

Издается Санкт-Петербургским горным университетом
императрицы Екатерины II

С 1907 ГОДА

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

ДАЙДЖЕСТ



УСТОЙЧИВАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

№ 6 • 2024

PMI.SPMI.RU

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II

УСТОЙЧИВАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

ДАЙДЖЕСТ

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

№ 6

Санкт-Петербург
2024

Аннотация

Текущий выпуск дайджеста посвящен Международному дню за мир без отходов, учрежденному Ассамблеей ООН в 2022 году. Этот день отмечается ежегодно 30 марта.

К сожалению, сектор отходов вносит серьезный вклад в загрязнение окружающей среды, изменение климата и утрату биоразнообразия и природы. Говоря о безотходном подходе, мы подразумеваем ответственное производство, потребление и утилизацию продукции. Это означает, что ресурсы используются повторно или восстанавливаются в максимально возможной степени. При этом минимизируется загрязнение воздуха, земли и воды. Ресурсоемкие методы производства и транспортировки, тщательное управление экономическими и производственными процессами, поиск оптимальных решений способны ограничить загрязнение и появление отходов.

Безотходный подход способствует рациональному управлению отходами, минимизирует и предотвращает их образование, защищает окружающую среду, повышает безопасность человека, улучшает его здоровье и благополучие.

© Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II, 2024

Экономика сырьевых отраслей. Геоэкономика

Основная причина появления отходов – линейная экономика: добыча-производство-распределение-потребление-отходы. Выход из этой ситуации – переход к циклической экономике – призван создать безотходное производство и потребление, не истощая природные ресурсы, которые возвращаются в производство, не попадая в окружающую среду.

Череповицын А.Е., Третьяков Н.А. Разработка новой системы оценки применимости цифровых проектов в нефтегазовой сфере // Записки Горного института. 2023. Т. 262. С. 628-642. EDN: QYVHMC. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/15795>



Аннотация. Цифровая трансформация является одним из мировых трендов, охвативших большинство отраслей экономики и промышленности. Для нефтегазовых компаний внедрение цифровых технологий стало не просто тенденцией, а одним из факторов обеспечения конкурентоспособности и удержания устойчивых позиций на рынке в стремительно меняющихся условиях макроокружения. При этом цифровая трансформация, несмотря на достигаемые положительные эффекты, является сложным процессом с позиции реализации и сопряжен с высокими технологическими и финансово-экономическими рисками. Цель работы состоит в разработке и апробации новой системы оценки применимости цифровых проектов в нефтегазовой сфере. Методология исследования включает применение кривой Гартнера, методов экспертных оценок и инструментов оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Разработанная система оценки основана на комплексном учете четырех составляющих: уровня цифровой зрелости компании; соответствия внедряемой технологии целям

и задачам организации; уровня надежности внедряемой технологии; уровня инновационности внедряемого проекта. Особое внимание уделено практической апробации предложенной методики на основе оценки цифрового проекта, реализуемого российской нефтегазовой компанией.

Быкова Е.Н., Хайкин М.М., Шабаева Ю.И., Белобородова М.Д. Развитие методологии экономической оценки земельных участков для добычи и переработки твердых полезных ископаемых // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 52-67. DOI: 10.31897/PMI.2023.6



Аннотация. Российская экономика имеет ярко выраженную ресурсную специализацию, во многих регионах недропользование является системообразующей или одной из основных сфер экономики. В этих условиях совершенствование методики экономической оценки земель, на которых размещены горно-добывающие предприятия, приобретает особую актуальность. На основе имеющегося опыта оценки земель промышленного назначения авторами представлена разработанная методика определения кадастровой стоимости земельных участков, на которых размещены горно-добывающие предприятия, с учетом их отраслевых особенностей и специфики производственно-коммерческой деятельности. При этом кадастровая оценка рассматривается как конкретная форма экономической оценки. Особый акцент сделан на важности учета факторов стоимости, оказывающих наибольшее влияние на формирование стоимости земельных участков для добычи и переработки твердых полезных ископаемых, и способе оценивания в зависимости от характеристик объекта. Для выполнения теоретических исследований в работе использовались методы анализа и синтеза нормативно-правовой и научно-технической литературы в области кадастровой и рыночной оценки земель. Практическая часть основана на применении экспертных методов, в том числе метода анализа иерархий, системном и логическом анализе. В качестве базовой выбрана методика М.А. Свительской, в основе ко-

торой лежит комбинация модифицированных методов статистического (регрессионного) моделирования и моделирования на основе удельных показателей кадастровой стоимости. Использование в хозяйственной практике данной методики способствует повышению эффективности кадастровой оценки и объективности ее результатов.

Уланов В.Л., Скоробогатько О.Н. Влияние трансграничного углеродного регулирования ЕС на экономическую эффективность российской нефтепереработки // Записки Горного института. 2022. Т. 257. С. 865-876. DOI: 10.31897/PMI.2022.83



Аннотация. Реализация трансграничного углеродного регулирования (ТУР) приводит не только к предполагаемым экологическим изменениям, но и к трансформации рыночной конъюнктуры. В исследовании оцениваются потери сектора нефтепереработки от введения ТУР на экспорт нефтепродуктов из России в страны Европейского союза. Сформирован подход к оценке влияния ТУР на себестоимость продукции нефтепереработки и выявлены механизмы его воздействия на экономику российских нефтеперерабатывающих заводов. Исследование проведено на основе фактических данных объема эмиссии парниковых газов по действующим правилам европейской системы торговли квотами на выбросы. Декомпозиция оценок влияния ТУР осуществлена на прямой и косвенный эффекты, а также эффект адаптации. Показано, что при введении механизма ТУР цены нефтепродуктов на внутреннем рынке будут определяться не только логистическим фактором, но и требованиями к экологичности нефтепереработки. Введение ТУР окажет существенное влияние на экономику нефтепереработки, в том числе и заводы, не осуществляющие экспорт в ЕС. Совокупное влияние ТУР на экономику российских нефтеперерабатывающих заводов составит около 250 млн дол. США.

Череповицын А.Е., Цветков П.С., Евсеева О.О. Критический анализ методических подходов к оценке устойчивости арктических нефтегазовых проектов // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 463-479. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.15



Аннотация. Освоение углеводородных ресурсов Арктики является одной из приоритетных задач, стоящих перед экономикой Российской Федерации, однако подобные проекты несут и существенные риски для экологии близлежащих регионов.

