

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова  
Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Кухарева Анастасия Дмитриевна  
Петраш Диана Йозефовна

Тема: «Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана  
угольных пластов»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

по образовательной программе 6В05205 – «Химическая и биохимическая  
инженерия»

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова  
Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»



**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой  
«Химические процессы и  
промышленная экология»  
Канд.тех.наук. , доцент

Ш.Н. Кубекова Кубекова Ш.Н.  
"25" 06 2023г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: "Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана  
угольных пластов"

по образовательной программе 6В05205 – «Химическая и биохимическая  
инженерия»

Выполнили

А.Д. Кухарева Кухарева А.Д.  
Д.И. Петраш Петраш Д.И.

Рецензент

Канд.тех.наук., главный специалист  
отдела водных ресурсов и  
нормирования ТОО КАПЭ

Ж.А. Дюсенова Дюсенова Ж.А.  
"11" 05 2023г.

Научный руководитель  
DBA , ст. преподаватель

Г.Б. Кезембаева Кезембаева Г.Б.  
"10" 05 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

по специальности 6В05205 – «Химическая и биохимическая инженерия»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
«Химические процессы и  
промышленная экология»  
Канд. тех. наук., доцент

Кубекова Ш.Н

2023г.



**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломного проекта**

Обучающихся: Кухарева Анастасия Дмитриевна и Петраш Диана Йозефовна  
Тема: «Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана угольных пластов»

Утверждена приказом Ректора Университета № 408-п от "23"11.2022г.

Срок сдачи законченной работы "12" мая 2023г.

Исходные данные к дипломному проекту получены из исследований теоретического и расчетного характеров

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) анализ существующих методов дегазации метана угольных пластов в ближнем и дальнем зарубежье

б) исследование технических методов дегазации метана угольных пластов

в) вопросы безопасности жизнедеятельности охраны труда

г) расчет эколого-экономической эффективности разработки

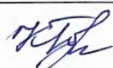
Перечень графического материала: в работе представлено 11 таблиц

Рекомендуемая основная литература: из 20 наименований.



**ГРАФИК**  
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ существующих методов дегазации в ближнем и дальнем зарубежье	Февраль	Выполнено
Анализ методов добычи метана угольных пластов	Апрель	Выполнено
Охрана труда	Май	Выполнено
Сравнительный анализ эколого-экономической эффективности методов добычи метана	Март	Выполнено

**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проектс указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Кезембаева Гульмира Булатовна, DBA, старший преподаватель	29.05.23	

Научный руководитель  Кезембаева Г.В.  
подпись Ф.И.О.

Задание приняли к исполнению обучающиеся  Кукарева А.Д.  
подпись Ф.И.О.  
 Петраш Д.И.  
подпись Ф.И.О.

Дата " 23 " мая 2022 г.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена методам дегазации метана угольных пластов. Данная работа направлена на эколого-экономическую оценку различных методов дегазации метана угольных пластов. Метан угольных пластов является важным источником энергии во многих странах. Происхождение и эволюция метана в угольных пластах довольно плохо изучена, несмотря на важность оценки запасов и разработки стратегии разведки. По прогнозам американских экспертов, мировая добыча метана из угольных пластов на 2040 год составит в пределах 157 млрд м<sup>3</sup>.

Дипломная работа на тему «Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана угольных пластов» включает 48 страниц, 5 рисунков, 11 таблиц. Библиографический указатель включает 20 научных источников.

## **ANNOTATION**

The thesis is devoted to the methods of degassing of coal-bed methane. This work is aimed at the environmental and economic evaluation of various methods for degassing coal-bed methane. Coal bed methane is an important source of energy in many countries. The origin and evolution of coal bed methane is relatively poorly understood, despite the importance of resource assessment and exploration strategy development. According to the forecasts of American experts, the global production of CBM by 2040 will be within 157 billion m<sup>3</sup>.

Diploma work on the topic "Ecological and economic justification of methods for degassing coal-bed methane" includes 48 pages, 5 drawings, 11 tables. The bibliographic index includes 20 scientific sources.

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс көмір қабатындағы метанды газсыздандыру әдістеріне арналған. Бұл жұмыс көмір қабатындағы метанды газсыздандырудың әртүрлі әдістерін экологиялық және экономикалық бағалауға бағытталған. Көмір қабатының метаны көптеген елдерде маңызды энергия көзі болып табылады. Көмір қабатындағы метанның шығу тегі мен эволюциясы ресурстарды бағалау және барлау стратегиясын әзірлеу маңыздылығына қарамастан, салыстырмалы түрде аз зерттелген. Америкалық сарапшылардың болжамы бойынша, көмір қабатындағы метанның әлемдік өндірісі 2040 жылы 157 млрд м<sup>3</sup> шамасында болады.

«Көмір қабатындағы метанды газсыздандыру әдістерінің экологиялық-экономикалық негіздемесі» тақырыбы бойынша дипломдық жұмыс 48 беттерді, 5 сызбаларды, 11 кестелерді қамтиды. Библиографиялық көрсеткішке 20 ғылыми көздер кіреді.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
Глава 1. Анализ существующих методов дегазации в ближнем и дальнем зарубежье	9
1.1 Анализ законодательной базы	9
1.2 Зарубежный опыт дегазации метана угольных пластов	11
1.3 Опыт дегазации метана угольных пластов в странах СНГ	16
Глава 2. Анализ методов добычи метана угольных пластов	18
2.1 Вертикальный метод дегазации метана угольных пластов	18
2.2 Горизонтальный метод дегазации метана угольных пластов	19
2.3 Метод дегазации метана угольных пластов «фишбон»	20
2.4 Перспективы использования метана угольных пластов	22
Глава 3. Охрана труда	25
Глава 4. Сравнительный анализ эколого-экономической эффективности методов добычи метана	28
4.1 Расчет капитальных затрат	28
4.2 Расчет эксплуатационных расходов	32
4.3 Расчет платежей и предотвращенного ущерба от внедрения методов дегазации метана угольных пластов	38
Заключение	45
Список использованной литературы	47



## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В Казахстане, согласно Экологическому Кодексу, метан относится к парниковым газам, и подвергается контролю и нормированию. В рамках международного законодательства Казахстан подписал и ратифицировал международные соглашения, направленные на ограничение роста концентраций парниковых газов в атмосфере для сдерживания глобального потепления: Рамочная конвенция ООН об изменении климата, Киотский протокол, Парижское соглашение. В связи с тем, что Казахстан, согласно Парижскому соглашению взял на себя обязательство достигнуть углеродной нейтральности к 2060 году, дегазация метана угольных пластов является наиболее актуальным направлением на данном этапе.

Концентрация метана угольных пластов в смеси природных газов в пластах составляет 80-98%, и он является одной из причин взрывов в угольных шахтах и обрушения пород, а также представляет опасность для жизни работников шахт. В целях контролируемого вывода метана используется процесс дегазации, представляющий собой комплекс работ по извлечению газа из угольных пластов. Помимо прочего, метан, согласно Кодексу о недрах Республики Казахстан является полезным ископаемым.

Объектом исследования данной дипломной работы является метан угольных пластов.

Цель дипломной работы- выявить наиболее рентабельный и экологически эффективный для Казахстана метод дегазации, оценить перспективы добычи, ссылаясь на опыт других стран.

Задачи:

- провести анализ методов дегазации в ближнем и дальнем зарубежье;
- проанализировать наиболее перспективные методы дегазации;
- разработать меры по охране труда;
- выполнить расчеты эколого-экономической эффективности методов добычи метана угольных пластов

Ресурсы метана угольных пластов во всем мире огромны: по оценкам, они превышали 255 триллионов м<sup>3</sup> в 2008 году и до 185 триллионов м<sup>3</sup> в 2014 году. Основными странами-производителями являются США, Канада и Австралия. Более 40 стран оценили потенциал метана угольных пластов. Производство метана угольных пластов в США в 2009 году составило 0,05 триллиона м<sup>3</sup> и 0,02 триллиона м<sup>3</sup> в 2017 году [1]. Ресурсная база метана угольных пластов в Казахстане оценивается в 615-877 млрд м<sup>3</sup> [2].

Метан угольных пластов является важным источником энергии во многих странах. Происхождение и эволюция метана в угольных пластах довольно плохо изучена, несмотря на важность оценки запасов и разработки стратегии разведки. Согласно прогнозу мирового потребления энергии, ископаемое топливо будет оставаться основным источником мировой энергии до 2035 года [3]. Ископаемое топливо включает в себя в основном уголь, нефть и природный газ, среди которых природный газ является самым чистым.

Если судить по динамике доли природного газа в энергопотреблении, то с развитием мировой экономики и большим вниманием населения планеты к окружающей среде, а также к энергосбережению и сокращению выбросов, доля природного газа в энергопотреблении увеличивается год от года.

