

УДК 622.01

РЯБЦЕВА Т.С., аспирант ГГФ (НИ ТГУ)
Научный руководитель ТИШИН П.А., к. г.-м. н., декан ГГФ (НИ ТГУ)
г. Томск

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ
РОССИЙСКОГО И МЕЖДУНАРОДНОГО РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМОГО НА ШАХТАХ**

Автоматизация, роботизированность, IT-технологии, Lean-технологии, экологичность, ресурсосбережение – все это перспективные направления научных исследований, а также принципы работы промышленных производств в будущем. В настоящем люди уже задумались над проблемой истощаемости природных ресурсов и проблемах возобновления полезных ископаемых. В большинстве мировых стран проводится политика по жесткому регулированию работы предприятий и действует льготная система для перехода от ископаемого топлива к углеродной нейтральности. В России действия законодательства не предусматривают прямое и полное закрытие промышленных отраслей и предприятий — выбран путь наименьшего сопротивления со стороны собственников и инвесторов.

В Кемеровской области – Кузбассе энерго- и ресурсосбережение непосредственно связано с угольной промышленностью и ее предприятиями добычи и переработки сырья. Рассмотрим на примере шахт (действующих и закрытых), какие методики ресурсосбережения можно использовать. Уголь в Кузбассе добывают с конца XIX века под государственным контролем. Сейчас в регионе насчитывается несколько десятков закрытых или нерентабельных шахт [1, 2, 3]. Встает вопрос о применении новых методик отработки и использования угля, метана, подземных шахтовых вод, сопутствующих извлекаемых пород, а также об извлечении редкоземельных металлов. Технология утилизации тепла шахтных вод известна в России с конца XX века, но апробацию и внедрение на производстве из-за недостатка финансирования она так и не получила. В таблице 1 приведены некоторые направления и идеи использования заброшенных шахт, которые нашли свое применение или находятся на стадии разработки [4, 5, 6, 7].

Таблица 1. Мировые и российские перспективные направления использования ликвидированных шахт

Направление	Принцип работы / Идея
Накопление энергии	Подземная система капитальных выработок/штреков с большим перепадом высот используется как хранилище излишней энергии от источников, находящихся на земной поверхности. При недостатке энергии от поверхностных источников в пиковую нагрузку используется энергия из шахтовых запасов. Это оптимизирует процесс накопления, хранения и расхода энергии.

Направление	Принцип работы / Идея
Сжатый воздух (CAES)	Технология сохранения излишков энергии в воздухе под большим давлением в подземном хранилище (шахта, бункер). При необходимости воздух выпускается, нагревается и подается на турбины для генерации электричества.
Тепло шахтных вод	Экологически чистый способ получения тепла из шахтных вод, имеющих постоянную температуру, и передача его в систему отопления здания или города, расположенного на поверхности. Данный способ предполагает использовать теплонасосные установки.
Подземные фермы	Теоретическое предложение по рациональному использованию ликвидированных шахт в пределах крупных городов (Великобритания) как огромных теплиц для выращивания продуктов.
Рекреация и рекультивация	Преобразование промышленного объекта и его территории в парки, туристические и культурные объекты.

В России методы угольного и шахтового энерго- и ресурсосбережения имеют конкретные научные разработки, зарегистрированные патенты: способ извлечения метана из пластов угольных месторождений (RU2322586C2), способ извлечения метана из угольного пласта (RU2323327C1), применение угольной золы для безопасной утилизации минеральных отходов (EA011293B1), гравитационный накопитель электрической энергии (RU2796715C1), гравитационный источник энергии (RU2120059C1), способ подземного аккумулирования тепла или холода (RU2717890C1), способ проведения исследований метанугольных скважин с использованием оптоволоконного кабеля (RU2667531C1) и др.

Метан можно назвать ближайшим спутником и конкурентом угля. Его извлечение из угольного пласта имеет стратегически важное значение для безопасности работы шахты из-за заблаговременной дегазации и позволит извлечь экономическую выгоду при использовании метана как топлива, химической переработке и разложении на элементы. Метан, как парниковый газ, сильно влияет на температуру Земли. Сокращение эмиссии метана в атмосферу даст быстрый результат в сторону улучшения экологической обстановки. В мировой практике промышленная добыча метана осуществляется в США, Австралии, Китае, Германии и других странах.

Выделяются четыре основных направления [11]:

1. «VAM» - Ventilation Air Methane. Метан добывается из исходящей вентиляционной струи шахты при концентрации метана менее 1%;
2. «CSM» - Coal Seam methane. Метан добывается из угольных пластов действующих шахт при концентрации метана 25-60%;
3. «CMM» - Coal Mine Methane. Метан добывается из закрытых угольных шахт при концентрации 60-80%;

4. «CBM» - Coal Bed Methane. Метан добывается из неразгруженных угольных пластов через скважины, пробуренные с поверхности. Концентрация метана более 95%.

В США хорошо отлажена коммерческая добыча метана из скважин (CBM), хотя мировые запасы по газу оцениваются всего в 6%. На месторождении бассейна Сан-Хуан добывается 80% CBM. Это самый высокий показатель продуктивности скважин в мире. Вертикальные и горизонтальные скважины бурятся с поверхности в неотработанные пласты угля. Активно применяется технология гидроразрыва пласта (ГРП) с созданием сети микротрещин для увеличения дебита скважины. Развитию производства способствовала государственная поддержка, которая стимулировала добычу из нетрадиционных источников. Извлекаемый метан напрямую подается в национальную газотранспортную систему, продается потребителю как товарный продукт.