Масштабное освоение углеводородных ресурсов в Арктике должно основываться на принципах устойчивого развития, предполагающих наличие баланса между социально-экономическими преимуществами и экологическими рисками. Целью данной работы является анализ пробелов в научных знаниях по вопросам оценки устойчивости арктических нефтегазовых проектов (НГП) и систематизация ключевых проблемных элементов подобных оценок. Анализ проводился в разрезе четырех ключевых элементов, определяющих целесообразность реализации арктических НГП в контексте устойчивого развития: экономическая эффективность, общественные эффекты, экологическая безопасность и доступность технологий. Методика проведения библиометрического анализа, включающего более 15227 источников из базы Scopus за 2005-2020 гг., основана на рекомендациях PRISMA к составлению систематических обзоров и мета-анализов. Была построена карта методических проблем оценки устойчивости арктических НГП, разделенная на четыре ключевых сектора: учет факторов, определяющих устойчивость; оценка устойчивости; интерпретация результатов оценки; управление устойчивостью. Эта карта может являться основой для проведения серии точечных исследований, нацеленных на ликвидацию существующих конкретных методологических недостатков концепции устойчивого развития, применительно к арктическим НГП.



© Санкт-Петербургский горный университет

Разманова С.В., Андрухова О.В. Нефтесервисные компании в рамках цифровизации экономики: оценка перспектив инновационного развития // Записки Горного института. 2020. Т. 244. С. 482-492. DOI: 10.31897/PMI.2020.4.11



Аннотация. Цифровая трансформация экономики как важнейший этап научно-технического прогресса и перехода к новому технологическому укладу становится одним из определяющих факторов развития и конкурентоспособности отечественного сектора upstream. Перспективами инновационного развития нефтесервисных компаний являются ключевые технологические направления в рамках первого проекта Hi-Tech Стратегии Правительства Германии до 2020 г. – «Индустрия 4.0». Цель исследования заключается в оценке перспектив инновационного развития отечественной нефтесервисной индустрии в контексте цифровизации нефтегазовой отрасли. Предметом исследования является процесс становления ключевых технологических направлений «Индустрии 4.0» и их влияние на отечественный нефтегазовый сектор. Основой исследования избраны логико-теоретический и эмпирический анализы. Рассмотрены основные факторы, определяющие процессы цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли, представлены результаты процессов цифровизации в крупнейших зарубежных и российских отраслевых компаниях сегментов upstream и oilfield services. Информационную базу составляют данные нефтесервисных и нефтегазодобывающих компаний, представленные на официальных сайтах компаний в открытом доступе в сети интернет. Доказано, что в отличие от ведущих мировых компаний сегмента oilfield services независимые отечественные нефтесервисные компании предоставляют преимущественно традиционные сервисные технологии в достаточно узком диапазоне. Ограниченность сферы функционирования и технологических возможностей российских компаний объясняется отсутствием необходимого инвестирования в развитие и расширение бизнеса, а также заинтересованности со стороны государственного и корпоративного сектора в разработке и тиражировании отечественных технологий и формировании полноценного нефтесервисного рынка в России.

Юрак В.В., Душин А.В., Мочалова Л.А. Против устойчивого развития: сценарии будущего // Записки Горного института. 2020. Т. 242. С. 242-247. DOI:10.31897/PMI.2020.2.242



Аннотация. Вопросы устойчивого развития стали интересовать человечество, начиная с 20 в., когда массовая индустриализация и истощение природно-ресурсного потенциала способствовали постановке экологической проблематики на одно из лидирующих мест научного дискурса. Несмотря на принятие в 2015 г. своеобразной «мировой стратегии», обозначенной в качестве целей устойчивого развития, остается вопрос реалистичности достижения обозначенных ориентиров и тактик развития деятельности человечества при условии, что данные цели устойчивого развития не будут достигнуты к 2030 г. Исследование посвящено изучению термина «устойчивое развитие», эволюции становления концепции устойчивого развития и анализу современных целей устойчивого развития на достижимость. Анализ отечественного и зарубежного опыта показал возможные сценарии развития человечества при условии, что цели устойчивого развития не будут достигнуты. Это создание экологического каркаса; внедрение практик устойчивого природопользования в условиях природно-антропогенных объектов; реализация «геоинженерных проектов»; строительство автономных экосистем; освоение космоса в поисках новой планеты для жизни. Установлено, что на сегодняшний день слабо оценивается вероятность достижения всех целей устойчивого развития к 2030 г., а обозначенные сценарии требуют развития науки и техники и грамотной оценки ценности природы, решения вопроса спецификации прав собственности на природные блага.

Недосекин А.О., Рейшахрит Е.И., Козловский А.Н. Стратегический подход к оценке экономической устойчивости объектов минерально-сырьевого комплекса России // Записки Горного института. 2019. Т. 237. С. 354-360. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.354



Аннотация. В статье дано новое определение устойчивости экономических систем (ЭС) с его отчетливым стратегическим наполнением. Рассмотрены основные подходы к оценке устойчивости, основанные на использовании стратегических карт, включая карты систем сбалансированных показателей (ССП). Синхронное управление эффективностью, рисками и шансами ЭС исчерпывает повестку управления экономической устойчивостью ЭС при ее функционировании в условиях вызовов широкого спектра. СПП МСК может быть построена в ходе агрегирования карт СПП по отраслям и отдельным предприятиям. В качестве основного инструмента моделирования экономической устойчивости ЭС предлагается использование формализма матрицы 4×6.

Григорьев Ю.П., Чайковская Д.Д. Концептуальные аспекты методологии оценки месторождений с падающей добычей нефти для условий устойчивого развития национальной экономики // Записки Горного института. 2012. Т. 195. С. 177-184. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/6131>



Аннотация. Исследование вопросов оценки истощенных месторождений нефти для условий устойчивого развития национальной экономики является актуальной проблемой, к разрешению которой целесообразно приступить с разработки концепции повышения эффективности нефтедобывающего производства. Проведен анализ нефтедобывающей отрасли России по объему добычи и прироста запасов нефти, выделены основные факторы эффективности нефтедобывающего производства и предложены индикаторы обеспеченности нефтяными ресурсами. Определены возможные направления дальнейших исследований, связанных с оценкой месторождений с падающей добычей нефти.

