

Издается Санкт-Петербургским горным университетом
императрицы Екатерины II

С 1907 ГОДА

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

ДАЙДЖЕСТ



КОНГРЕСС ПО НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ И НЕФТЕХИМИИ: СИНТЕЗИС 2024

№ 14 • 2024

PMI.SPMI.RU

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II

**КОНГРЕСС
ПО НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ
И НЕФТЕХИМИИ:
СИНТЕЗИС 2024**

ДАЙДЖЕСТ

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

№ 14

**Санкт-Петербург
2024**

*На обложке: Ларец с коллекцией нефтепродуктов (фрагмент).
Ремесленное училище цесаревича Николая, Санкт-Петербург, 1888.
Из коллекции Горного музея*

Аннотация

Текущий выпуск дайджеста журнала «Записки Горного института» – одного из старейших ведущих российских и международных рецензируемых изданий – приурочен к проведению Конгресса по нефтепереработке и нефтехимии: СИНТЕЗИС 2024, который пройдет в Санкт-Петербурге 28-29 октября 2024 года. В дайджесте представлены статьи журнала за последние годы, посвященные проблемам локализации запасов и трудноизвлекаемого сырья, углеродного регулирования, развития нефтегазохимической отрасли и импортозамещения, вопросам цифровизации и искусственного интеллекта на производстве.

© Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II, 2024

Пономаренко Т.В., Горбатюк И.Г., Череповицын А.Е. Промышленные кластеры как организационная форма развития нефтегазохимической отрасли России // Записки Горного института. 2024. С. 1-13. EDN DESOAU. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16368>

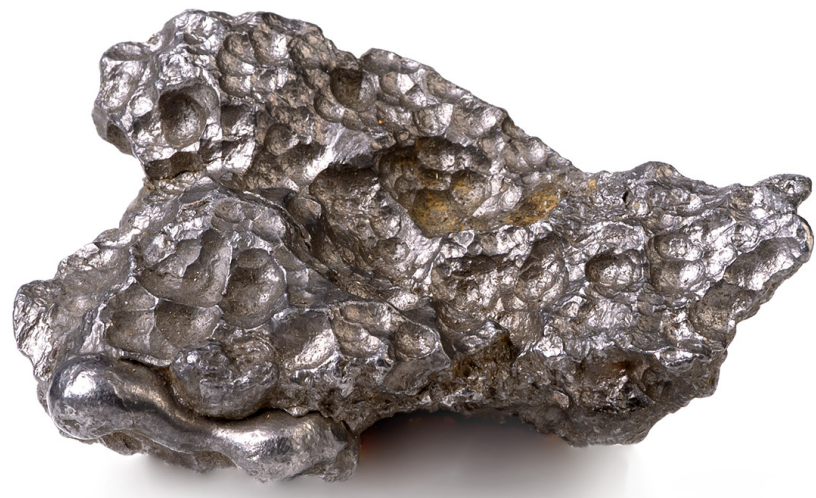


Аннотация. В статье рассматриваются проблемы развития нефтегазохимической отрасли в России в последнее десятилетие и причины существенного отставания отрасли от других промышленно развитых стран. Выполнен анализ академических исследований по кластерной тематике, включая сравнение, обобщение и систематизацию факторов развития нефтегазохимической отрасли в России. Развитие нефтегазохимической отрасли по цепочке «производственные комбинаты – производственные комплексы» требует перехода к новому этапу – кластерной организации, которая позволит нефтегазохимической отрасли повысить эффективность использования ресурсов и конкурентоспособность продукции, а также снизить издержки производства. Проанализированы и обобщены основные кластерные концепции, включая определения, признаки, состав и элементы кластеров. Рассмотрены стратегические документы развития нефтегазохимического сектора и достигнутые результаты при формировании нефтегазохимических кластеров в России, а также опыт создания и инструментарий государственной поддержки химических кластеров в Европе и Азии. Обосновано, что успешное развитие кластеров в нефтегазохимии связано с государственной инициативой их создания и обусловлено государственной поддержкой развития инфраструктуры, а также необходимостью наличия в составе кластера научно-исследовательских организаций, способствующих созданию наукоемкой продукции, объединения участников с целью формирования эффективной цепочки добавочной стоимости с учетом НИОКР и специфических активов. При создании нефтегазохимических кластеров в России следует учитывать индивидуальность и уникальность каждого кластера с учетом используемых видов сырья и ресурсов, требуемой инфраструктуры, мер поддержки и стимулирования со стороны государства.