В декларации 22-й встречи лидеров экономик АТЭС, состоявшейся в Пекине (Китайская Народная Республика), отмечается, что “поддержка усилий по содействию реструктуризации и модернизации экономики в традиционных отраслях, поиск новых и перспективных направлений экономического роста способствуют "зеленому", циркулярному, низкоуглеродному и энергоэффективному развитию” [3]. Восстановление и использование метана угольных пластов является новой областью роста для традиционной угледобывающей промышленности по трем причинам. Во-первых, извлечение метана угольных пластов будет способствовать зеленому и низкоуглеродному развитию угольной промышленности. Во-вторых, использование метана угольных пластов для замены угля способно снизить выбросы углерода. Метан угольных пластов является перспективной областью экономического роста для угольных компаний, которые могут повысить эффективность использования энергии. В-третьих, безопасность горных работ в угольных блоках также будет улучшена, если перед добычей угля будет производиться извлечение метана угольных пластов.

В данной работе рассматриваются следующие виды дегазации: вертикальная, горизонтальная и фишбон.

## **1 Анализ существующих методов дегазации**

### **1.1 Анализ законодательной базы**

Согласно статье 281 Экологического кодекса Республики Казахстан от 2 января 2021 года, метан как природного, так и антропогенного происхождения относится к парниковым газам [4]. Так как парниковый газ способствует изменению климата, его необходимо улавливать. Угольные шахты являются крупным источником выбросов метана, одного из активных парниковых газов с потенциалом глобального потепления, в 21 раз превышающим аналогичный показатель диоксида углерода.

Парниковый газ- это любой газ, обладающий свойством поглощать инфракрасное излучение, испускаемое с поверхности Земли, и повторно излучать его обратно на поверхность Земли, способствуя тем самым парниковому эффекту.

Казахстан является участником значительного числа международных природоохранных договоров. Кроме того, с рядом стран заключены соглашения о сотрудничестве и иные международные договоры по природоохранным вопросам. Всего, свыше 60 международных договоров Республики Казахстан прямо или косвенно затрагивают сферу охраны окружающей среды (в том числе вопросы эмиссий в окружающую среду, защиты озонового слоя от выброса парниковых газов, промышленной безопасности на опасных производственных объектах и предупреждения аварий, трансграничных воздействий и др.)

В рамках международного законодательства Казахстан подписал и ратифицировал международные соглашения, направленные на ограничение роста концентраций парниковых газов в атмосфере для сдерживания глобального потепления, – Рамочная конвенция ООН об изменении климата, Киотский протокол, Парижское соглашение, которые реализуют, прежде всего, меры по ограничению обогащения атмосферы углекислым газом. Согласно Парижскому соглашению, Казахстан обязался снизить выбросы парниковых газов на 15% к 2030 году от уровня 1990 года, и на 30% к 2050 году соответственно. Данные намерения соответствуют принятой в Казахстане концепции «зеленой экономики»

Концепция «зеленой экономики», которая была принята указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577 обеспечивает комплексную увязку и гармоничное согласование между собой трех компонентов устойчивого развития – экономического, социального и экологического [5].

Переход к зеленому росту является необходимым приоритетом для Казахстана, поскольку экономическое развитие страны в настоящее время в значительной степени сосредоточено на добывающих производствах и экспорте сырьевых товаров. В то же время, в большинстве секторов экономики наблюдается относительно высокий уровень энергоемкости и загрязнения, а

также низкая энергоэффективность. Концепция «зеленой экономики» Казахстана направлена на повышение эффективности использования ресурсов и продвижение новых технологий для обеспечения устойчивого роста для будущих поколений.

Концепция «зеленой экономики», которая была принята указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577 обеспечивает комплексную увязку и гармоничное согласование между собой трех компонентов устойчивого развития – экономического, социального и экологического.

Важность перехода к зеленой экономике определяется решаемыми задачами, среди которых:

- технологическая модернизация, ведущая к уменьшению негативного загрязнения окружающей среды и исчерпанию природных ресурсов;
- повышение конкурентоспособности экономики за счет сокращения зависимости от углеродного сырья и его доли в стоимости конечного продукта;
- зеленые (экологические) инновации, способствующие технологическому обновлению ряда технологически продвинутых отраслей, обладающих большим мультипликативным эффектом;
- переход к низкоуглеродной экономике, уменьшение углеродной зависимости, что позволит уменьшить выбросы парниковых газов и успешнее бороться с глобальным изменением климата;
- создание зеленых рабочих мест (прежде всего в энергетике, на транспорте, в базовых отраслях, в деятельности по рециклированию);
- развитие рыночных механизмов, усиление роли экологических (зеленых) стимулов и налогов;
- поддержка развития знаний (экономика знаний) и экологического образования;
- обеспечение экологической устойчивости в целом и т.д.

На метан приходится 14% глобальных антропогенных выбросов парниковых газов, а на выбросы метана угольных пластов - 6% глобальных антропогенных выбросов метана, или около 400 миллион тонн эквивалента диоксида углерода в год. В 2010 г. из угольных шахт всего мира выделилось около 584 млн. тонн эквивалента диоксида углерода, или 8% от общемирового объема выбросов этого газа. Согласно прогнозам, к 2020 году объем выбросов метана угольных пластов увеличится до 793 млн. тонн диоксида углерода. Более 90% выбросов метана угольных пластов приходится на угольные шахты, и из этого объема около 80% метана выбрасывается в атмосферу в сильно разбавленном состоянии вместе с вентиляционным воздухом шахт. На рисунке 1 приведены данные о выбросах метана в угледобывающей промышленности ряда стран.

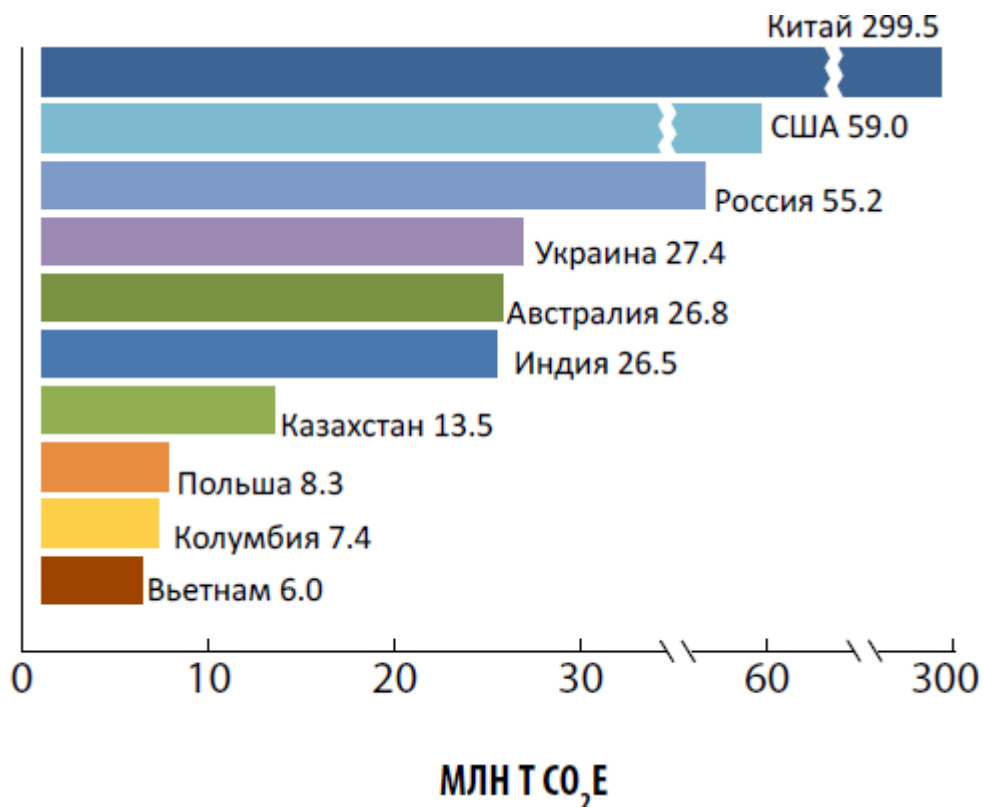


Рисунок 1 - Выбросы метана в угледобывающей промышленности

## 1.2 Зарубежный опыт дегазации метана угольных пластов

### 1.2.1 Австралия

Метан угольных пластов в Австралии используется так же, как и обычный газ, как в быту, так и на предприятиях, а также его используют для выработки электроэнергии. Вода образуется как побочный продукт при добыче, и любое выгодное повторное использование воды зависит от ряда факторов, включая ее качество, стоимость необходимой очистки и инфраструктуру трубопровода. Вода подходящего качества может использоваться для городского водоснабжения, аквакультуры, пополнения водоносных горизонтов, водно-болотных угодий и рекреационных озер, а также на горнодобывающих предприятиях и электростанциях. Вода плохого качества может содержаться в прудах-накопителях.