Мархасина М.В. Моделирование стратегии принятия решений при эколого-экономической оценке нефтяных проектов // Записки Горного института. 2009. Т. 184. С. 156-159. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/6849>



Аннотация. Предлагаемый методический подход к оценке нефтяных инвестиционных проектов базируется на принципе соотношения выгод и затрат при выявлении природоохранных затрат и выгод на ранней стадии проектирования. Важным преимуществом модели является возможность проведения проектного анализа экологических рисков на основе методик анализа принятия решений (АПР) и анализа экологических последствий (АЭП). Учет экологического фактора в модели стратегической эколого-экономической оценки нефтяного проекта базируется на разработанной взаимосвязи технологической, экологической и экономической информации. Ее основой являются проектно-сметная документация, материалы оценки воздействия проекта на окружающую среду и бухгалтерская отчетность.

Череповицын А.Е., Синьков Л.С. Формирование эколого-экономических механизмов управления в нефтегазовом комплексе с учетом новых глобальных требований // Записки Горного института. 2009. Т. 181. С. 206-209. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/7074>



Аннотация. Определены основные составляющие эколого-экономического механизма управления в нефтегазовом секторе. Сформирована концепция экологической стратегии нефтегазовых компаний, учитывающая использование механизмов Киотского протокола. Установлена возможность применения в нефтегазовом секторе экономико-технологических методов снижения выбросов парниковых газов в рамках международных конвенций. Обоснованы мероприятия по совмещению экологических и экономических эффектов в нефтегазовой промышленности при использовании механизмов по сокращению выбросов CO₂. Определены перспективы получения экономических эффектов от внедрения принципов и механизмов Киотского протокола.

Николаенкова Е.А. Методика оценки масштаба, глубины и радикальности нововведений производства предприятий горно-добывающей промышленности // Записки Горного института. 2007. Т. 170(1). С. 205-208. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/7820>



Аннотация. Предложена методика оценки нововведений производства предприятий горно-добывающей промышленности на основе некоторых параметров: масштаба, глубины и радикальности.

С введением таких показателей нововведений производства достаточно обосновано может быть определен размер инвестиций, необходимых на осуществление реконструкции и модернизации промышленного производства. Рассмотрена производственная функция, связывающая основные факторы технического перевооружения предприятий горно-добывающих отраслей с объемом производимого продукта, и ее геометрическая интерпретация.



© Фортост Северо-Запад

Проблемы устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса

В экономике нашей страны минерально-сырьевой сектор занимает одно из центральных мест, что обуславливает высокую значимость состояния минерально-сырьевой базы и динамики ее развития. Одной из основных целей устойчивого развития экономики страны является сбалансированное потребление и воспроизводство минерального сырья.

Жданев О.В. Обеспечение технологического суверенитета отраслей ТЭК Российской Федерации // Записки Горного института. 2022. Т. 258. С. 1061-1078. DOI: 10.31897/PMI.2022.107



Аннотация. В статье рассматриваются пути достижения технологического суверенитета отраслями топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России в условиях неблагоприятной геополитической конъюнктуры, косвенно связанной с расширением географии недружественных стран и вводимыми ими ограничениями. Определены цели, задачи, описаны базовые методы исследования при разработке методологии обеспечения технологического суверенитета ТЭК России. Выявлены перспективные направления развития инновационных технологий в российском ТЭК в долгосрочной перспективе и наиболее эффективные с точки зрения достижения технологического суверенитета форматы сотрудничества промышленности, бизнеса, науки и государства. Излагаются принципы, подходы и конкретные предложения, на основе которых наиболее целесообразно строить дальнейшую работу по укреплению технологического суверенитета. В частности, выдвигается идея формирования новых организационных структур на уровне Правительства России, которые стали бы локомотивом реализации инноваций и импортозамещения. В качестве успешного примера апробирования методологии достижения технологического суверенитета топливно-энергетического комплекса рассматривается запущенный проект по созданию отечественного флота для гидравлического разрыва пласта.

Литвиненко В.С., Цветков П.С., Двойников М.В., Буслаев Г.В. Барьеры реализации водородных инициатив в контексте устойчивого развития глобальной энергетики // Записки Горного института. 2020. Т. 244. С. 428-438. DOI: 10.31897/PMI.2020.4.5



Аннотация. Современные тенденции мирового энергетического рынка, связанные с целями устойчивого развития, в ряде случаев приводят к принятию недостаточно обоснованных политических решений. Интенсификация развития возобновляемых источников энергии – экономически спорный, но необходимый шаг с точки зрения социальных и экологических эффектов. Однако последующее развитие водородной инфраструктуры является опасной инициативой. В статье предпринята попытка рассмотреть водород с точки зрения интегральной оценки его характеристик. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы о потенциале широкомасштабного внедрения водорода в энергетику: как химический элемент водород является врагом металлоконструкций, что значительно затрудняет выбор подходящих материалов; физические и объемные характеристики водорода снижают общую эффективность энергосистемы по сравнению с аналогичными углеводородными решениями; водородная экономика не имеет необходимой основы как с точки зрения физической инфраструктуры, так и механизмов рыночного регулирования; появление широкодоступного водорода опасно для общества из-за его высокой горючести. В результате работы был сделан вывод, что существующие пилотные водородные проекты являются позитивными, но не масштабируемыми решениями для энергетического сектора из-за отсутствия технологий для создания крупномасштабной и географически распределенной инфраструктуры, а также проработанной международной системы регулирования отрасли. Таким образом, в текущих условиях риски реализации таких проектов значительно превышают их потенциальные экологические выгоды.