Пашкевич Н.В., Хлопонина В.С., Поздняков Н.А., Аверичева А.А. Анализ проблем воспроизводства минерально-сырьевой базы дефицитных стратегических полезных ископаемых // Записки Горного института. 2024. С. 1-20. EDN HNTQBF. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16430>



Аннотация. Приведены результаты исследования дефицита стратегических полезных ископаемых в Российской Федерации, внутреннее потребление которых в значительной степени обеспечивается вынужденным импортом и/или складированными запасами. Актуальность работы связана с обострением геополитической ситуации и возросшей необходимостью обеспечения потребностей национальной экономики в сырьевых ресурсах за счет собственных источников. Проведен анализ состояния минерально-сырьевой базы дефицитных полезных ископаемых Российской Федерации, выявлены проблемы и установлены перспективы ее развития с учетом внутреннего спроса на дефицитные полезные ископаемые, области их применения и основных потребителей. Сокращение дефицита за счет импорта зарубежного сырья и разработки зарубежных месторождений не обеспечивает воспроизводство отечественной минерально-сырьевой базы, независимость страны от импортного сырья, а также дополнительные конкурентные преимущества, экономическую стабильность и безо-



Графит. Из коллекции Горного музея

пасность. Установлено, что существенным фактором, сдерживающим развитие минерально-сырьевой базы, является недостаточное внедрение новых технологических решений по использованию руды низкого качества. Улучшение технологий в отрасли является актуальным для всех видов дефицитных полезных ископаемых для решения проблемы воспроизводства их минерально-сырьевой базы. С учетом перспектив развития минерально-сырьевой базы по рассматриваемым полезным ископаемым (марганец, уран, хром, плавиковый шпат, цирконий, титан, графит) требуется комплекс правовых и экономических мер, направленных на повышение инвестиционной привлекательности проведения геологоразведочных работ для недропользователей за счет собственных средств без привлечения государственного финансирования. Комплекс предлагаемых мер с учетом анализа положительного опыта зарубежных стран включает развитие юниорного бизнеса при расширении действия «заявительного» принципа, рынка венчурного капитала, разнообразные налоговые льготы, льготные ссуды, а также условия для развития инфраструктуры в отдаленных регионах. Предложенное решение проблемы дефицита стратегических полезных ископаемых позволит в дальнейшем представить меры по устранению дефицита отдельных видов стратегических полезных ископаемых с учетом их специфики.

Бурханов Р.Н., Лутфуллин А.А., Раупов И.Р., Максютин А.В., Валиуллин И.В., Фаррахов И.М., Швыденко М.В. Локализация и вовлечение в разработку остаточных извлекаемых запасов многопластового нефтяного месторождения // Записки Горного института. 2024. Т. 268. С. 599-612. EDN DKXZSP. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/15996>



Аннотация. При заводнении многопластового нефтяного месторождения происходит постоянное ухудшение структуры и состава остаточных запасов по геологическим и технологическим причинам. Наибольшая доля остаточных запасов локализуется в целиках, возникающих при неравномерной выработке эксплуатационного объекта и представляющих собой недренлируемые или слабодренлируемые зоны. Приводятся результаты количественной оценки распределения по пластам и площади остаточных запасов нефти в средне- и верхнедевонских отложениях Ромашкинского месторождения Республики Татарстан. Для выявления запасов предложен ретроспективный метод, заключающийся в анализе и обобщении исторических данных по разведке и длительной истории разработки пластов, а для их

количественной оценки – алгоритм подсчета. Установлено, что остаточные запасы нефти локализируются в разрезающих и нагнетательных, а также центральных и стягивающих добывающих рядах, в ликвидированных и пьезометрических скважинах, на участках, примыкающих к зонам слияния коллекторов, выклинивания, контурам нефтеносности, распространения коллекторов с ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами. В зависимости от геологических условий предложены алгоритмы подбора геолого-технических мероприятий для включения локализованных запасов в разработку и прогнозирования профилей добычи. Согласно предложенному методу выявлены остаточные извлекаемые запасы и рекомендован ряд скважин к проведению опытных работ по их доизвлечению: в скважине 16 (здесь и далее по тексту приняты условные номера скважин) после изоляции вышележающих высокообводненных пластов проведен дострел и получен приток нефти, в скважине 6 – дострел и при освоении получена нефть. Таким образом, разработанные подходы к выявлению остаточных извлекаемых запасов и закономерности их пространственного размещения могут быть рекомендованы на других многопластовых нефтяных месторождениях с длительной историей разработки.