В Австралии наиболее активно (за исключением Северной Америки) разрабатываются месторождения нетрадиционного газа. Деятельность по добыче метана угольных пластов сосредоточена преимущественно в Новом Южном Уэльсе и Квинсленде, двух крупнейших угледобывающих штатах Австралии, причем 97% добычи приходится на Квинсленд и 3% - на Сиднейский бассейн Нового Южного Уэльса. Добытый метан используется для выработки электроэнергии в Северном Южном Уэльсе с 1980-х годов, а

коммерческая добыча началась в Квинсленде в 1996 году, обеспечивая газом трубопроводного качества три прибрежных города. При текущем уровне добычи срок эксплуатации запасов составляет 150 лет [1]. Общие ресурсы метана угольных пластов, включая экономические, субэкономические и предполагаемые ресурсы, составили 5.7 триллионов м<sup>3</sup> в 2012 году. В 2020 году метан угольных пластов представил 50 процентов поставок природного газа на восточном побережье Австралии [1].

Традиционно метан угольных пластов бурят вертикальными скважинами. Однако в бассейне Сурат имеется большое количество интенсивно возделываемых земель, поэтому во избежание лишнего "следа" и снижения воздействия на окружающую среду применяется бурение нескольких скважин на одной, более крупной площадке с поверхности, скважины пробурены под углом около 70 градусов для пересечения нескольких тонких угольных пластов.

В целом, Австралия разработала ряд передовых технологий для добычи, улавливания и утилизации газов угольных пластов. Важным прорывом является возможность точного управления с поверхности буровыми установками при горизонтальном бурении в глубоко залегающих под землей угольных пластах. Постоянное развитие технологий направленного бурения, инициируемого с поверхности, заменяет необходимость подземного бурения длинных скважин в пластах, хотя это все еще практикуется. Государственное объединение научных и прикладных исследований также разрабатывает новые забойные двигатели с гидравлическим приводом для бурения с малым радиусом, которые окажут неоценимую помощь при предварительной дегазации метана угольных пластов. Эти технологии сыграли важную роль в преодолении ряда серьезных проблем, включая необходимость снижения затрат на извлечение метана из глубоких угольных пластов.

### 1.2.2 Канада

Геологоразведочные запасы Канады как из традиционных, так и из нетрадиционных ресурсов оцениваются почти в 111 триллионов м<sup>3</sup>, из которых 23 триллиона м<sup>3</sup> приходится на метан угольных пластов [6]. Данная статистика показывает большой потенциал Канады в разработке, добыче и разработки метана угольных пластов.

Оценка степени перспектив метана угольных пластов в Канаде началась в течение последнего десятилетия. Однако, по данным Канадского комитета по газовому потенциалу, они могут составлять от 5,3 до 30 трлн м<sup>3</sup>. Эти оценки основаны на разведке в основном в Западно-Канадском осадочном бассейне.

Канадские угольные пласты с потенциалом метана угольных пластов находятся под большей частью территории Альберты, особенно в южных и

центральных регионах, где, по оценкам Геологической службы Альберты, в углях Альберты может находиться до 14 трлн м<sup>3</sup> метана [7]. Основными потенциальными областями метана угольных пластов в Альберте являются угольные зоны Ардли, каньона Хорсшу и Маннвилля, причем Верхний Манвилл является самой газоносной зоной. Альберта предлагает особенно благоприятные условия для разработки, поскольку геология месторождений метана угольных пластов относительно проста и однородна на обширной территории.

В 2012 году почти все скважины для метана угольных пластов, пробуренные в Альберте, были нацелены на более тонкие угольные пласты в каньоне Хорсшу и угольные зоны Белли-Ривер. Скважины, нацеленные на эти пласты, обычно дают газ с небольшим количеством воды или без нее, при этом добыча называется «сухим угольным угольным пластом». Из этих углей была произведена первая коммерческая добыча метана угольных пластов в Альберте. Остальные пробуренные скважины в группе Маннвилля были нацелены на более глубокие угли. Эти угли имеют тенденцию быть более толстыми, глубокими и более сплошными со значительным образованием соленой воды.

Большинство скважин метана угольных пластов в формации Хорсшу-Каньон представляют собой вертикально пробуренные скважины, в то время как большинство скважин в группе Маннвилля являются горизонтальными скважинами.

Метан извлекается путем бурения скважины в угольном пласте с использованием методов, аналогичных используемым для других скважин природного газа. Борта скважины «обсажены» стальной цементированной трубой. Обычно в стенке обсадной трубы проделываются небольшие отверстия, называемые перфорациями, чтобы угольный метан мог течь через ствол скважины и подниматься по обсадной трубе на поверхность. Угольные пласты часто стимулируют или «раскалывают» с помощью гидроразрыва пласта, чтобы обеспечить более свободное течение угольного пласта.

Гидравлический разрыв пласта — это процесс закачки жидкости из скважины в горную породу для создания давления, достаточного для растрескивания или разрушения целевого слоя горной породы. Песок часто используется для поддержки раскрытия этих трещин, чтобы нефть и газ могли течь к пробуренной скважине.

Методы горизонтального бурения могут увеличить извлечение ресурсов при одновременном снижении воздействия на поверхность, поскольку одна горизонтальная скважина может получить доступ к ресурсам, для которых потребовалось бы несколько вертикальных скважин. Сегодня более 80 процентов всех новых нефтяных и газовых скважин в Альберте используют методы горизонтального бурения. Использование гидроразрыва пласта строго регулируется в Альберте. Операторы должны соблюдать строгие требования, касающиеся использования, хранения и утилизации воды [8].

### 1.2.3 Китай

Китаю не хватает экологически чистой энергии, особенно традиционного природного газа. Разведанные капитальные запасы природного газа составляют лишь 1/12 часть от среднемирового уровня. Однако Китай обладает большими ресурсами метана угольных пластов с потенциалом развития, которые могут быть извлечены из поверхностных скважин независимо от добычи и до добычи, а также получены в ходе подземных работ по добыче угля. Китай занимает третье место в мире по запасам после России и Канады. В последние годы добыча метана угольных пластов в Китае неуклонно растет. В апреле 2016 года данные по добыче, опубликованные Министерством земельных и природных ресурсов (MLR, 2016), показали, что общая добыча выросла на 24,8% до 4,43 млрд м<sup>3</sup>. 27 декабря 2022 года в провинции Шаньси, на крупнейшем в Китае Циньшуйском месторождении, было добыто 6 млн. м<sup>3</sup> метана угольных пластов, тем самым был установлен рекорд по добычи за сутки в этом месторождении [9]. Запасы газа в указанном месторождении составляют примерно 600 млрд. м<sup>3</sup>. Предполагается, что на север Китая будет поставляться 3 млрд. м<sup>3</sup> метана угольных пластов в течение следующих 3 лет. В целом, в Китае расположены 38 бассейнов со скоплением газа (11 в Северо-Восточном Китае, 11 в Северном Китае, 5 в Северо-Западном Китае и оставшиеся 11 в Южном Китае) [10].

Несмотря на то, что применение горизонтальных технологий во много раз увеличивает эффективность разработки запасов, так как они имеют наиболее значительную протяженную зону и уменьшают суммарное количество скважин на месторождениях, а в других лидирующих странах по добыче метана угольных пластов США и Австралии горизонтальные скважины разных типов используются повсеместно, большинство скважин в Китае являются вертикальными. По данным отчета Qin и Ye (2015), было только около 110 и 106 горизонтальных скважин среди 6300 и 2959 общих добывающих скважин в Циньшуйском и Ордосском бассейнах, соответственно [11]. Горизонтальные скважины составляют менее 2% и 4% от общего количества скважин в этих двух бассейнах. Китайские ученые объясняют это тем, что 10 лет попыток внедрить в употребление горизонтальные скважины, они не дали ожидаемой производительности из-за несбалансированного способа бурения. Вследствие очень низкой проходимости угольных пластов для вертикальных скважин требуется гидравлический разрыв пласта. Наиболее широко используемой жидкостью для гидравлического разрыва пласта в Китае является "активированная вода", представляющая собой смесь поверхностной воды, противонабухающих веществ (обычно KCl) и очищающих добавок (обычно комплекс поверхностно-активных веществ). Она выбирается в основном из-за ее низкой стоимости и простоты приготовления. Другим преимуществом является ее способность минимизировать повреждение проходимости.

Возвращаясь к цифрам, по словам местных чиновников, возможности провинции Шаньси на севере Китая в области исследования, разведки и



добычи метана угольных пластов достигли передового международного уровня. Jinneng Holding Group, государственный энергетический гигант, базирующийся в Шаньси, запустил несколько проектов по производству электроэнергии из угольных пластов на метане в провинции. По словам Чжан Юнтая, главы компании Chengzhuang Thermal Power, филиала Jinneng Group, их 46-мегаваттная электростанция выработала около 170 млн. киловатт-часов электроэнергии за первые семь месяцев 2021 года. За тот же период она потребила 36,96 млн. м<sup>3</sup> метана из угольных пластов. Этот объем означает сокращение выбросов углекислого газа на почти 550 000 тонн по сравнению с использованием угля [12].