© Фотопост Северо-Запад

Очирбат П., Чинзориг Б. К вопросу о расширении сотрудничества между университетами для реализации программы «Устойчивое развитие – 2030» // Записки Горного института. 2018. Т. 229. С. 27-30. DOI: 10.25515/PMI.2018.1.27



Аннотация. Акцентируется внимание на одной из актуальных задач современности – международной подготовке квалифицированных кадров в высших учебных заведениях с целью развития устойчивой экономической системы государства, основными элементами которой являются взаимосвязанные этапы хозяйственной деятельности (поиск, добыча и переработка, использование минеральных ресурсов). Рассматривается вопрос о вкладе и роли университетов различных стран, сотрудничающих в сфере обеспечения устойчивого развития данного сектора. Определяется необходимость практического решения указанной задачи для реализации программы ЮНЕСКО «Устойчивое развитие – 2030». В этой связи рассматриваются понятие «устойчивое развитие», его философские, научно-теоретические и культурологические аспекты, подчеркивается особое значение связи устойчивого развития общества и отдельных его фрагментов с современным образованием. Утверждается, что образование, в контексте устойчивого развития, должно носить опережающий и открытый характер. С учетом современных тенденций высшего образования представляется возможным отметить работу, проводимую Горным институтом Монгольского государственного университета науки и технологии в направлении международного сотрудничества.

Сергеев И.Б., Лапочкина Л.В. Устойчивое развитие: теоретико-методологические подходы // Записки Горного института. 2009. Т. 184. С. 264-269. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/6867>



Аннотация. Раскрыта сущность экономической категории устойчивое развитие. Рассмотрены принципиальные различия во взглядах на проблему устойчивого развития представителей основных экономических научных школ. В контексте неоклассического подхода показано состояние данного вопроса применительно к России.

Алексеев В.В., Куракина Н.И. Комплексный подход к получению оценки состояния экосистемы как основа рационального природопользования // Записки Горного института. 2005. Т. 165. С. 12-13. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/8223>



Аннотация. Рассматривается программная среда формирования комплексной оценки состояния экосистемы, которая обеспечивает получение информации различного типа, организацию базы данных и объединение разнородных данных на единой метрологической основе, дает возможность эксперту-экологу сформировать функционал оценки состояния экосистемы с учетом специфики района, вида производства или нескольких производств, масштабов воздействия на окружающую природную среду. Система моделирования обеспечивает прогнозирование развития ситуаций, возможность проектирования территорий, управления природопользованием.

Пашикевич Н.В., Синьков Л.С., Солодков Е.Л. Эколого-экономическая оценка воздействия горно-добывающих предприятий на окружающую среду // Записки Горного института. 2004. Т. 159(2). С. 154-157. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/8698>



Аннотация. Рассмотрены основные методы оценки эколого-экономического воздействия горно-добывающих предприятий на окружающую среду. Дана классификация существующих в настоящее время методов. Проанализированы недостатки существующей типовой методики оценки экологического ущерба и даны рекомендации по использованию различных методов в качестве комбинированной методики. Предложен пример оценки эколого-экономического ущерба воздействия полигона захоронения токсичных отходов «Красный Бор». В расчетах использован комбинированный метод, который позволил определить ежегодный ущерб окружающей среде в размере 151 млн руб. На основании расчетов рекомендуется внедрение мероприятий по снижению воздействия полигона на окружающую среду.

Пашкевич Н.В., Пашкевич М.А., Петрова Т.А. Эколого-экономическая оценка негативного воздействия отходов горно-металлургического производства на атмосферный воздух и земли // Записки Горного института. 2004. Т. 158. С. 69-71. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/8790>



Аннотация. Проведен анализ техногенного воздействия отходов минерально-сырьевого комплекса на атмосферный воздух и земли. Установлено, что эколого-экономический риск негативного воздействия определяется вероятностью возникновения эколого-экономического ущерба. Проанализирована вероятность ущерба от загрязнения земель в зоне воздействия техногенных массивов. Научно-исследовательские работы проводились при поддержке «Американского фонда гражданских исследований и разработок».

Ответственное производство: инновационные разработки и достижения

Учитывая, что важнейший приоритет последних лет государственной политики России отдается импортозамещению, перестройка бизнеса в соответствии с концепцией устойчивого развития, приносящей прибыль, видится посильной задачей. Ответственное производство и потребление — это стремление производить больше из меньшего количества ресурсов, то есть быть ресурсоэффективными.

Литвинова Т.Е., Сучков Д.В. Получение легкого золобетона как перспективное направление утилизации техногенных продуктов (на примере отходов водоотведения) // Записки Горного института. 2023. Т. 264. С. 906-918. EDN: LMZCWX <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16020>



Аннотация. Исследование посвящено разработке способа утилизации техногенного сырья с перспективой вовлечения продукции на его основе в производство новых строительных материалов. Рассмотрены результаты российских и зарубежных исследований, посвященных полезному использованию отходов (фосфогипс, металлургические шлаки, отходы очистки городских и производственных сточных вод и т.д.) в качестве вторичных материальных ресурсов в отрасли строительных материалов. Установлено, что использование золы от сжигания осадка городских сточных вод в строительстве представляется перспективным направлением в совокупности эколого-экономической эффективности. Проведенное исследование подтверждает соответствие компонентов легких бетонов с добавлением золы требованиям нормативной документации по ряду показателей. Разработан состав сырьевой смеси для производства легко-

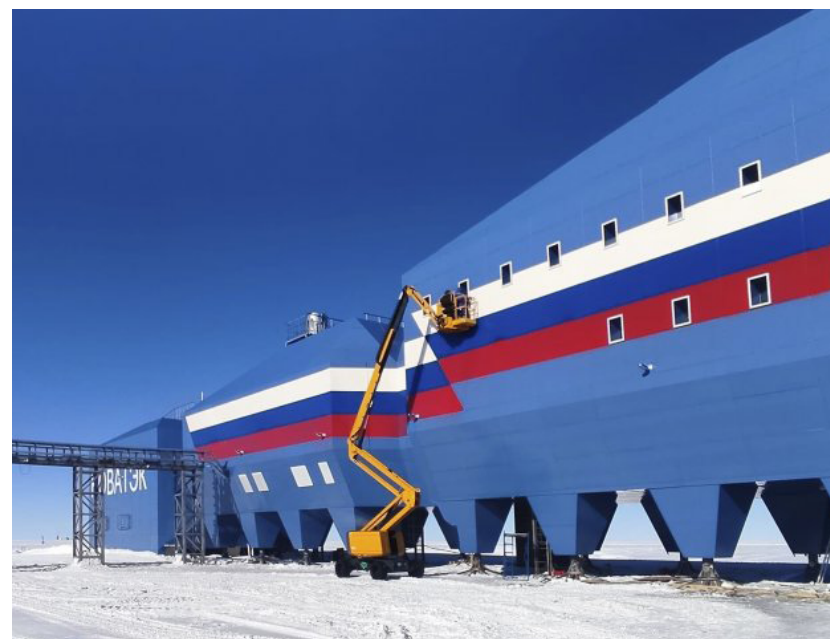
го бетона с золой сжигания осадка городских сточных вод в качестве замены части цемента. По параметрам он не ниже стандартного легкого бетона, маркированного как D1300 (плотность не ниже 1,3 г/см³), Vtb2 (прочность на изгиб не менее 2 МПа), M200/B15 (прочность на сжатие не менее 15 МПа), пригодного для использования в строительстве, ремонте автомобильных дорог и благоустройстве городских территорий.