Пшенин В.В., Закирова Г.С. Повышение эффективности систем улавливания паров нефти при товарно-транспортных операциях на нефтеналивных терминалах // Записки Горного института. 2024. Т. 265. С. 121-128. DOI: 10.31897/PMI.2023.29



Аннотация. Рассмотрена проблема потерь от испарения легких фракций углеводородов при погрузке судов танкерного флота. Установлено, что в открытых источниках единого подхода к моделированию системы «танкер – трубопровод отвода газовой фазы – установка рекуперации паров» не существует. Отсутствие общепризнанной модели делает невозможным научно-обоснованное применение средств сокращения потерь и разработку соответствующих мероприятий. Динамика роста давления во внутренней емкости танкера описывается дифференциальным уравнением, учитывающим нестационарный характер процесса. Уравнение преобразовано к безразмерному виду и исследовано относительно критериев подобия данной системы. Такое исследование позволило однозначно установить общий характер изменения давления во

внутренней емкости танкера и прогнозировать пиковые значения его роста на начальном этапе операции погрузки. Полученные уравнения апробированы на данных реальных погрузок танкеров и показали удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными. На разных этапах операции погрузки компонентный состав паров меняется, что показано в результате хроматографического анализа газовой смеси. Располагая моделью вытеснения углеводородных паров из внутренней емкости танкера, стало возможным предложить мероприятия по минимизации негативного воздействия на окружающую среду и возврату ценных паров продукта в технологическую цепочку транспорта.

Томский К.О., Иванова М.С. Оптимизация расположения многозабойной скважины в тонкой нефтяной оторочке, осложненной наличием обширной газовой шапки // Записки Горного института. 2024. Т. 265. С. 140-146. EDN XOVEYF. <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/15985>



Аннотация. Удельная доля запасов трудноизвлекаемого углеводородного сырья неуклонно растет. Поиск технологий, позволяющих повысить коэффициент извлечения углеводородов, является одной из самых актуальных задач, стоящих перед нефтегазовой отраслью. Один из методов увеличения охвата запасов нефти и повышения нефтеотдачи пласта – применение технологии бурения многозабойных скважин с траекторией fishbone. В Российской Федерации скважина, обладающая наибольшей разветвленностью, пробурена на территории Республики Саха (Якутия) на Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении. Основной объект разработки – ботуобинский горизонт (пласт Бт). Около 75 % геологических запасов пласта сосредоточено в тонкой нефтяной оторочке со средней толщиной нефтенасыщенного слоя в 10 м с обширной газовой шапкой. Данное обстоятельство является одним из основных осложняющих факторов при разработке Среднеботуобинского НГКМ. Для подобного рода сложных скважин одним из наиболее важных этапов проектирования является определение оптимального расположения скважины fishbone в нефтенасыщенном пласте. В статье показаны результаты секторного моделирования в условиях Среднеботуобинского месторождения по определению оптимального расположения многозабойных скважин на симуляторе Tempest.

Большунов А.В., Васильев Д.А., Дмитриев А.Н., Игнатъев 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 реализована совместно с коллегами из Арктического и антарктического научно-исследовательского института на буровом комплексе скважины 5Г. Научно-исследовательская программа включала: малоуглубинные сейсмические исследования, колонковое бурение снежно-фирновой толщи, изучение петроструктурных особенностей снежно-фирновой толщи, исследования эффективности шламоборных 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.



*Окаменелое дерево. Озеро Бивер, Восточная Антарктида.
Из коллекции Горного музея*

Юшкова Е.А., Лебедев В.А. Повышение энергоэффективности вакуумной установки перегонки мазута с помощью пинч-анализа // Записки Горного института. 2023. Т. 261. С. 415-427. EDN LXDVDP. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/16179>



Аннотация. Повышение энергоэффективности нефтеперерабатывающего предприятия – актуальная задача государства. Объектом исследования является вакуумная установка перегонки мазута, включающая блок предварительного нагрева сырья и печь подогрева мазута перед колонной. Пинч-анализ позволяет проанализировать и оптимизировать большое количество тепловых потоков. Анализ и повышение энергоэффективности объекта исследования проводится энтальпийным пинч-анализом. С целью снижения тепловой нагрузки печей введены дополнительные потоки в систему теплообмена блока подогрева нефти. Проведена параметрическая оптимизация новой системы теплообмена, определены минимальные потребности системы теплообмена во внешних энергоносителях. Построен энтальпийный каскад системы теплообмена, который наглядно показывает распределение тепла между каждым тепловым потоком системы. Поиск оптимальной потоковой теплоемкости продуктов сгорания печи – важный пункт в анализе энергоэффективности печи. Выявлена оптимальная потоковая теплоемкость, при которой потери тепла с уходящими газами минимальны. В результате проведенных исследований повышена эффективность блока предварительного нагрева мазута за счет доведения рекуперации тепла до максимума, а затраты на внешние энергоносители минимизированы. Уменьшением потерь тепла с уходящими газами удалось увеличить КПД печи.

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 QYBHMС. <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 устой-

чивых 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.