В Австралии эффективно применялась технология добычи метана из исходящей вентиляционной струи (VAM) и его переработка в электроэнергию. Сегодня Австралия является одним из лидеров по производству сжиженного природного газа (СПГ). Добыча ведется в штатах Квинсленд (бассейны Сурат и Боуэн) и экспортируется в страны Азии.

Китай, как крупнейший мировой производитель угля, должен извлекать метан для дегазации пласта и обеспечения безопасной работы шахты. Правительство реализует масштабные программы по регулированию работы шахт. Угольные компании обязаны утилизировать метан и осуществлять политику уменьшения пластового метановыделения. Газ используется для выработки электроэнергии, отопления и как бытовое топливо. Китай имеет амбициозные планы по внедрению рационального использования добываемых полезных ископаемых, чтобы увеличить производительность труда, получить максимальную выгоду и улучшить экологическую обстановку в промышленных регионах. Потенциал глобального потепления из-за метана как парникового газа очень велик, поэтому его утилизация — это не только элемент экономики, но и важнейший вклад в борьбу с изменением климата [10, 11].

Общие ресурсы метана угольных пластов в России оцениваются в 83-110 трлн м³. Эти запасы значительны и обладают колоссальным потенциалом. Главными газоносными регионами являются Кузбасс и Печорский бассейн (Воркутинское месторождение). На их долю приходится около 80% всех ресурсов. Данные по газообильности для некоторых пластов Кузбасса и Воркуты составляют 30-40 м³ на тонну угля и могут быть даже выше. Компания «Газпром добыча Кузнецк» (дочернее предприятие ПАО «Газпром») ведет промышленную добычу метана из угольных пластов. Предполагалось, что добытый метан будет использоваться для газоснабжения городов Кемеровской области, замещая привозной газ и способствуя ресурсосбережению. В мае 2025 года «Газпром» приостановил реализацию проекта «из-за его нерентабельности без государственной поддержки». Развитие добычи угольного метана — одна из

стратегических задач Минэнерго России. Проблемы действующих шахт Кузбасса из-за их высокой газовой опасности требуют углубленного внимания и постоянного контроля за извлечением метана со стороны как государства, так и собственников производства [8, 9, 11, 12].

Из вышесказанного возникает вопрос: почему в России есть газ, законы правительства, запатентованные технологии добычи метана, но его эффективной промышленной отработки нет и метан просто выбрасывается в атмосферу? Мировой опыт и практика добычи и использования метана показывают пути, по которым может идти развитие российской метаноугольной промышленности. От правительства требуется не только издавать законы по промышленной безопасности, но и тщательно следить за их соблюдением. Также без дополнительных льгот и государственной поддержки огромные промышленные предприятия не смогут преодолеть существующий барьер. Владельцы шахт не стремятся вкладывать значительные денежные средства в практическую реализацию проектов по добыче метана. Взаимодействие государства, собственников производства и научных сотрудников должны дать мощный толчок в развитии данного промышленного производства, что, в свою очередь, не только обеспечит экономическую выгоду, но и позволит дольше сохранить исчерпаемые ресурсы нашей планеты.

Список литературы:

1. В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова. Перспективные направления исследования технологии подземной угледобычи // Уголь - 2010 - №2 - С. 38-43.
2. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года (утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13.06.2020 №1582-Р). - С. 6-54.
3. Закрытые шахты. Отголоски прошлого/Горная промышленность. [Электронный ресурс]. URL: <https://dprom.online/mtindustry/zakrytye-shahty-otgoloski-proshlogo>. (дата обращения: 07.11.2025).
4. E. Colas, E.-M. Klopries, D. Tian, M. Kroll, M. Selzner, C. Bruecker, K. Khaledi, P. Kukla, A. PreuBe, C. Sabarny, H. Schuttrumpf, F. Amann. Overview of converting abandoned coal mines to underground pumped storage systems: Focus on the underground reservoir. Journal of Energy Storage 73 (2023) 109153/
5. M. Lloyd. Old coal mines can be “perfect” underground food farms. BBC Wales. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-46221656>. (дата обращения: 13.08.2025).
6. Д.Г. Закиров, И.Х. Нехороший, А.Н. Малахов, Л.Ф. Дружинин. Утилизация низкопотенциального тепла шахтных вод – перспективное направление энергосбережения в угольной отрасли/Энергосбережение/Технические статьи/РосТепло.ru. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=273. (дата обращения: 13.08.2025).
7. S. Luukkanen, A. Tanhua, Z. Zhang, R.M. Canales, I. Auranen. Towards waterless operations from mine to mill. Minerals Engineering 187 (2022) 107793.

8. К. Генеральская. Секреты добычи и переработки угольного метана в России//Добывающая промышленность – 2017 - №4(08) – с.50-57.
9. Е.В. Крейнин. Нетрадиционные углеводородные источники: новые технологии их разработки: монография. – Москва: Проспект, 2018. – с. 17 – 59.
10. Scott, Andrew R. “OF-94-02 Coalbed Gas Composition, Upper Cretaceous Fruitland Formation, San Juan Basin, Colorado and New Mexico.”/ Denver, CO: Colorado Geological Survey, Division of Minerals and Geology, Department of Natural Resources, 1994. <https://doi.org/10.58783/cgs.of9402.gvjy7818>.
11. Л.А. Пучков, С.В. Сластунов. Проблемы угольного метана – мировой и отечественный опыт их решения/Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ) – 2007 – с. 5-24.
12. В.Ю. Линник, А.В. Поляков, Ю.Н. Линник. Горно-геологические и качественные характеристики угольных пластов России, отрабатываемых подземным способом / Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2017 – вып.3 – с. 168-182.