#### 1.2.4 Индия

Индия является четвертым по величине производителем угля в мире и имеет более 319 миллиардов тонн угольных запасов. Более 56 процентов первичного производства электроэнергии в Индии обеспечивается углем, и ожидается, что эта цифра будет расти по мере роста населения Индии и увеличения потребностей в энергии. С недавней либерализацией правительственных правил и завершением строительства жизненно важной трубопроводной инфраструктуры, условия стали более благоприятными для того, чтобы шахтный метан и метан угольных пластов стали экономически жизнеспособными источниками природного газа для страны. Запасы метана угольных пластов в Индии оцениваются в 2,6 триллиона кубометров, расположенных в 11 штатах.

Министерство угля потребовало от государственной угледобывающей компании Coal India Limited (CIL) в ближайшие 2-3 года добывать 2 млн. м<sup>3</sup> метана угольных пластов в день [16]. Это связано с тем, что данный ресурс в стране рассматривается как чистое альтернативное топливо со значительными перспективами.

Запасы угольного метана находятся в 12 штатах, причем основная часть приходится на гондванские отложения восточной Индии. Долина Дамодар Коел и долина Сон являются перспективными районами для добычи. Проекты по добыче существуют в районах Ранигандж Южный, Ранигандж Восточный и Ранигандж Северный, в угольном месторождении Джхария и в угольных месторождениях Восточный и Западный Бокаро.

В конце 1990-х годов в Индии началась систематическая добыча метана угольных пластов. Пилотная демонстрация проекта была проведена на двух объектах, в рамках этого проекта на шахте Мунидих угольного месторождения Джхария были пробурены три скважины для добычи метана на глубину 1059 м [16], где метан добывается из пробуренных для этой цели горизонтальных скважин и используется для выработки электроэнергии с помощью газового

генератора. В блоках, которые уже разрабатываются, можно применить передовые технологии высокотехнологичных скважин для увеличения темпов добычи.

Комитет отметил, что технологии, необходимые для добычи угля из угольных пластов и для бурения угольных пластов с целью добычи метана, отличаются. Бурение, необходимое для дегазации, является направленным по своей природе, поскольку оно должно следовать вдоль угольных пластов. Это похоже на горизонтальное бурение, используемое для разведки и добычи нефти и природного газа. Однако, несмотря на то, что технология, связанная с добычей угольного метана, доступна в стране, она не используется. Комитет страны стремится создать уполномоченную рабочую группу, которая определит подходящую технологию, которую Coal India Limited (CIL) может использовать для скорейшей добычи метана угольных пластов на своих угольных месторождениях

В данный момент Компания Great Eastern Energy (GEECL) создает первую в Юго-Восточной Азии станцию по добыче метана угольных пластов, которая будет расположена в Индии в городе Асансол в Западной Бенгалии..

### **1.3 Опыт дегазации метана угольных пластов в странах СНГ**

#### **1.3.1 Россия**

По оценкам, Россия обладает значительными ресурсами метана угольных пластов, ее ресурсная база составляет 83,7 триллиона кубометров, что эквивалентно примерно одной трети российских запасов природного газа. Кузбасс занимает особое место, поскольку он является крупнейшим из наиболее изученных угольных метановых бассейнов мира. Количество метана Кузбасского бассейна оценивается более 13 триллионов м<sup>3</sup> [13]. В России помимо Кузбасса существует Талдинское месторождение с запасами в 72,4 млрд м<sup>3</sup> и, очень интересно отметить, добытый там метан угольных пластов уже используется в качестве энергетического ресурса для нескольких газопоршневых электростанций. Можно было бы также отметить Печоринский бассейн с его запасами почти в 3 триллиона м<sup>3</sup>, однако суровый климат в этой области страны существенно осложняет возможную эксплуатацию ресурса.

В России еще с 2013 года для добычи угольного метана широко используются горизонтальные скважины, однако интересно принять во внимание тот факт, что в стране на данный момент опробовали все три метода добычи. В феврале 2021 года «Газпром» построил в Кузбассе сложную по

технологии скважину, которая объединяет в себе вертикальную, служащую для добычи метана в результате откачки жидкости из пласта, и многозабойную, пересекающую вертикальную и активно откачивающую флюиды из пласта, скважины. В 2019 СП Газпром нефти и Роснефти построило 4 скважины фишбон на севере России, имеющие некоторые отличия от привычных, например, там не используется раствор соляной кислоты.

### 1.3.2 Украина

Согласно данным Комитета геологии Украины, запасы метана угольных пластов в стране составляют 1083 млрд. м<sup>3</sup> [13]. Почти вся толща пород, слагающая угленосную часть Донбасса, содержит метан.

Важно заметить, что Украина, как и Казахстан, довольно привлекательна с точки зрения доступности рынка сбыта. Однако, особенностью этой страны является то, что угольные пласты редко залегают на глубине более одного метра. В результате добыча газа на экономически выгодных уровнях может оказаться невозможной.

## 2 Анализ методов добычи метана угольных пластов

### 2.1 Вертикальный метод дегазации метана угольных пластов

Вертикальный метод наиболее широко применяется и является наиболее изученным методом в настоящее время, его выбирают для разведки, испытания разработки и развития метана угольных пластов. Кустовое бурение вертикальных скважин - это вид бурения, подходящий для сложных грунтовых условий. Группа различных подземных скважин бурится с одной площадки или платформы, т.е. на одной площадке бурятся наклонные стволы в разных направлениях. В зависимости от топографических условий на одной площадке может быть пробурено 2-5 наклонных стволов. Общие преимущества данного метода заключаются в том, что как для обычной вертикальной скважины, так и для кустовых вертикальных скважин используется простое и доступное оборудование, отвечающее требованиям безопасности бурения. Техническая сложность невелика. Кустовая скважина может эффективно обходить такие участки, как здания, высокие горы, водохранилище, деревни и лесные зоны, где запрещено строительство на земле. Она отвечает требованиям многоуровневой разработки, что позволяет снизить большие затраты на предварительное бурение и плату за обработку, сэкономить землю, защитить окружающую среду и значительно сократить расходы на приобретение земли. Общими недостатками является то, что и вертикальные, и кустовые вертикальные скважины требуют более высокой проницаемости пласта. Их лучше устанавливать на участках с ровной поверхностью, удобным транспортным сообщением и малой глубиной залегания.

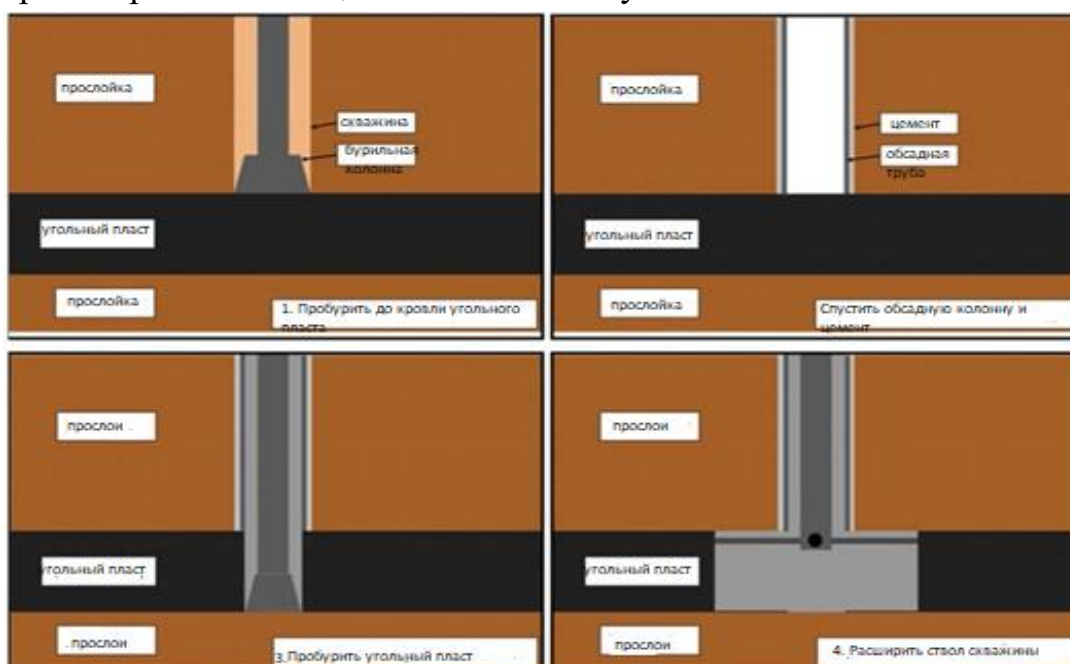


Рисунок 2 - Вертикальная скважина после расширения.

Выше представлен один из видов вертикального метода дегазации. С точки зрения разработки пласта, эффект стимуляции здесь достигается благодаря тому, что диаметр скважины, пройденной под скважиной, больше, чем диаметр первоначальной скважины. Этот вид метода лучше всего подходит для толстых, высокопроницаемых угольных пластов. Основным преимуществом данного вида является то, что он очень недорогой по сравнению с другими. Недостатками является то, что обрушение пласта может привести к заполнению, что, в свою очередь, может вызвать проблемы с добычей.