Литвиненко В.С., Петров Е.И., Василевская Д.В., Яковенко А.В., Наумов И.А., Ратников М.А. Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 95-111. DOI: 10.31897/PMI.2022.100



Аннотация. Минеральные ресурсы как природный капитал могут быть преобразованы в человеческий, социально-общественный и физический капитал, гарантирующий устойчивое развитие страны, исключительно при профессиональном государственном управлении. Государственное управление минерально-сырьевым потенциалом страны рассматривается как элемент транснационального управления. Управление предусматривает использование законов, правил и инструкций в рамках юрисдикционных и секторных возможностей государства, минимизирующего своё участие, как производителя. Исследованы особенности идеологии экономического либерализма, поляризирующей общества стран-производителей минерального сырья, отрицающей роль государства, как участника рынка. Представлен анализ влияния радикального нового порядка нелиберальной мировой идеологии на развитие горной отрасли и госрегулирование.

Герасимов А.М., Устинов И.Д., Зырянова О.В. Использование глинодержащих отходов в качестве пуццолановых добавок // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 313-320. DOI: 10.31897/PMI.2023.33



Аннотация. Рост производительности горно-обогатительных предприятий влечет за собой увеличение объемов наливных и намывных хвостохранилищ отходов переработки руд. Перед предприятиями стоит задача минимизировать воздействие отходов на окружающую среду и гарантировать санитарно-эпидемиологическую безопасность населения. В статье представлена возможность утилизации одного из видов таких отходов (глиносодержащих хвостов обогащения апатито-нефелиновых и сильвенитовых руд, хвостов углеобогащения) путем использования их после предварительной термохимической обработки в качестве пуццолановых добавок к цементам и бетонам, в том числе к бетонным смесям, применяемым для стабилизации грунтов, в обустройстве территорий, рекультивации горных выработок, в качестве компонента изолирующего слоя полигонов для захоронения твердых коммунальных отходов. Анализ фазовых изменений каолинита, одного из основных минералов, входящих в состав глиносодержащих отходов, в диапазоне температур 200-1000 °С показал, что изменение его минеральной формы при термообработке – основной фактор изменения его пуццолановой активности. Рассмотрено влияние термообработки глинистых минералов при температуре 700-800 °С на их пуццолановую активность, оцениваемую по способности поглощать гидроксид кальция (0,7 г Са(ОН)₂ на 1 г модифицированного каолинита). Показано, что добавление термообработанных образцов (20 % по массе) улучшает качество цемента, повышая его активность на 15 %, в сравнении с использованием немодифицированных глинистых минералов. Экспериментально доказано, что частичная замена портландцемента термомодифицированным каолинитом увеличивает прочность твердеющей закладки до 15 %. Такой подход к переработке руд, содержащих слоистые силикаты, предусматривающий термохимическое модифицирование исходной руды, интенсифицирует процессы сгущения и фильтрования хвостов.

Рудко В.А., Габдулхаков Р.Р., Пягай И.Н. Научно-техническое обоснование возможности организации производства игольчатого кокса в России // Записки Горного института. 2023. Т. 263. С. 795-809. EDN KYNHWL. <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/16246>



Аннотация. Россия является одним из мировых лидеров по производству стали, при этом около 33 % производства приходится на переплавку лома в дуговых сталеплавильных печах. Для работы при высоких токовых нагрузках и температуре в печах применяются графитированные электроды марок SHP и UHP, которые в основном состоят из игольчатого кокса. Производство игольчатого кокса сосредоточено в США, Японии, Корее и Китае, где в качестве сырья используют побочные продукты металлургических и нефтеперерабатывающих предприятий – угольное (смолу и пек) и нефтяное (декантойль). В России ежегодная потребность в игольчатом коксе составляет около 100 тыс. т, однако вся она удовлетворяется посредством импорта. Сырьевой потенциал России, установленный авторами статьи, составляет более 5 млн т в год и включает декантойль, каменноугольные смолу и пек, а также тяжелую смолу пиролиза. Описаны результаты получения игольчатого кокса из декантойля и тяжелой смолы пиролиза. Нарботка опытных образцов игольчатого кокса проводилась на специально разработанных лабораторных установках замедленного коксования (загрузкой до 0,25 и 80 кг). Сырье было модифицировано по оригинальной технологии Санкт-Петербургского горного университета, сходимость целевых свойств которой подтверждается результатами анализа качества полученных игольчатых коксов, в том числе и после 100-кратного масштабирования. Из полученного кокса были сформованы электроды. После стандартизированных стадий обжига, механической обработки и графитации при 2800-3000 °С коэффициент линейного термического расширения составил менее $1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а значение удельного электрического сопротивления 7,1-7,4 мкОм, что доказывает, что полученный углеродный материал соответствует по качеству японским аналогам и игольчатому коксу марки Super Premium.

