассейне расположено более 60 угольных разрезов и около 40 шахт.. Развитие угольной промышленности Кузбасса привело к острому кризису землепользования. Угольные разрезы ежегодно изымают из оборота несколько тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. За время эксплуатации Кузнецкого угольного бассейна рекультивировано менее 20% нарушенных земель. Половина из них осталась от закрытых и закрывающихся предприятий. Вероятность их восстановления в ближайшие десятилетия минимальна. Реальные затраты на восстановление плодородия одного гектара нарушенных земель составляют сотни тысяч рублей.. Существенное сокращение временных и материальных затрат обеспечивается при ведении горных и отвальных работ с учетом фактора рекультивации. Все чаще в Кузбассе используются площади гидроотвалов, расположенных в прибортовой зоне, для размещения отвалов сухой вскрыши [1]. При этом чрезвычайно важны вопросы обеспечения устойчивости горнотехнического сооружения борт-гидроотвал-отвал на этапе эксплуатации и последующей рекультивации. В свете решения проблемы обеспечения устойчивости учеными предлагаются различные подходы: моделирование геомеханического состояния массива [2], прогнозирование физико-механических свойств пород по данным электрических зондирований [3], технологические решения по повышению эффективности открытой разработки полезных ископаемых [4], а также созданию технических средств по уплотнению отвального массива, повышающих безопасность при формировании породных отвалов [5].. Кроме того, отвалы используются в качестве фильтрующих массивов, обеспечивающих эффективную очистку очистки сточных карьерных вод [6, 7], существенно снижая негативную нагрузку на поверхностные водные объекты.. В настоящее время важную роль играет опережающее планирование рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров [6-9]. На сегодняшний день при разработке проектируемых и планируемых работ и принятия оптимального решения для реализации проектов рекультивации целесообразно использовать трехмерную компьютерную графику, которая позволяет наглядно увидеть этапы работ и конечный результат на стадии проектирования, выбрать экономически эффективные технологии для реализации проекта и исключить нежелательные затраты путем внесения коррективов в проект на стадии его разработки.. Трехмерная компьютерная графика или 3D графика – это создание объемной модели при помощи специальных компьютерных программ [10-12]. На основе чертежей, рисунков, подробных описаний или любой другой графической или текстовой информации создается объемное изображение. В специальной программе модель можно посмотреть со всех сторон (сверху, снизу, сбоку), встроить на любую плоскость и в любое окружение. Трехмерная компьютерная графика может быть любой сложности. Можно создать простую трехмерную модель с низкой детализацией и упрощенной формы, или же более сложную модель, в которой присутствует проработка самых мелких деталей, фактуры, использованы профессиональные приемы (тени, отражения, преломление света и так далее). Трехмерное моделирование сегодня применяется в очень многих сферах и имеет много преимуществ перед другими способами визуализации. Трехмерное моделирование дает очень точную модель, максимально приближенную к реальности. Современные программы помогают достичь высокой детализации. Выразить трехмерный объект в двухмерной плоскости достаточно сложно, тогда как создание трехмерного объекта в трехмерном пространстве, то есть 3D визуализация объекта, дает возможность тщательно проработать и просмотреть все детали. При этом значительно увеличивается наглядность проекта, что весьма актуально при представлении результатов работы заказчикам.. Материалы и методы. Для выявления важности и необходимости использования средств компьютерной графики при опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности от деятельности карьеров было предложено применить 3D моделирование и визуализацию относительно отработанных площадей разреза “Кедровский” в г. Кемерово.. Опережающее планирование рекультивационных работ и выбор способа снижения ущерба от нарушения территорий в значительной степени зависит от ус­ловий физико-химического состава субстрата и возможности его утилизации, спо­собности его к самозарастанию и от направления рекультивации.. Земли, на которых в результате ведения горных работ уничтожена растительность, изменены гидрологический режим и рельеф местности, разрушен и загрязнен почвенный покров, принято называть нарушенными. Такие отработанные участки земли приносят значительный ущерб для сельскохозяйственного использования