В целом же, вертикальный метод позволяет извлекать метан из всех источников (сближенные пласты, газоносные породы и выработанные пространства). Наиболее эффективно применение вертикальных скважин с поверхности, если есть подработки или оставленные целики угля, потому что газовыделение в месте, где идёт выработка, при таких условиях наибольшее. В ходе данного метода обеспечиваются: большая глубина дегазации подрабатываемого массива, возможность комплексной дегазации пластов-спутников и выработанного пространства одной скважиной; возможность ведения дегазационных работ независимо. Отдельные виды данного метода используются в США, Китае и Австралии - лидерах по добыче метана угольных пластов.

## **2.2 Горизонтальный метод дегазации метана угольных пластов**

Горизонтальные скважины могут охватывать большую площадь в пласте, протяженном в поперечном направлении, чем вертикальные скважины, поскольку с одной кустовой площадки можно пробурить несколько горизонтальных стволов. Скважина бурится вертикально, а затем отклоняется от горизонтали в точке начала бурения в целевой пласт. Общая длина скважины может достигать 4000 метров. По характеристикам бурения одноствольные горизонтальные скважины подразделяют на U-образную и L-образную формы.

Первый тип представляет собой инженерную скважину и скважину-каверну с трубой, с фильтром из полиэтилена на конце (рис. 1 (а)). Тип скважины, технология добычи и размещение скважин просты и гибки. Обычно U-образная скважина используется для добычи метана угольных пластов из нескольких типов углей, а также имеет высокий запас прочности и стоимость. Эффективность добычи газа по технологии U-образной скважины эквивалентна эффективности одноствольной горизонтальной скважины и

скважины в пещере, подходящей для высокогазоносных участков со средней или низкой проницаемостью, средним и высоким содержанием угля, большим содержанием газа, безводные вмещающие породы в угольном пласте и устойчивая структура. В настоящее время технология U-образной скважины была применена к более чем 40 скважинам в Китае.

По сравнению со скважиной U-образной формы горизонтальная скважина L-образной формы имеет только одну скважину и может пересекать большее количество собственных трещин. Горизонтальный сегмент может быть обрушен в несколько этапов, что способствует снятию напряжения и уменьшению повреждения коллектора от гидроразрыва пласта. На поздней стадии добычи скважины U- и L-образной формы могут быть повторно введены в эксплуатацию, обслуживаться и эксплуатироваться. По залеганию пласта L-образную скважину можно разделить на направленную вверх и вниз по падению (рис. 1(б) и 1(в)).

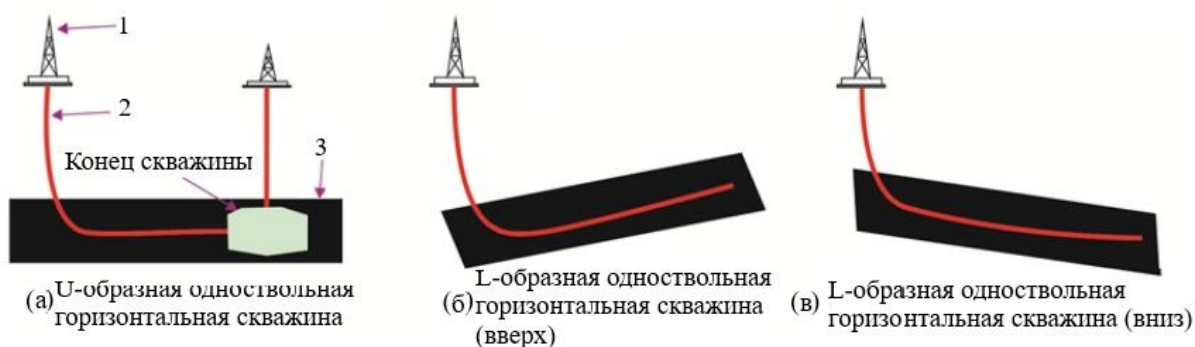


Рисунок 3 - Принципиальная схема типов одноствольных горизонтальных скважин (1- устье скважины, 2- скважина, 3-угольный пласт)

Горизонтальные системы могут извлекать гораздо большие объемы метана из угольных пластов на большой глубине. Метан дренируют из неразработанных участков угольного пласта незадолго до добычи. Отмечается, что из горизонтальных скважин добывается в 10 раз больше газа, чем из вертикальных скважин, пробуренных в тех же угольных пластах.

Несмотря на это большое преимущество, один из недостатков горизонтальных скважин заключается в том, что они являются дорогостоящими, когда имеется много пластов, требующих бурения нескольких горизонтальных скважин, а вероятность обрушения горизонтальных скважин во время бурения и добычи высока. Бурение горизонтальных скважин в 2-3 и более раза дороже, в зависимости от глубины.

### 2.3 Метод дегазации метана угольных пластов «фишбон»

Метод «фишбон» также является эффективным методом дегазации угольного метана и является одним из разновидностей горизонтальных

скважин. В англоязычных источниках данный метод получил название многоствольные горизонтальные скважины.

Многоствольная горизонтальная скважина представляет собой интегрированную технологию, которая может эффективно расширить соединительный канал между скважиной и угольным кливажом и улучшить проводимость потока газа. Многоствольные горизонтальные скважины включают в себя три типа скважин: V-образная, елочка и кровельная горизонтальная скважина.

Скважина V-образной формы имеет большую контрольную зону и высокую добычу метана. Однако такой тип многоствольной скважины сопровождается длительным временем бурения, высокой стоимостью работ, и технически работы могут быть проведены при наличии идеального пласта с большими запасами метана, а также имеются большие риски окончания работ в сложных тектонических областях. Кроме того, скважину легко обрушить во время добычи газа, и ее трудно обслуживать. Рис.1(а) представляет собой принципиальную схему V-образной горизонтальной скважины.

Позже была изобретена горизонтальная скважина типа «елочка» со стальной обсадной трубой в основных ответвлениях и полиэтиленовой сетчатой трубой в ответвлениях, которая является простой и подвергается контролю (рис. 1(б)). При разработке угольного пласта скважинами этого типа применяется стадийный гидроразрыв пласта, и на поздней стадии добычи скважина типа «елочка» может быть повторно введена в эксплуатацию и обслуживаться.

С целью решения проблемы обрушения ствола скважины, была создана кровельная горизонтальная скважина, а именно основные ответвления проходят в кровле, ответвления на границе между угольным пластом и кровлей, а жильные ответвления в угольных пластах (рис. 1(в)). Преимущества этого типа скважины заключаются в более легком завершении работ, большей зоне контроля скважины, большей горизонтальной проходке, но она занимает больше площадок для скважин и требует более качественной кровли и других геологических условий.

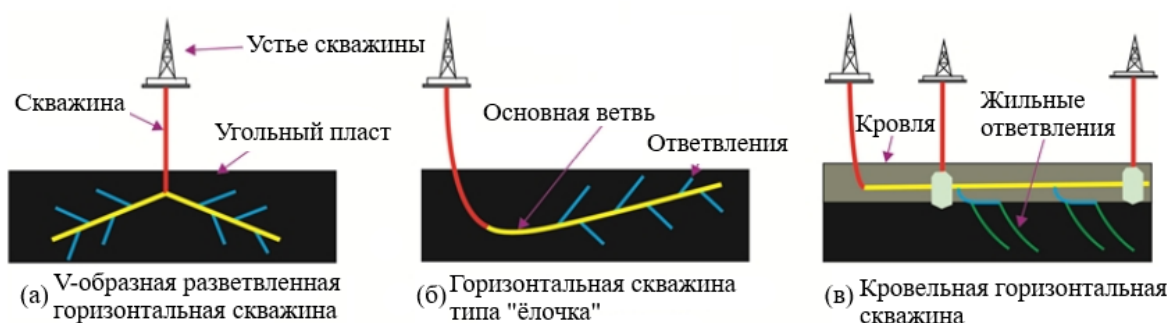


Рисунок 4 - Принципиальная схема типов многоствольных горизонтальных скважин

Многозабойные горизонтальные скважины не ограничены топографическими условиями. Так как многозабойные горизонтальные скважины проходят под землей глубже, наземных скважин немного, а площадь покрытия невелика, требования к грунтовым условиям невысокие. По сравнению с обычной вертикальной скважиной многозабойная горизонтальная скважина имеет следующие преимущества:

а) улучшает проводимость потока и имеет малое гидравлическое сопротивление в горизонтальной скважине;

б) увеличивает площадь анализа угольных пластов, соединяет больше трещин и кливажей, чтобы увеличить объем поставок метана угольных пластов;

в) высокая производительность одиночной скважины (обычно в 20 раз больше, чем у вертикальной скважины), быстрое восстановление фонда и лучшие экономические выгоды.

Хотя многозабойные горизонтальные скважины имеют более высокую стоимость, они значительно сокращают время освоения скважины и экономят затраты на проектирование перед бурением, соответственно экономические выгоды благоприятны несмотря на недостатки данного метода.