Кондратьев С.А., Хамзина Т.А. Оценка собирательной активности физически сорбируемых реагентов на примере легкофлотируемого шлама коксующихся углей // Записки Горного института. 2022. Т. 256. С. 549-559. DOI: 10.31897/PMI.2022.52



Аннотация. В статье приведен один из новых подходов к теоретической оценке собирательной способности реагентов. Исследовалась эффективность действия реагентов-собирателей различного химического состава, применяемых для флотации коксующихся углей. Дана сравнительная оценка флотационной активности керосина, солярового масла, термогазойля, КЭТГОЛ и ФЛОТЭК. Выполнен поиск критериев собирательной активности указанных реагентов-собирателей для флотации угольного шлама. Установлена корреляционная связь показателей флотации угольного шлама указанными реагентами с их физическими параметрами. Показано, что скорость растекания по поверхности воды может характеризовать флотационную активность реагентов. На основании зависимости собирательной активности реагента от скорости его растекания по границе раздела «газ – жидкость» и поверхностного давления могут быть определены основные подходы к определению структуры и состава молекул эффективного флотационного собирателя. Предложена новая концепция выполняемой физически сорбируемым собирателем функции в элементарном акте флотации и критерий флотационной активности реагентов, используемых в обогащении угольных шламов. Показано, что собиратель, используемый во флотации угля, дополнительно к гидрофобизации поверхности извлекаемых частиц должен сокращать время индукции и снимать кинетическое ограничение образованию флотационного агрегата.

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.



Каменный уголь полосчатый. Из коллекции Горного музея

Земенкова М.Ю., Чижевская Е.Л., Земенков Ю.Д. Интеллектуальный мониторинг состояний объектов трубопроводного транспорта углеводородов с применением нейросетевых технологий // Записки Горного института. 2022. Т. 258. С. 933-944. DOI: 10.31897/PMI.2022.105



Аннотация. Государственной стратегической целью Российской Федерации является обеспечение безопасности критических технологий и отраслей, имеющих важное значение для развития нефтегазовой промышленности страны. Работа посвящена созданию отечественной технологии интеллектуального мониторинга состояния промышленных объектов транспорта и хранения нефти и газа. Разработана концепция современной системы мониторинга и управления безопасностью, ориентированная на обеспечение комплексного инжинирингового контроля с применением интегрированных автоматизированных систем управления, для создания интеллектуального методологического обеспечения импортозамещающих технологий. Предложен комплекс апробированных алгоритмов для мониторинга и управления процессами и состоянием технических систем с применением модульных управляющих роботизированных комплексов. Разработаны оригинальные интеллектуальные модели для мониторинга безопасности и классификации техногенных событий и состояний. В качестве примера представлены алгоритмы мониторинга интеллектуального критерия безопасности для объектов и процессов трубопроводного транспорта углеводородов. В разработке учтены требования федерального законодательства и потребности отрасли.

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.

Захаров Л.А., Мартюшев Д.А., Пономарева И.Н. Прогнозирование динамического пластового давления методами искусственного интеллекта // Записки Горного института. 2022. Т. 253. С. 23-32. DOI: 10.31897/PMI.2022.11



Аннотация. Определение пластового давления в зонах отбора скважин является ключевой задачей мониторинга разработки месторождений углеводородов. Непосредственные измерения пластового давления требуют продолжительной остановки скважин, что приводит к недобору в добыче сырья и вероятности возникновения технических проблем с последующим запуском скважин. Невозможность одномоментной остановки всех скважин фонда затрудняет оценку реального энергетического состояния залежи. В статье приводятся исследования, направленные на разработку косвенной методики определения пластового давления без остановки скважин на исследование, позволяющей определять его величину в любой момент времени. В качестве математической основы используются два метода искусственного интеллекта – многомерный регрессионный анализ и нейронная сеть. Методика, основанная на построении уравнений множественной регрессии, демонстрирует достаточную работоспособность, но высокую чувствительность к исходным данным. Данная методика позволяет также исследовать процесс формирования пластового давления в различные периоды разработки залежей. Ее применение целесообразно при регулярных фактических определениях значений показателей, используемых в качестве исходных данных. Методика, основанная на искусственной нейронной сети, позволяет достоверно определять пластовое давление даже при минимальном наборе исходных данных и реализована в виде специально разработанного программного продукта. Актуальной задачей продолжения исследований является оценка перспективных прогностических особенностей методов искусственного интеллекта для оценки энергетического состояния залежей в зонах отбора углеводородов.