и представляют собой карьерную выемку определенной глубины и площади.. Рекультивация отработанных участков территории карьера и деформированных поверхностей в результате ведения угледобычи производится после окончания всех горных работ или прекращения подвижек горного массива. Направление рекультивации принято в соответствии с положениями действующего государственного стандарта “Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации” и технических условий на рекультивацию.. Рекультивация нарушенных земель осуществляется в два последовательных этапа: технический и биологический, в соответствии с требованиями вышеуказанного стандарта (рис. 1).. Технический этап рекультивации является подготовительным звеном к биологической рекультивации. Основная задача этапа – техническое устройство нарушенной территории, подготовка условий для нормального роста и развития растительности. На данном этапе было предложено использовать возможности трехмерной графики и 3D визуализацию последовательных действий и мероприятий в опережающем планировании рекультивационных работ на примере отработанного участка земной поверхности.. . . Рис. 1. Этапы рекультивации с перечнем необходимых мероприятий. . Процесс моделирования и визуализации любого объекта или процесса включает несколько операций:. - создание трехмерной модели объекта;. - текстурирование – придание модели объекта свойств материала, из которого изготовлен объект;. - освещение – установка и настройка источников света;. - анимация – придание движения объектам;. - рендеринг (с англ. Rendering – визуализация) – процесс получения изображения по модели объекта с помощью компьютерной программы, где модель понимается как описание реального объекта или процесса и содержит геометрические данные объекта, положение точки наблюдателя, информацию об освещении и т.д., применяется при создании видео.. В процессе разработки проекта технического этапа опережающего планирования рекультивационных работ были созданы 3D модели и визуализация выбранного нарушенного участка земной поверхности на отдельных стадиях технического этапа.. Первоначально была создана и визуализирована 3D модель участка нарушенной земной поверхности (рис. 2).. . . . Рис. 2. Общий вид ведения горных работ на карьере. . Построение 3D модели карьерной выемки отработанного участка разреза позволило точно рассчитать объемы и характер нарушений земной поверхности, являясь при этом первым наглядным результатом в опережающем планировании.. Далее была произведена визуализация планировки земной поверхности – слоя потенциально-плодородных пород мощностью 1,5–2,0 м. Построена и визуализирована 3D модель спланированной ровной поверхности потенциально-плодородных пород с небольшим уклоном для стока избыточных атмосферных осадков.. При выполнении 3D модели рекультивационных мероприятий предусматриваются и мероприятия по регулированию водного стока. На территории, прилегающей к бортам участка горных работ, на расстоянии не менее 50 м, рассчитываются и удаляются впадины, трещины, размывы, бездействующие канавы, а спланированная поверхность наполняется озеленением (рис. 3).. . . Рис. 3. Фотореалистичная визуализация результатов рекультивационных мероприятий по восстановлению участка земной поверхности, нарушенного открытыми горными работами. . Для достижения фотореалистичной визуализации поверхности на 3D модели нарушенного участка земли от деятельности карьера и спланированного, озелененного рекультивированного участка земной поверхности накладываются реалистичные текстуры и фактуры.. По окончании проектирования технического этапа опережающего планирования рекультивационных работ на основе построенных 3D моделей наглядно решаются вопросы, связанные с биологическим этапом рекультивации, а именно, о способе высаживания деревьев, кустарников и трав.. Соотношение между главными и сопутствующими породами, а также кустарниками в смешанных лесонасаждениях должно обеспечивать их наибольшую биологическую совместимость и устойчивость. Рекомендуется в биологическом этапе рекультивации учесть такое соотношение в составе смешанных лесокультур: главных пород до 60%, сопутствующих до 20% и кустарников до 20%, что наглядно просматривается по фотореалистичному изображению восстановленной земной поверхности по окончании планируемых рекультивационных работ.. Обсуждение и результаты. В ходе эксперимента был проведен анализ сравнительной характеристики этапов рекультивации при разработке проекта опережающего планирования рекультивационных работ по восстановлению земной поверхности отработанных площадей разреза “Кедровский”. Сравнительная