#### **2.4 Перспективы использования метана угольных пластов**

Выбросы шахтного метана представляют собой потенциальный источник энергии. Извлечение и использование выбросов метана угольных пластов приносит пользу как местному сообществу, так и глобальной окружающей среде. Некоторые преимущества сбора и использования метана угольных пластов включают в себя:

- Сокращение выбросов парниковых газов, поскольку метан является очень сильным парниковым газом.
- Предоставление ценного источника экологически чистой энергии, которую можно использовать для выработки электроэнергии или в качестве альтернативного топлива для транспортных средств и других промышленных/коммерческих приложений.
- Повышение безопасности шахт за счет снижения концентрации взрывоопасных газов в шахте
- Предоставление дополнительных доходов операторам шахт при добыче и продаже газа.



Прежде чем использовать шахтный метан, его необходимо уловить системами вентиляции и дренажа, а затем доставить на поверхность. Разработчики проекта изучают доступные данные по угольной шахте, такие как эффективность дренажа, качество и количество газа, варианты конечного использования, доступные рынки, политика и экономика потенциальных проектов.

Метан угольных пластов можно использовать разными способами, в том числе для:

- Выработки энергии
- Комбинированного производства тепла и электроэнергии
- Подачи через газопровод
- Сушки угля
- Источник тепла для шахтного вентиляционного воздуха
- Дополнительное топливо для шахтных котлов
- Автомобильное топливо в виде компримированного или сжиженного природного газа
- Сырье для производства

Следом за добычей метан очищается от механических примесей (песка, пыли) и других газов, после чего готовится к отправке по трубопроводам потребителю, либо подвергается процессу сжижения и также может быть отправлен потребителю. Существует два основных направления химической переработки и использования метана угольных пластов:

- 1 прямое преобразование метана в желаемые продукты с получением своих хлорзамещенных, а это: хлорметил, хлористый метилен, хлороформ и т.д.
- 2 поэтапное преобразование метана, путем получения синтез газа

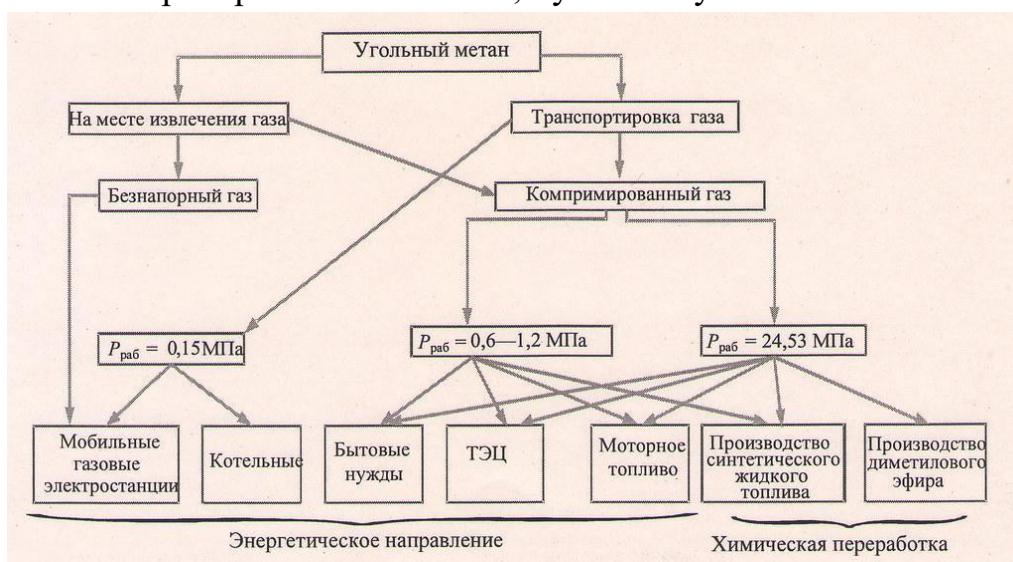


Рисунок 5 - Основные направления использования и переработки метана

Из синтез-газа доступно получение метанола, дизельного топлива и других веществ нужных для создания полимеров.

Метанол является ключевым компонентом многих продуктов, включая Метил-трет-бутиловый эфир (используется в реформулированном бензине), смеси метанола и бензина, формальдегидные смолы (широко используются в жилищной промышленности) и уксусную кислоту, являющуюся основным сырьем в химической промышленности. Большая часть мирового производства метанола использует в качестве сырья природный газ, который также является наиболее важным компонентом затрат. Ни у одного производителя метанола нет угольных пластов метана, но это потенциальное альтернативное сырье для заправки крупных метаноловых заводов в районах, где добывается газоносный уголь. Небольшие (11,4-15 млн. л/год) мобильные метаноловые установки, используемые на морских нефтяных вышках, могут быть потенциальным вариантом для использования на угольных шахтах. Качество газа должно составлять не менее 89% метана, до 1% кислорода и до 10% углекислого газа.

### 3 Охрана труда

Угольные шахты характеризуются тяжелыми геологическими условиями и наличием стихийных бедствий. Эти опасности связаны с выбросами метана и пыли в процессе добычи полезных ископаемых, которые могут сопровождаться взрывами метана, пыли или метано-пыли. Кроме того, существуют такие опасные природные явления, как газо- и горные выбросы, горные удары, самовозгорание угля и тепловая нагрузка на окружающую среду. Взаимное влияние различных геологических условий, а также природных опасностей усиливают рост опасности взрыва метана.

Ведение горных работ в угольных пластах с повышенным содержанием метана без применения специальных мер по борьбе с метаном, таких как вентиляция, дегазация, системы газомониторинга, было бы невозможно. Борьба с выбросами метана также зависит от других сопутствующих природных опасностей (спонтанных пожаров, пыли, выбросов угля и газа, горных ударов и тепловых нагрузок на окружающую среду). Эти превентивные действия исключают предотвращение опасности метана. Природные опасности шахт, связанные с выбросами пластовых газов, теплом и пылью, в разной степени зависят от добычи.

Безопасность в шахтах, разрабатывающих угольные пласты с высоким содержанием метана, зависит от правильной оценки метаноопасности, составления прогнозов метановыделения, проводимых наблюдений, контроля метана и принимаемых профилактических мер.

Методы дегазации метана при добыче угля в угольной шахте могут принести как финансовую выгоду горному предпринимателю, так и экологическую выгоду для окружающей среды. Однако, если единственным активом шахты является добыча угля, то дегазация вместе с другими методами контроля метана используются в первую очередь для обеспечения безопасности в шахте. С этой целью через эти шахты производятся капитальные затраты. Опасность, связанная с возможностью опасных концентраций метана в земляных работах, может привести к катастрофам. Прибыль предпринимателя тогда несоизмерима не только с финансовыми потерями, но и с маркетинговыми, и с моральными.

В целях повышения безопасности горных работ в условиях множества природных опасностей, проектированию горных работ должен предшествовать подробный анализ ожидаемого уровня риска этих опасностей. Основным принципом проектирования должен быть подбор способа ведения горных работ к ожидаемому уровню опасных природных явлений.

Сопоставление профилактических мероприятий с ранее разработанным способом добычи угля не является правильным.

Проектирование и планирование секций длинного забоя в богатых метаном угольных пластах должно повлечь за собой дальнейшее детальное прогнозирование скорости выброса метана. По результатам прогноза должны быть выбраны система вентиляции, способ отвода метана и другие дополнительные мероприятия по предотвращению накопления опасных концентраций метана в горных выработках. Решения не должны отрицательно влиять на риск самовозгорания и не ухудшать микроклиматические условия на рабочих местах.

При разработке мер по предотвращению взрывов на шахтах необходимо прокладывать вентиляционные шахты. Фактически выбор системы вентиляции должен определяться состоянием прогнозируемых природных опасностей, связанных с вентиляцией. Такие опасности, как выделение или эманация метана из пластов, выбросы угля и газа, самопроизвольные пожары или тепловая нагрузка на окружающую среду должны иметь место на стадии проектных работ. Вентиляция горнодобывающего района должна быть адаптирована к уровням прогнозирования стихийных бедствий.

Средства индивидуальной защиты шахтеров важны для защиты здоровья и безопасности шахтеров. Очень важно носить правильные средства индивидуальной защиты при работе в шахте, так как они могут помочь предотвратить серьезные травмы.

Некоторые распространенные виды средств индивидуальной защиты для горнодобывающей промышленности включают защитные очки, каски и беруши. Средства индивидуальной защиты для шахтеров могут также включать такие предметы, как респираторы и огнестойкую одежду. Хотя средства индивидуальной защиты для горнорабочих не являются обязательными по закону, многие работодатели требуют, чтобы их сотрудники носили их во время работы в шахте. Это связано с тем, что горное дело может быть опасным занятием, и ношение надлежащих средств индивидуальной защиты может помочь снизить риск травмы или смерти.