Рогачев М.К., Александров А.Н. Обоснование комплексной технологии предупреждения образования асфальтосмолопарафиновых отложений при добыче высокопарафинистой нефти погружными электроцентробежными насосами из многопластовых залежей // Записки Горного института. 2021. Т. 250. С. 596-605. DOI: 10.31897/PMI.2021.4.13



Аннотация. Добыча высокозастывающих аномальных нефтей (с содержанием парафина свыше 30 % по массе) в условиях Крайнего Севера осложняется интенсивным образованием асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в призабойной зоне продуктивного пласта, внутрискважинном и наземном оборудовании. Существующие способы и технологии борьбы с образованием органических отложений во внутрискважинном оборудовании обладают многими достоинствами, однако их применение при добыче высокопарафинистой нефти не в полной мере предотвращает образование АСПО в колонне лифтовых труб, что приводит к существенному снижению отборов нефти, сокращению межремонтного и межочистного периодов работы добывающих скважин, росту удельных эксплуатационных затрат по депарафинизации. Представленные в статье результаты теоретических и лабораторных исследований показывают, что одним из перспективных способов повышения эффективности эксплуатации скважин, оборудованных погружными установками электроцентробежных насосов, при добыче высокопарафинистой нефти из многопластовых залежей является применение новой комплексной технологии, основанной на совместной добыче высокозастывающей аномальной нефти с нефтью, характеризующейся меньшим содержанием парафина и проявлением структурно-механических свойств, в совокупности с регулированием параметров работы погружного электроцентробежного насоса. Результаты численного моделирования с использованием симулятора установившегося многофазного потока PIPESIM, физико-химических и реологических исследований показывают, что с уменьшением доли высокопарафинистой нефти продуктивного пласта D_{2ef} в смеси со старооскольской нефтью Кыртаельского месторождения наблюдается снижение массового содержания парафина в смеси и температуры насыщения ее парафином, глубины и интенсивности образования органических отложений в колонне НКТ, температуры застывания, а также улучшение реологических

свойств исследуемых структурированных дисперсных систем. В статье приводится описание перспективной компоновки внутрискважинного оборудования для одновременно-раздельной добычи высокопарафинистой нефти из многопластовых залежей Тимано-Печорской провинции, обеспечивающей разобщение зон перфорации двух продуктивных пластов с помощью пакерно-якорной системы при одновременно-раздельной эксплуатации пластов двойной погружной электроцентробежной насосной установкой.

Жданев О.В., Зайцев А.В., Продан Т.Т. О возможностях создания российской высокотехнологичной компоновки низа бурильной 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 гамма-каротажа 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.

Мухаметшин В.Ш., Хакимзянов И.Н. Особенности группирования низкопродуктивных залежей нефти в карбонатных коллекторах для рационального использования ресурсов в пределах Урало-Поволжья // Записки Горного института. 2021. Т. 252. С. 896-907. DOI: 10.31897/PMI.2021.6.11



Аннотация. Разработана методика, реализована процедура выделения однородных групп с использованием комплекса параметров, характеризующих свойства пластовых жидкостей, условия залегания, геолого-физические свойства пластов на различных уровнях иерархии. Для мониторинга и обоснования мероприятий по повышению эффективности управления разработкой предложен алгоритм идентификации залежей. Представлено обоснование выделения ассоциативных групп длительно разрабатываемых объектов с использованием параметров геологической неоднородности по различным тектонико-стратиграфическим элементам. Для снижения степени неопределенности при оценке объектов по степени и характеру геологической неоднородности предложены параметры, отражающие степень неопределенности системы с использованием комплексных характеристик. Для разных ассоциаций залежей установлено различное влияние особенностей строения объектов на степень их разделения. В процессе разбуривания залежей, по мере получения дополнительной информации об объектах разработки, необходимо уточнять характер выделяемых групп объектов в первую очередь на основе использования характеристик геологической неоднородности. Сопоставление различных вариантов группирования показывает необходимость учета геологической неоднородности объектов при их разбуривании. Выделение групп объектов с использованием ограниченного количества параметров носит приближенный характер, однако на стадии составления первых проектных документов можно решить те или иные задачи, направленные на определение стратегии разработки залежей.

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.