Большунов А.В., Васильев Д.А., Дмитриев А.Н., Игнатьев С.А., Кадочников В.Г., Крикун Н.С., Сербин Д.В., Шадрин В.С. Результаты комплексных экспериментальных исследований на станции Восток в Антарктиде // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 724-741. EDN: WQNJET. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16308>



Аннотация. Научные исследования в районе российской антарктической станции Восток ведутся с дня ее основания 16 декабря 1957 г. Актуальность проведения работ по изучению региона неуклонно возрастает, что подтверждается Стратегией развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2030 года. В рамках реализации Стратегии Санкт-Петербургский горный университет решает задачи комплексного исследования района станции Восток, включая подледниковое озеро Восток, связанные с разработкой современных технологий и технических средств бурения ледников и подстилающих горных пород, вскрытия подледниковых водоемов, отбора проб воды и донных отложений, а также с проведением комплексных геолого-геофизических исследований. Для успешной реализации Стратегии на каждом этапе выполнения работ необходимо выявление и развитие междисциплинарных связей при соблюдении требований по минимизации воздействия на окружающую среду. В сезон 68-й Российской антарктической экспедиции сотрудниками Горного университета наряду с текущими были начаты исследования динамических взаимодействий между силами Земли, от самых глубоких недр до поверхности ледника. Выполнены буровая и научно-исследовательская программы. Буровая программа реализова-

на совместно с коллегами из Арктического и антарктического научно-исследовательского института на буровом комплексе скважины 5Г. Научно-исследовательская программа включала: малоглубинные сейсмические исследования, колонковое бурение снежно-фирновой толщи, изучение петроструктурных особенностей снежно-фирновой толщи, исследования эффективности шламособорных фильтров при бурении снежно-фирновой толщи и процесса разрушения льда возвратно-вращательным способом, стендовые испытания акустического сканера. В результате проведения буровых работ в скважине 5Г на интервале глубин 3453,37-3534,43 м получен керн льда возрастом более 1 млн лет. В научно-исследовательских работах реализован междисциплинарный подход к изучению снежно-фирновой толщи, позволивший проанализировать достоверность результатов, достигнутых разными методами. Получены данные, необходимые для разработки новых технологий бурения ледников.



© Санкт-Петербургский горный университет

Непша Ф.С., Варнавский К.А., Воронин В.А., Заславский И.С., Ливен А.С. Перспективы применения генерации на возобновляемых источниках энергии на угледобывающих предприятиях // Записки Горного института. 2023. Т. 261. С. 455-469 <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16215>



Аннотация. Рассматривается проблема развития возобновляемой энергетики на угледобывающих предприятиях Российской Федерации. Представлена методология оценки технико-экономической эффективности внедрения возобновляемых источников энергии на базе имитационного моделирования. Проведен анализ потенциала солнечной и ветровой энергетики для угледобывающих регионов РФ. С применением авторской программы для ЭВМ выполнено моделирование режима работы системы электроснабжения для следующих сценариев внедрения генерации на возобновляемых источниках энергии: солнечной генерации, ветрогенерации, солнечной генерации с накопителем энергии, ветрогенерации и солнечной генерации. По итогам расчета представлен технико-экономический анализ рассмотренных вариантов на примере Ростовской обл. Выполнен анализ чувствительности инвестиционного проекта в условиях неопределенности развития российской возобновляемой энергетики. Сделан вывод, что даже в условиях создания рынка квот на выбросы CO₂ и установления цен на уровне Сахалинского эксперимента возобновляемая энергетика на предприятиях минерально-сырьевого комплекса в РФ остается малопривлекательной и требует дополнительной поддержки.



© Фортост Северо-Запад

Клюев Р.В., Моргоева А.Д., Гаврина О.А., Босиков И.И., Моргоев И.Д. Прогнозирование планового потребления электроэнергии для объединенной энергосистемы с помощью машинного обучения // Записки Горного института. 2023. Т. 261. С. 392-402. EDN: FJGZTV. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16185>



Аннотация. Представлены результаты исследований по разработке прогностических моделей по ретроспективным данным о плановом потреблении электроэнергии в регионе со значительной долей предприятий минерально-сырьевого комплекса. Поскольку энергоемкость промышленности остается довольно высокой, актуальна задача по рационализации потребления электроэнергии. Одним из путей повышения точности управления при планировании расходов на электроэнергию является прогнозирование электрических нагрузок. Несмотря на большое количество научных работ по

теме прогнозирования электропотребления, данная проблема остается актуальной из-за изменяющихся требований оптового рынка электроэнергии и мощности к точности прогнозов. Поэтому цель настоящего исследования – поддержка управленческих решений в процессе планирования объемов электропотребления. Для этого необходимо создать прогностическую модель и определить перспективное электропотребление энергосистемы. С этой целью проведен сбор и анализ исходных данных, их предобработка, отбор признаков, создание моделей и их оптимизация. Созданные модели основаны на ретроспективных данных о плановом электропотреблении, показателях работы энергосистемы (частоте), а также метеорологических данных. Методы исследований – ансамблевые методы машинного обучения (алгоритмы случайного леса, градиентного бустинга XGBoost и CatBoost), а также модель рекуррентной нейронной сети долгой краткосрочной памяти (LSTM). Полученные модели позволяют с достаточно высокой точностью создавать краткосрочные прогнозы электропотребления (на период от одних суток до недели). Применение моделей, основанных на алгоритмах градиентного бустинга, и моделей нейронных сетей дали прогноз с погрешностью менее 1 %, что позволяет рекомендовать их для применения при прогнозировании планового электропотребления объединенных энергосистем.