Чаще всего при работе в шахтах требуется обеспечить защиту органов дыхания от пыли. Угольная пыль, как, впрочем, и большинство видов пыли иного происхождения, эффективно отфильтровывается недорогой пылевой маской, покрывающей примерно четверть площади лица. Эффективной является модель маски с использованием плотно покрывающего нос и рот эластичного полимера. Респираторы военного типа показали свою низкую эффективность. Некоторые типы мелкодисперсных макрочастиц,

встречающиеся в шахтах требуют применения респираторов положительного давления с высокоэффективным фильтром для макрочастиц. Этому требованию вполне удовлетворяют респираторы-воздухоочистители с энергоснабжением и системой подведения фильтрованного воздуха к плотно прилегающему к носу и рту средству защиты лица.

## **4 Сравнительный анализ эколого-экономической эффективности методов добычи метана**

### **4.1 Расчет капитальных затрат**

Подземный (шахтный) способ добычи угля, как известно, способствует загрязнению воздушной среды вследствие выбросов парниковообразующего газа метана, а также вредных веществ, выделяющихся при горении пород на отвалах шахтных терриконов и подземных пожаров.

Существует несколько технологий дегазации шахтного метана. Для расчета эколого-экономической эффективности, согласно предварительного анализа, были выбраны три метода: вертикальные скважины, горизонтальные и наклонные скважины. Работы по созданию скважин поделены на этапы:

- 1 этап – Бурение
- 2 этап – Гидроразрыв пласта
- 3 этап – Освоение
- 4 этап – Хранение и реализация

В соответствии с этапами просчитали капитальные затраты на строительство скважин (таблица 1)

Таблица 1- Стоимость основного и вспомогательного оборудования

Из расчета на 1 скважину (3 методами)	Эксплуатационные скважины (Тенге)					
	Эксплуатационные скважины (\$)					
	Вертикальная (тг)	Вертикальная (\$)	Горизонтальная (тг)	Горизонтальная (\$)	Фишбон (тг)	Фишбон (\$)
Расчет стоимости бурения						
1.Суточная ставка за использование буровой установки и оплата труда буровой бригады 15-26-27 суток	26 941 005,00 ₸	\$ 59 211,00	46 697 560,00 ₸	\$ 102 632,00	48 493 445,00 ₸	\$ 106 579,00
2.Суточная ставка за использование КНБК (ВЗД, стабилизатор, обратный клапан, ясс) 15-26-27 суток	14 368 445,00 ₸	\$ 31 579,00	24 905 335,00 ₸	\$ 54 737,00	25 863 110,00 ₸	\$ 56 842,00
3.Суточная ставка за использование системы телеметрии 15-26-27 суток	- ₸	\$ -	140 092 225,00 ₸	\$ 307 895,00	145 480 335,00 ₸	\$ 319 737,00
4.Суточная ставка за сопровождение наклонно-направленного бурения+ГИС 15-26-27 суток	- ₸	\$ -	24 905 335,00 ₸	\$ 54 737,00	25 863 110,00 ₸	\$ 56 842,00
Итого Бурение	41 309 450,00 ₸	\$ 90 790,00	236 600 455,00 ₸	\$ 520 001,00	245 700 000,00 ₸	\$ 540 000,00
Расчет стоимости долот						

1.Секция кондуктора (из расчета на 1 скв.)	2 394 665,00 ₮	\$ 5 263,00	2 394 665,00 ₮	\$ 5 263,00	2 394 665,00 ₮	\$ 5 263,00
2.Техническая колонна (из расчета на 1 скв.)	1 795 885,00 ₮	\$ 3 947,00	1 795 885,00 ₮	\$ 3 947,00	1 795 885,00 ₮	\$ 3 947,00
3.Наклонная часть (из расчета на 1 скв.)	3 592 225,00 ₮	\$ 7 895,00	3 592 225,00 ₮	\$ 7 895,00	3 592 225,00 ₮	\$ 7 895,00
Итого Долот	7 782 775,00 ₮	\$ 17 105,00	7 782 775,00 ₮	\$ 17 105,00	7 782 775,00 ₮	\$ 17 105,00
Расчет стоимости буровых растворов						
1.Секция кондуктора (из расчета на 1 скв.)	981 890,00 ₮	\$ 2 158,00	981 890,00 ₮	\$ 2 158,00	981 890,00 ₮	\$ 2 158,00
2.Техническая колонна (из расчета на 1 скв.)	3 592 225,00 ₮	\$ 7 895,00	3 592 225,00 ₮	\$ 7 895,00	3 592 225,00 ₮	\$ 7 895,00
3.Наклонная часть (из расчета на 1 скв.)	5 986 890,00 ₮	\$ 13 158,00	8 381 555,00 ₮	\$ 18 421,00	8 381 555,00 ₮	\$ 18 421,00
Итого Растворов	10 561 005,00 ₮	\$ 23 211,00	12 955 670,00 ₮	\$ 28 474,00	12 955 670,00 ₮	\$ 28 474,00
Расчет стоимости цементажа						
1.Цементирование (30) (30) (45)	2 873 780,00 ₮	\$ 6 316,00	2 873 780,00 ₮	\$ 6 316,00	4 310 670,00 ₮	\$ 9 474,00
Итого Цементирования	2 873 780,00 ₮	\$ 6 316,00	2 873 780,00 ₮	\$ 6 316,00	4 310 670,00 ₮	\$ 9 474,00
Расчет стоимости обсадных колонн						
1.Секция кондуктора - 20 м, 1,4 тн.	419 055,00 ₮	\$ 921,00	419 055,00 ₮	\$ 921,00	838 110,00 ₮	\$ 1 842,00
2.Секция тех. колонны - 150 м, 6,2 тн.	2 227 225,00 ₮	\$ 4 895,00	2 227 225,00 ₮	\$ 4 895,00	4 453 995,00 ₮	\$ 9 789,00



3.Секция экс колонны (горизонт)- 600 м, 15,6 тн.	6 789 055,00 ₸	\$ 14 921,00	5 603 780,00 ₸	\$ 12 316,00	5 603 780,00 ₸	\$ 12 316,00
Итого обсадных колонн	9 435 335,00 ₸	\$ 20 737,00	8 250 060,00 ₸	\$ 18 132,00	10 895 885,00 ₸	\$ 23 947,00
Расчет стоимости приобретения внутрискважинного оборудования						
1.Приобретение внутрискважинного оборудования для освоения скважины (НКТ, насос, датчики и т.д.)	- ₸	\$ -	35 920 885,00 ₸	\$ 78 947,00	35 920 885,00 ₸	\$ 78 947,00
Итого Оборудования	- ₸	\$ -	35 920 885,00 ₸	\$ 78 947,00	35 920 885,00 ₸	\$ 78 947,00
Расчет стоимости ГРП						
1.Многостадийное ГРП	15 566 005,00 ₸	\$ 34 211,00	179 605 335,00 ₸	\$ 394 737,00	- ₸	\$ -
Итого ГРП	15 566 005,00 ₸	\$ 34 211,00	179 605 335,00 ₸	\$ 394 737,00	- ₸	\$ -
Расчет стоимости освоение скважины						
1.Освоение скважины	8 381 555,00 ₸	\$ 18 421,00	5 986 890,00 ₸	\$ 13 158,00	5 986 890,00 ₸	\$ 13 158,00
Итого Освоения	8 381 555,00 ₸	\$ 18 421,00	5 986 890,00 ₸	\$ 13 158,00	5 986 890,00 ₸	\$ 13 158,00
Всего стоимость разработки 1 скважины	95 909 905,00 ₸	\$ 210 791,00	489 975 850,00 ₸	\$ 1 076 870,00	323 552 775,00 ₸	\$ 711 105,00

Исходными данными для определения стоимости оборудования является перечень установленного оборудования, а также цены на оборудование, принимаемые по прейскурантам или по сметной стоимости. При расчете стоимость оборудования учитывают только основное оборудование. Стоимость остального неучтенного оборудования (электродвигателей, контрольно-измерительных приборов и т. п.) можно оценивать в долях от основного оборудования [15]. При определении стоимости оборудования по прейскуранту к ней должны быть прибавлены затраты на транспортировку оборудования с предприятия изготовителя к месту монтажа, которые принимают в среднем равными 8,5% от стоимости оборудования по прейскуранту. Также сюда относят монтаж оборудования в размере 30-40% от стоимости основного оборудования

Результаты расчетов рекомендуется обобщать.

#### 4.2 Расчет эксплуатационных расходов

Расчет ведут по принятым калькуляционным статьям расходов, методика определения которых приведена ниже.

К эксплуатационным расходам относятся:

4.2.1 Основная  $C_{осн}$  и дополнительная  $C_{доп}$  заработная плата производственных рабочих обслуживающих природоохранные объекты, а также отчисления на социальное страхование  $C_{стр}$ .

Затраты на заработную плату рабочих, занятых обслуживанием природоохранного оборудования определяется по формуле:

$$C_{зп} = C_{осн} + C_{доп}, \quad (1.1)$$

$$C_{осн} = C_{пр} + D_1 + D_2 \quad (1.2)$$

где  $C_{сп}$  - прямая заработная плата, тенге

$D_1$  и  $D_2$  - доплаты к прямой заработной плате, тенге

Прямая заработная плата определяется по тарифным ставкам. Величина доплаты  $D_1$  состоит из премии и прочих доплат и принимается в размере 20% от суммы прямой заработной платы. Доплаты  $D_2$  по районному коэффициенту берутся в интервале от 1,0 до 2,0 от суммы ( $C_{сп} + D_1$ ).