Кондрашева Н.К., Рудко В.А., Назаренко М.Ю., Габдулхаков Р.Р. Влияние параметров процесса замедленного коксования асфальта на выход и качество жидких и твердофазных продуктов // Записки Горного института. 2020. Т. 241. С. 97-104. DOI: 10.31897/PMI.2020.1.97



Аннотация. Исследовано влияние избыточного давления в процессе замедленного коксования асфальта, полученного процессом пропановой деасфальтизации гудрона, на выход и физико-химические свойства компонентов углеводородных топлив и твердофазного продукта – нефтяного кокса. Асфальт подвергали коксованию при температуре 500 °С и избыточном давлении 0,15-0,35 МПа на лабораторной установке замедленного коксования периодического действия. У сырья и полученных в ходе экспериментальных исследований компонентов легких (бензин), средних (легкий газойль) и тяжелых (тяжелый газойль) дистиллятов были определены физико-химические свойства: плотность, вязкость, коксуемость, содер-



Асфальт. Из коллекции Горного музея

жание серы, йодное число, температуры застывания, вспышки и потери текучести, фракционный состав. Были также изучены количественные групповой углеводородный и микроэлементный составы и свойства полученных образцов нефтяного кокса (влажность, зольность, выход летучих, содержание серы и др.). Дана сравнительная оценка их качества в соответствии с требованиями ГОСТ 22898-78 «Коксы нефтяные малосернистые. Технические условия». Кроме того, выявлены закономерности изменения избыточного давления коксования на выход и показатели качества дистиллятных продуктов и нефтяного кокса. С увеличением избыточного давления процесса коксования с 0,15 до 0,35 МПа уменьшается содержание парафино-нафтеновых углеводородов в легком и тяжелом газойлях замедленного коксования. Общей закономерностью при коксовании асфальта является увеличение выхода кокса и углеводородного газа при увеличении избыточного давления с 0,15 до 0,35 МПа.

Жданев О.В., Зайцев А.В., Лобанков В.М. Метрологическое обеспечение аппаратуры для геофизических исследований // Записки Горного института. 2020. Т. 246. С. 667-677. DOI: 10.31897/PMI.2020.6.9



Аннотация. В статье рассматриваются проблемы, связанные с метрологическим обеспечением аппаратуры для геофизических исследований, вопросы обеспечения единства скважинных измерений, создания российских эталонов для калибровки скважинной аппаратуры при определении коэффициентов пористости и нефте-, газо-, водонасыщенности, определения параметров дефектов при цементировании скважин и технического состояния обсадных колонн и потока вода – нефть – газ. Исследованы задачи создания полноценных методик измерений параметров месторождений нефтегазовых традиционных и с трудноизвлекаемыми запасами. Определены ключевые направления развития российского метрологического обеспечения геофизических измерений в скважине. Обозначены задачи, которые необходимо решить для создания метрологического обеспечения геофизических исследований в скважине как отрасли, соответствующей международным стандартам. Обоснована целесообразность создания Российского геофизического центра метрологии и сертификации, необходимость разработки новой и актуализации имеющейся нормативной базы, что позволит российской геофизике выйти на уровень мировых лидеров в области геофизических исследований.

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.

Березиков С.А. Структурные изменения и инновационное развитие экономики Арктических регионов России // Записки Горного института. 2019. Т. 240. С. 716-723. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.716



Аннотация. Статья посвящена проблеме оценки взаимосвязи инновационного развития экономики и структурных изменений в промышленности регионов Арктики. Проведенный анализ показал, что изменение структуры промышленного производства в регионах Арктики в период с 2010 по 2016 г. характеризовалось значительными межрегиональными отличиями в скорости и интенсивности протекающих трансформационных процессов. Показано, что одними из ключевых факторов, обусловившими структурные сдвиги в промышленности Арктических регионов России в 2010-2016 гг., являлись повышение

экономической роли инноваций и изменение темпов развития инновационных процессов. В частности, результаты корреляционного анализа показали присутствие устойчивых положительных связей между «наукоемкостью» экономики и трансформацией структуры региональной промышленности. Установлено наличие сильной положительной связи между воздействием инновационных факторов развития – увеличении темпов роста объемов инновационных товаров и структурными изменениями в промышленном производстве. Еще одним фактором, способствующим структурным изменениям в промышленности, являлись инвестиции в модернизацию производства. Обосновано, что для обеспечения дальнейшего устойчивого экономического роста в регионах Арктики необходимым условием должно быть существенное повышение «наукоемкости» экономики, в том числе отраслей промышленности, связанных с добычей полезных ископаемых.