Скобелев Д.О., Череповицына А.А., Гусева Т.В. Технологии секвестрации углекислого газа: роль в достижении углеродной нейтральности и подходы к оценке затрат // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 125-140. DOI: 10.31897/PMI.2023.10



Аннотация. Технологии секвестрации углекислого газа (Carbon Capture, Utilization and Storage – CC(U)S) представляют собой совокупность необходимых и перспективных мер сокращения выбросов CO₂, не используемых масштабно из-за высокой стоимости решений. Цель статьи – обзор и анализ подходов к оценке затрат на технологии секвестрации с опреде-

лением прогнозируемого вклада решений в достижение углеродной нейтральности. Исследование показало наличие большого количества подходов к оценке цикла CCS, отсутствие унификации, ограниченность и разброс данных по стоимости решений. Тем не менее наблюдается ряд сложившихся подходов к оценке затрат: разделение отраслей-адаптеров CCS на дешевые и дорогие; определение затрат по стадиям технологического цикла (улавливание, транспорт, захоронение) и отраслям-адаптерам технологий (электроэнергетика и другие промышленные сектора); расчет удельных показателей для сравнения с другими опциями декарбонизации и др. Результаты исследования могут служить базой для разработки подходов к оценке затрат на CCS в России, необходимых для планирования мер государственной поддержки и вовлечения бизнеса в реализацию этих инициатив.



© Форпост Северо-Запад / Павел Долганов

Соколов И.В., Антипин Ю.Г., Рожков А.А., Соломеин Ю.М. Экогеотехнология добычи бедных руд с созданием условий для попутной утилизации отходов горного производства // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 289-296. DOI: 10.31897/PMI.2023.21



Аннотация. В связи с постоянно ухудшающейся экологической обстановкой в регионах размещения предприятий горной промышленности, в статье рассмотрен актуальный вопрос утилизации максимально возможного объема отходов добычи и переработки бедных руд черных металлов за счет создания эффективной подземной экогеотехнологии. Традиционная технология с нисходящей отработкой запасов системой с обрушением не позволяет утилизировать отходы в выработанном пространстве. Идея заключается в применении геотехнологии, основанной на восходящем порядке отработки рудного тела, камерной выемке, оставлении целиков усеченной формы и шахматном расположении смежных камер по высоте, что позволяет сформировать емкости для размещения отходов в виде бесцементной закладки. Исследованы основные показатели предлагаемой технологии и выполнено их сравнение с традиционной технологией отработки бедных железных руд. Установлено, что с точки зрения полноты извлечения запасов и удельных затрат на проходку подготовительно-нарезных выработок технологии сопоставимы, в то время как по показателю качества извлечения предлагаемый вариант значительно эффективней. Оценка экогеотехнологии по критерию утилизируемости отходов, выполненная по предложенной методике, показала, что совокупностью названных технических решений обеспечивается размещение в сформированном выработанном пространстве от 80 до 140 % всех отходов, образующихся при добыче и обогащении бедных железных руд.

Чукаева М.А., Матвеева В.А., Сверчков И.П. Комплексная переработка высокоуглеродистых золошлаковых отходов // Записки Горного института. 2022. Т. 253. С. 97-104. DOI: 10.31897/PMI.2022.5



Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема переработки золошлаковых отходов предприятия АО «Полюс Алдан», на котором их накоплено более 1 млн т. По результатам обзора отечественной и зарубежной литературы выбрано четыре перспективных направления их использования: дорожное строительство, строительные материалы, мелиорация нарушенных земель, инертные заполнители. Для оценки возможности реализации выбранных направлений утилизации были отобраны и исследованы пробы золошлаковых отходов рассматриваемого предприятия. Определены топливные характеристики, химический и минеральный состав, а также физико-химические и механические свойства отходов. С учетом результатов комплексных лабораторных исследований и требований нормативных документов оценено каждое из выбранных направлений использования золошлаковых отходов. Установлено, что их утилизация традиционными способами имеет ограничения, связанные, главным образом, с большим содержанием остатков несгоревшего топлива. Высокие содержания горючих веществ и высокая удельная теплота сгорания при относительно низкой зольности позволили предположить возможность термической утилизации изученных отходов. На основании литературных данных выбраны характеристики приготовления органоводоугольных суспензий на основе изученных золошлаковых отходов. В результате проведения ряда экспериментов по их факельному сжиганию доказана целесообразность использования полученного топлива на рассматриваемом предприятии. Отмечена возможность применения золы, получаемой после термической утилизации отходов в дорожно-строительной сфере. Определена перспективность дальнейших исследований технологий приготовления и режимов сжигания суспензионного топлива на основе золошлаковых отходов.

Гусев Е.А. Итоги и перспективы геологического картирования арктического шельфа России // Записки Горного института. 2022. Т. 255. С. 290-298. DOI: 10.31897/PMI.2022.50



Аннотация. Проанализированы результаты создания комплектов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 на арктический континентальный шельф России. Подведены итоги и показаны основные проблемы геологического картирования. Большое значение для расшифровки геологической эволюции имеют результаты геолого-геофизических исследований Северного Ледовитого океана. Арктический шельф по своим размерам – самый широкий в мире, в то же время спрединговый океанический бассейн – один из самых узких и характеризуется аномальными чертами строения. К главным проблемам геологического картирования относятся определение границы осадочный чехол/складчатый фундамент, расшифровка геодинамической эволюции шельфа и сопряженного с ним океана, определение скоростей седиментации и стратиграфического расчленения осадочного чехла ввиду малого количества опорных буровых скважин. Перспективным является доизучение проблемных районов с неясными чертами геологического строения, а также мелкомасштабное картирование в местах промышленного освоения континентального шельфа в Арктике.