характеристика этапов рекультивационных работ при разработке проекта опережающего планирования нарушенных участков земной поверхности с применением 3D моделирования и визуализации предполагаемых работ и без применения возможностей компьютерной 3D графики представлен на графике (рис. 4), в котором отражены временные периоды проведения планируемых работ.. . . Рис. 4. Сравнительная характеристика проведения этапов рекультивационных работ при опережающем планировании с применением. и без применения 3D моделирования и визуализации. . На рис. 4: А – вариант ведения рекультивационных работ без применения 3D моделирования и визуализации; В – вариант ведения рекультивационных работ с применением 3D моделирования и визуализации; t1 – время проектирования рекультивации (1-3 мес.); t2 – время проведения технического этапа рекультивации (1-3 мес.); t3 – время проведения биологического этапа рекультивации (1-3 мес.); t4 – время наглядного получения результатов проведения рекультивации без применения 3D моделирования и визуализации (2-5 лет); t5 – время наглядного получения результатов проведения рекультивации с применением 3D моделирования и визуализации (1 мес.).. На основании полученных данных, представленных на графике (см. рис. 4), следует отметить, что временные интервалы проведения этапов рекультивационных работ для достижения наглядных результатов рекультивированной земли с применением 3D моделирования и визуализации позволяет значительно сократить время для окончательной оценки принятых проектных решений, и наглядно увидеть восстановленную земную поверхность максимум через 5 месяцев от начала проектирования, тогда как без применения возможностей компьютерной 3D графики наглядные результаты восстановленного ландшафта будут получены минимум через 2,5 года.. Таким образом, применение современных технологий трехмерной компьютерной графики в опережающем планировании рекультивационных работ по восстановлению нарушенной от деятельности карьера поверхности участка земли позволяет сделать следующие выводы:. 1. Применение 3D моделирования и визуализции на стадии проектирования всех этапов рекультивации, позволяет наглядно решить вопросы о правильности выбора способов и методов рекультивации;. 2. 3D моделирование и визуализация нарушенных земель позволяет с высокой точностью определить объемы и формы нарушений земной поверхности, рассчитать требуемые объемы планируемых работ на техническом (первичном) этапе рекультивации;. 3. 3D моделирование и визуализация биологического этапа рекультивации позволяет в короткие сроки наглядно увидеть результаты всех последовательных этапов проектирования и экономически обосновать принятые решения от момента обследования территории до окончания биологического этапа, который в реальном времени занимает несколько лет.. . Заключение. В данной статье авторами рассмотрены возможности применения средств компьютерной 3D графики при опережающем планировании рекультивационных работ отработанных площадей разреза “Кедровский”. На основании экспериментально проведенных исследований обоснована актуальность применения 3D моделирования и визуализации отработанных участков земли на отдельных этапах рекультивационных работ, а также представлены преимущества опережающего планирования рекультивационных работ с применением средств компьютерной 3D графики в сравнении с традиционным проектированием и проведением рекультивационных работ.. Необходимость рекультивации заброшенных и вновь нарушенных земель сейчас ни у кого не вызывает сомнений, так как потребность в земельных ресурсах непрерывно растет. При проведении горных работ и других мероприятий, резко ухудшающих состояние ландшафта необходимо заранее предусматривать комплекс рекультивационных мероприятий. Поэтому уже при планировании производства основного вида горных работ предусматривать создание оптимальных условий для последующей рекультивации нарушенных земель. Чтобы научно обосновать и получить экономически эффективный проект опережающего планирования рекультивационных работ, необходимо применение трехмерной графики и компьютерного моделирования отдельных этапов рекультивации. Это позволит наглядно увидеть результат проектирования на всех этапах и исключить ошибки на стадии проектирования и расчета мероприятий технического и биологического этапа рекультивации, а также обосновать экономическую целесообразность принятых проектных решений. Такое опережающее планирование рекультивации имеет большое будущее и открывает широкие перспективы перед отраслями науки и техники, связанными с проблемами рационального природопользования..