Уланов В.Л., Уланова Е.Ю. Влияние внешних факторов на национальную энергетическую безопасность // Записки Горного института. 2019. Т. 238. С. 474-480. DOI: 10.31897/PMI.2019.4.474



Аннотация. В статье исследованы как внешние, так и внутренние угрозы национальной энергетической безопасности, сформулированы задачи повышения энергетической безопасности, раскрыты современные вызовы, а также меры по их нивелированию. Российская экономика в последние годы ощутила возрастающее влияние внешних угроз и рисков: недобросовестная конкуренция на мировых рынках, высокая политизированность энергетических вопросов, попытки помешать России монетизировать национальные запасы энергоресурсов. Проанализировано влияние на национальную энергетическую безопасность использования возобновляемых источников энергии, роста производства сжиженного природного газа, ужесточения требований к охране окружающей среды, изменения структуры спроса на нефтепродукты, введения антироссийских санкций. Не менее значимо влияние внутренних рисков: качество запасов углеводородных ресурсов в РФ снижается, эффективность геолого-разведочных работ недостаточна, повышается доля трудноизвлекаемых запасов. Оценки энергетической безопасности рекомендовано осуществлять с учетом современных вызовов и на основе таких параметров, как отношение годового прироста балансовых значений первичных ТЭР к объему их добычи, доля природного газа в структуре баланса первичных ТЭР, выполнение инвестиционных программ отраслями ТЭК, изменение удельной энергоёмкости ВВП, цены и т.п.

Дубовиков О.А., Бричкин В.Н. Направления и перспективы использования низкосортного технологического топлива в производстве глинозема // Записки Горного института. 2016. Т. 220. С. 587-594. DOI: 10.18454/PMI.2016.4.587



Аннотация. Потребление энергии во всем мире по ряду причин: рост численности населения, индустриализация и быстрый экономический рост развивающихся стран – постоянно увеличивается. Наиболее распространенное газовое топливо – природный газ – имеет низкую себестоимость добычи. Она меньше аналогичного показателя для жидкого топлива в 2-3 раза, а для каменного угля в 6-12 раз. При передаче природного газа по трубопроводу на расстояние 1,5-2,5 тыс. км его себестоимость с учетом транспортных издержек в 1,5-2 раза ниже себестоимости каменного угля, при этом не нужны топливные склады. Установки, работающие на газовом топливе, обладают более высоким КПД по сравнению с установками, использующими другие виды топлива, они проще и дешевле в эксплуатации, сравнительно легко автоматизируются, что повышает безопасность и улучшает ведение технологического процесса, не требуют сложных устройств топливоподачи и золоудаления. Сгорает газ с минимальным количеством вредных выбросов, что улучшает санитарные условия и экологию. Однако в связи с истощением запасов основных источников энергии многие специалисты связывают будущее мировой энергетики с возможностями применения твердых энергоносителей. С экологической точки зрения наиболее предпочтительной является технология газификации твердого топлива. Внедрил и популяризовал применение искусственного газа английский механик Вильям Мёрдок. Он получил светильный газ, произведя сухую перегонку каменного угля. После изобретения немецким химиком Робертом Бунзеном газовой горелки светильный газ начал применяться в качестве бытового топлива. С изобретением в 1861 г. братьями Сименс промышленного газогенератора появилась возможность получать более дешевый генераторный газ, на который стали переводить промышленные печи. Так как теплота сгорания получаемого в результате газификации генераторного газа относительно мала по сравнению с природным газом, то в Горном университете были проведены исследования возможности использования различных видов низкосортного технологического топлива на глиноземных заводах России в качестве альтернативы природному газу, доступ к которому имеется не во всех регионах.

Кондрашева Н.К., Хорхе А. Влияние химического состава и качества тяжелой Ярегской нефти на выбор технологии ее переработки // Записки Горного института. 2016. Т. 222. С. 833-838. DOI: 10.18454/PMI.2016.6.833



Аннотация. В работе приведены исследования физико-химических свойств и состава тяжелой нефти Ярегского месторождения и получаемого из нее вакуумного остатка – гудрона. В результате капиллярной хроматографии и хромато-масс-спектрометрии определен подробный групповой углеводородный состав тяжелой ярегской нефти и выделенных из нее компонентов, подтвердивший ее принадлежность к высокосмолистым сернистым нефтям нафтено-ароматического основания. На основании сравнительного анализа состава и качества сырья рассмотрена возможность получения высококачественного игольчатого кокса с низким содержанием серы и металлов из тяжелой нефти Ярегского месторождения и выделенного из нее вакуумного остатка. Предложена комплексная схема переработки тяжелой ярегской нефти, включающая процессы предварительной деасфальтизации и деметаллизации, гидроочистки, замедленного коксования и термомоноструктурные процессы или газификацию.



Песчаный гравелит, пропитанный нефтью.
Ярегское месторождение, г. Ухта, Республика Коми.
Из коллекции Горного музея

Научное издание

**КОНГРЕСС ПО НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ
И НЕФТЕХИМИИ: СИНТЕЗИС 2024**

Дайджест

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

№ 14 • 2024

Ответственный за выпуск *С.В. Синявина*

Составитель *П.В. Котова*

Компьютерная верстка *С.А. Лысенко*

Фотографии предоставлены Горным музеем
(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