Жданев О.В., Зайцев А.В., Продан Т.Т. О возможностях создания российской высокотехнологичной компоновки низа буровой колонны // Записки Горного института. 2021. Т. 252. С. 872-884. DOI: 10.31897/PMI.2021.6.9



Аннотация. Развитие высокотехнологичных скважинных электронных измерительных систем направлено на создание современного оборудования: телеметрии, оборудования для геофизических измерений в скважине, архитектура которых подразделяется на базовую (имеющую измерительные каналы гаммакаротажа и индуктивного сопротивления) и расширенную (имеющую радиоактивные, акустические, магнитно-резонансные и термобарометрические измерительные каналы, в том числе азимутальные методы исследования). Разрабатываются наддолотные измерительные модули, роторно-управляемые системы, совершенствуются каналы передачи информации из скважины на земную поверхность и наоборот, создается специализированное наземное оборудование с глубоко интегрированным программным обеспечением. Различные измерительные модули производятся разными компаниями, в связи с чем возникает неопределенность в возможности сопряжения измерительных модулей компаний-производителей в единый скважинный измерительный комплекс. В статье представлен анализ готовности российских нефтесервисных компаний к производству скважинного и наземного оборудования для бурения российских наклонно-направленных нефтяных и газовых скважин, отвечающего современным требованиям по точности, ресурсу и условиям эксплуатации. Рассмотрена возможность создания полностью российского скважинного высокотехнологичного оборудования и необходимые ресурсы, риски и меры их митигирования при создании современного скважинного измерительного комплекса.

Трушко В.Л., Трушко О.В. Комплексное освоение железорудных месторождений на основе конкурентоспособных подземных геотехнологий // Записки Горного института. 2021. Т. 250. С. 569-577. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.10



Аннотация. В статье представлен аналитический обзор современного состояния железорудной базы черной металлургии России и мира, выделены крупнейшие железорудные провинции и производители железной руды. Выявлены перспективные направления развития и повышения качества железорудной базы России и особенности освоения новых месторождений богатых железных руд. Предложены эффективные технологии разработки месторождений богатых железных руд, обеспечивающие увеличение объемов добычи. Выполнено геомеханическое обоснование рациональных технологических параметров, которые легко адаптируются к изменениям горно-геологических условий. На основе результатов натурных исследований обосновано применение упруго-пластической модели с критерием прочности Кулона – Мора для моделирования изменения напряженно-деформированного состояния рудного массива при ведении горных работ и разработаны рекомендации по обеспечению устойчивости горных выработок. Представлены эффективные инженерно-технические решения комплексного освоения и глубокой переработки богатых железных руд с получением фракционированной аглоруды, повышающей эффективность металлургических процессов, производством высокосортных железоокисных пигментов и железорудных брикетов, повышающих конкурентоспособность железорудных компаний и полноту использования ресурсного потенциала месторождений.



*МГС 405 156. Магнетит.
Месторождение – Курская магнитная аномалия,
Курская область.*

Абрамович Б.Н., Богданов И.А. Повышение эффективности автономных электротехнических комплексов нефтегазовых предприятий // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 408-416. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.10



Аннотация. В соответствии с Энергетической стратегией до 2035 г. обоснована возможность повышения эффективности использования энергии вторичных энергоресурсов в виде попутного нефтяного и отработанного газов путем повышения коэффициента использования энергии первичного энергоносителя до 90-95 % посредством когенерационных установок с бинарным циклом генерации электроэнергии и тригенерационных систем с использованием энергии отработанного газа для охлаждения потока воздуха на входе газотурбинных установок. Показаны условия поддержания номинальной мощности основного генератора при вариации показателей температуры окружающей среды. Представлена эффективная топология электротехнических комплексов в многосвязной системе электроснабжения нефтегазовых предприятий по условию надежности, позволяющая увеличить коэффициент готовности на 0,6 %, среднюю наработку на отказ на 33 %, вероятность безотказной работы на 15 % и уменьшить среднее время восстановления системы на 40 %. Рассмотрено применение параллельных активных фильтров для повышения качества электроэнергии и снижения провалов напряжения до 0,1 с при их использовании в автономных электротехнических комплексах нефтегазовых предприятий. Доказана возможность обеспечения бесперебойного электроснабжения при применении тиристорных систем автоматического ввода резерва. Проведен сравнительный анализ для оценки влияния параллельных активных фильтров и тиристорных систем автоматического ввода резерва на основные показатели надежности систем электроснабжения нефтегазовых предприятий.

Белозеров И.П., Губайдуллин М.Г. О концепции технологии определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов на цифровой модели ядра // Записки Горного института. 2020. Т. 244. С. 402-407. DOI: 10.31897/PMI.2020.4.2



Аннотация. Целью статьи является формирование концепции технологии определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов методами математического моделирования на цифровой модели ядра. Цифровое моделирование ядра применяется при оценке геологических запасов нефти. В статье представлена концепция технологии цифрового моделирования ядра, позволяющая проводить качественные исследования по определению фильтрационно-емкостных характеристик пласта, включающая в себя моделирование порового пространства и фильтрационных процессов. Суть концепции состоит в том, что имитационная модель микроструктуры цифровой модели формируется на основе большого количества параметров, получаемых в ходе литолого-петрографических исследований шлифов, исследований шлама и геофизических исследований скважин. Сформированная модель может быть использована в качестве основы для последующего моделирования фильтрационных процессов. Проводимость одиночных каналов сформированной модели может быть рассчитана при помощи методов молекулярной динамики, моделей решетчатых уравнений Больцмана и других математических моделей и методов. На основании результатов проведенных исследований обосновано применение методов стохастической упаковки для моделирования структуры порового пространства цифровой модели ядра терригенных коллекторов. В связи с развитием компьютерных и нанотехнологий и использованием их в нефтегазовой промышленности решения, позволяющие получить адекватные результаты цифровых моделей ядра, имеют высокую важность и актуальность для отрасли. Особенно важным представляется использование цифровых моделей ядра при исследованиях сложных с точки зрения проведения физических экспериментов пород-коллекторов шельфовых месторождений западной части российской Арктики, нефтяных сланцев, пород, представленных рыхлыми слабосцементированными коллекторами и других.

Волкодаева М.В., Киселев А.В. О развитии системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 589-596. DOI: 10.25515/PMI.2017.5.589



Аннотация. В статье предлагаются направления развития системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в РФ, а именно: увеличение количества стационарных постов контроля загрязнения атмосферы в каждом конкретном городе; расширение списка городов, где ведутся постоянные измерения концентраций загрязняющих веществ; расширение перечня контролируемых примесей за счет внедрения автоматизированных систем мониторинга качества атмосферного воздуха, развитие расчетных методов мониторинга качества атмосферного воздуха, включающих не только информацию об уровнях загрязнения с точки зрения соблюдения гигиенических нормативов, но и оценку уровней загрязнения с позиции экологического риска здоровью населения. Отмечается большая чувствительность растений к низкому качеству атмосферного воздуха по сравнению с чувствительностью животных и человека. Приводятся нормативы качества атмосферного воздуха для растительности. Предлагается оценивать качество атмосферного воздуха не только с точки зрения воздействия на здоровье человека, но с учетом воздействия на растительность, включить в программу маршрутных наблюдений, которые осуществляются передвижными лабораториями мониторинга атмосферного воздуха, территории с зелеными насаждениями общего пользования, что позволит повысить информативность мониторинга атмосферного воздуха и состояния зеленых насаждений. В связи с увеличивающимся уровнем шума в крупных городах и отсутствием постоянно действующей системы мониторинга шума, предлагается оснастить действующие и новые станции мониторинга приборами измерения уровней шума для обеспечения достоверной информации для разработки соответствующих природоохранных мероприятий.

Невская М.А. Принципы управления отходами добычи и переработки в условиях разграничения прав собственности на полезные ископаемые // Записки Горного института. 2014. Т. 208. С. 49-55. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5329>



Аннотация. Тенденция к накоплению отходов добычи и переработки, снижение качества и ухудшение структуры разведанных запасов, слабая заинтересованность производителей в комплексной переработке извлекаемых полезных ископаемых определяют необходимость применения ряда организационно-правовых мер, мотивирующих переработку и использование отходов. Одной из таких мер является разграничение прав собственности на отходы добычи и переработки, часть которых должна поступать распоряжение хозяйствующего субъекта. Сформулированные в статье принципы управления отходами: приоритет государственных интересов, системность учета, мотивация и стимулирование – направлены на более широкое использование отходов добычи и переработки, интенсификацию воспроизводства минерально-сырьевой базы, привлечение малого горного бизнеса.

Веселова Ю.А. Организационно-правовые вопросы утилизации и переработки твердых бытовых отходов // Записки Горного института. 2014. Т. 208. С. 14-17. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5322>



Аннотация. Рассмотрена нормативная база в сфере утилизации и переработки отходов. Приведены статистические данные по производству и переработке отходов. Рассмотрена роль муниципалитетов в проблеме утилизации отходов. Изучен европейский подход к управлению отходами. Даны рекомендации по совершенствованию управления отходами в России.

Баркан М.Ш., Маховиков А.Б., Кабанов Е.И. Современные технологии управления отходами производства и потребления при функционировании горно-промышленных агломераций // Записки Горного института. 2014. Т. 207. С. 164-167. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5408>



Аннотация. Любая промышленная агломерация представляет собой территорию не только с высокой концентрацией промышленных объектов, но с большой плотностью населения. Это, в свою очередь, является важнейшей предпосылкой к возникновению проблем, связанных со значительным объемом образующихся отходов производства и потребления. Для решения подобных вопросов необходимо не только совершенствовать технологии по переработке различного рода отходов, но и налаживать системы по оперативному сбору и транспортировке.

Баркан М.Ш., Малышкин М.М. Сравнительный анализ отечественной и зарубежной практики обращения с твердыми коммунальными отходами // Записки Горного института. 2013. Т. 203. С. 39-41. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5601>



Аннотация. Увеличение бытовых отходов в Санкт-Петербурге и Ленинградской области неизбежно приводит к ухудшению состояния окружающей среды, но, к сожалению, политические приоритеты в сфере обращения с отходами далеко не идеальны и преобладающее невмешательство политики приводит и к экономической неэффективности обращения с отходами.

Федченко А.А., Исеева Л.И. Проблемы развития государственно-частного партнерства в недропользовании // Записки Горного института. 2013. Т. 201. С. 125-130. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/5732>



Аннотация. Рассмотрены вопросы государственно-частного партнерства (ГЧП) в недропользовании. Выявлены проблемы развития ГЧП в сфере недропользования различных регионов России. Предлагается использовать методические подходы к решению обозначенных задач путем концентрация усилий и средств в пределах компактных областей – минерально-сырьевых центров экономического развития (ЦЭР).



© Форпост Северо-Запад

Ковшов С.В. Проблема отходов органического происхождения и вермитехнология как вариант ее решения в Республике Мордовия // *Записки Горного института*. 2009. Т. 181. С. 217-219. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/7077>



Аннотация. Статья посвящена проблеме отходов. Особое внимание обращено на ситуацию, складывающуюся в сфере обращения с органическими отходами в Республике Мордовия. В качестве одного из перспективных вариантов ее решения предлагается использование возможностей вермитехнологии, т.е. переработке отходов органического происхождения с помощью дождевых червей, и создание комплексной системы управления в сфере обращения с отходами.

Пашкевич М.А., Мовчан И.Б., Петрова Т.А. Мониторинг техногенного воздействия экологически опасных объектов ОАО «Газпром» // *Записки Горного института*. 2007. Т. 172. С. 201-204. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/7649>



Аннотация. Предложена система производственного экологического мониторинга (ПЭМ) для объектов ОАО «Газпром». В качестве программного обеспечения системы ПЭМ предлагается использовать информационно-измерительную систему ARCGis, позволяющую осуществлять оперативный сбор измерительных данных о состоянии наблюдаемых природных объектов, их обработку и анализ, а также распространение результатов мониторинга между различными производственными подразделениями предприятия. Выявлено, что одним из наиболее рациональных подходов к формированию системы ПЭМ является ввод блока интерпретации космических снимков, выполняющихся в нескольких спектральных диапазонах и обладающих большой пространственной разрешающей способностью.

Научное издание

УСТОЙЧИВАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Дайджест

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

№ 6 • 2024

Ответственный за выпуск *С.В. Синявина*

Составитель *П.В. Котова*

Компьютерная верстка *С.А. Лысенко*

Фотографии предоставлены Горным музеем
и сетевым изданием «Форпост Северо-Запад»
(фотограф *П.В. Долганов*)

Издательский дом
Санкт-Петербургского горного университета
императрицы Екатерины II
<https://pmi.spmi.ru>

Горный музей
<https://museum.spmi.ru>



Запрос на составление дайджеста по интересующей тематике
можно направлять на pmi@spmi.ru