Дополнительная заработная плата  $C_{доп}$  принимается в размере 10% от суммы основной заработной платы.

Отчисления на социальное страхование - 30% от суммы ( $C_{осн} + C_{доп}$ )

$$C_{стр} = 0,3 \cdot (C_{осн} + C_{доп}) \quad (1.3)$$

Количество работающих определяется числом рабочих смен, числом междусменных перерывов и порядком их чередования.

Таблица 2 - Расчет фонда заработной платы для горизонтальной, наклонной скважин

Наименование профессии	Численность работников		Кол-во смен	Месячный тариф ставка, тыс. тенге	Премии		Итого основная и дополнительная	Пенсионный фонд	Отчисления на соц. страх. И соц. налог, медицинское страх.	Общий годовой фонд, тыс. тенге
	Явочный	Списочный			%	Сумма, тыс. тенге				
Буровой мастер	1	1		250	20%	50	250	25	27,5	352,5
Бурильщик	1	1	2	200	20%	80	400	40	44	564
помощник бурильщика	3	3	2	150	20%	180	900	90	99	1269
Машинист	1	1	2	190	20%	76	380	38	41,8	535,8
Слесарь	1	1	2	190	20%	76	380	38	41,8	535,8
итого ФЗП										3257,1
Всего за год										39085,2

Таблица 3 - Расчет ФЗП для вертикальной скважины

Наименование профессии	Численность работников		Кол-во смен	Месячный тариф ставка, тыс. тенге	Премии		Итого основная и дополнительная	Пенсионный фонд	Отчисления на соц. страх. соц. налог, медицинское страх.	Общий годовой фонд, тыс. тенге
	Явочный	Списочный			%	Сумма				
Буровой мастер	1	1	2	200	20%	80	280	28	30,8	338,8
Бурильщик	1	1	2	180	20%	72	432	43,2	47,52	522,72
Помощник бурильщика	2	2	2	150	20%	120	720	72	79,2	871,2
Итого ФЗП										1732,72
Всего за год										20792,64

#### 4.2.2 Энергетические затраты

К основным их видам в газоочистных установках относятся затраты на электроэнергию и воду. В некоторых случаях расходуется также водяной пар, сжатый воздух.

Стоимость энергозатрат рассчитывается исходя из годового расхода всех видов энергоресурсов, по ценам, принятым на действующем предприятии.

Годовой расход электроэнергии рассчитывается по формуле:

$$A = \alpha \cdot N \cdot T \cdot K_{исп} \cdot K_{спр}, \quad (2.1)$$

где  $N$  - установленная мощность одновременно работающих электродвигателей, кВт

$T$  - время работы оборудования

$K_{исп}$ ,  $K_{спр}$  - коэффициенты использования и спроса оборудования

(для природоохранных мероприятий  $K_{исп} = 0,8$ ,  $K_{спр} = 0,8$ )

где  $\alpha$  - тариф за 1 кВт·ч потребляемой электроэнергии, тенге/кВт·ч  
( $\alpha = 27,7$  тенге за 1 кВт).

Стоимость расходуемой электроэнергии на добычу метана:

$$С_{эд} = 27,7 \times 110 \times 8760 \times 0,8 \times 0,8 = 17082,7 \text{ тыс. тенге/год}$$

Установленная мощность источников искусственного освещения составляет 4,0 кВт, следовательно, стоимость расходуемой электроэнергии на освещение составляет:

$$С_{э.ос} = 27,7 \times 4,0 \times 4480 \times 0,8 \times 0,8 = 317,69 \text{ тыс. тенге/год}$$

Общая стоимость потребляемой электроэнергии  $C_э$  составит:

$$С_э = 17082,7 + 317,69 = 17400,39 \text{ тыс. тенге/год}$$

#### 4.2.3 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$C_a = \frac{K \cdot H_a}{100}, \quad (3.1)$$

где  $K$  - полные капитальные затраты, тенге

$H_a$  - норма амортизации на полное восстановление, % ( $H_a=15$ )

Таблица 4 – Амортизационные отчисления

Наименование основных фондов	Общая сметная стоимость, тыс. тенге	Нормы амортизации, %	Годовая сумма амортизац. отчислений, тыс. тенге
Технологическое оборудование (фишбон)	3 559 083	15%	533862,45
Технологическое оборудование (горизонтальная)	5 389 736	15%	808460,4

#### 4.2.4 Затраты на ремонт

Затраты на текущий ремонт оборудования принимаются по данным предприятия по укрупненным нормативам в процентах от полных капитальных затрат.

Таблица 5 - Расчет затрат на ремонт основных фондов

Наименование основных фондов	Стоимость	Нормативы	Годовая сумма отчислений, тыс. тенге
Текущий ремонт оборудования (фишбон)	3 559 083	0,50%	177954,15
Текущий ремонт оборудования (горизонтальная)	5 389 736	0,50%	269486,8
Текущий ремонт оборудования (вертикальная)	10 933 740	0,50%	546687

#### 4.2.5 Затраты на охрану труда

Затраты на охрану труда  $C_{от}$  составляют 5% суммарного годового фонда заработной платы.

Таблица 6 - Расходы на охрану труда.

Эксплуатационные скважины	ФЗП	Норматив	Годовая сумма отчислений, тыс. тенге
Горизонтальные скважины и фишбон	39085,2	5 %	1954,26
Вертикальные скважины	20792,64	5 %	1039,632

#### 4.2.6 Затраты на исследования и испытания

Расходы на исследования составляют 1% от годового фонда заработной платы.

Таблица 7 - Расходы на исследования.

Эксплуатационные скважины	ФЗП	Норматив	Годовая сумма отчислений, тыс. тенге
Горизонтальные скважины и фишбон	39085,2	1%	390,852
Вертикальные скважины	20792,64	1%	207,9264

#### 4.2.7 Затраты на эксплуатацию оборудования

Отчисления на эксплуатацию оборудования составляют 0,5% от стоимости оборудования.

Таблица 8 - Расходы на эксплуатацию оборудования.

Эксплуатационные скважины	ФЗП	Норматив	Годовая сумма отчислений, тыс. тенге
Горизонтальные скважины и фишбон	39085,2	0,5%	195,426
Вертикальные скважины	20792,64	0,5%	103,9632

### 4.3 Расчет платежей и предотвращенного ущерба от внедрения методов дегазации метана угольных пластов

#### 4.3.1 Определение платы за выбросы загрязняющих веществ

В соответствии с статьей 127 Экологического кодекса Республики Казахстан 2 января 2021 года № 400-VI, а также с пунктом 9 статьи 1 закона Республики Казахстан от 10 декабря 2008г № 101-IV «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по



вопросам налогообложения» Министерством охраны окружающей среды утверждена методика расчета платежей за эмиссии в окружающую среду.

Плата за эмиссии в окружающую среду, осуществляемая природопользователями в пределах нормативов, определенных в экологическом разрешении, взимается согласно перечню загрязняющих веществ и видов отходов, утверждаемому Правительством Республики Казахстан.

Методика расчета платы за эмиссии в окружающую среду утверждается уполномоченным органом в области охраны окружающей среды.

Ставки платы за эмиссии в окружающую среду устанавливаются местными представительными органами областей (города республиканского значения, столицы).

Плата взимается за фактический объем эмиссии в окружающую среду в пределах нормативов эмиссий в окружающую среду:

1. выбросов загрязняющих веществ;
2. сбросов загрязняющих веществ;
3. размещенных отходов производства и потребления.

1. Расчет платы за выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества от стационарных источников в пределах нормативов эмиссии

Расчет платы за выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества от стационарных источников в пределах нормативов эмиссии осуществляется по следующей формуле:

$$C_{\text{выб.}}^i = H_{\text{выб.}}^i \times M_{\text{выб.}}^i, \quad (8.1)$$

где  $C_{\text{выб.}}^i$  - плата за выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества от стационарного источника (МРП);

$H_{\text{выб.}}^i$  - ставка платы за выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества, установленная в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан (МРП/тонн) определяется по таблице 1 и 2;

$M_{\text{выб.}}^i$  - суммарная масса всех разновидностей  $i$ -го загрязняющего вещества, выброшенного в ОС за отчетный период (тонн).

Таблица 9 - Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников

Виды загрязняющих веществ	Ставки платы за 1 тонну, (МРП)	Ставки платы за 1 килограмм, (МРП)
Окислы серы	10	
Окислы азота	10	

Пыль и зола	5	
Свинец и его соединения	1993	
Сероводород	62	
Фенолы	166	
Углеводороды	0,16	
Формальдегид	166	
Окислы углерода	0,16	
Метан	0,01	
Сажа	12	
Окислы железа	15	
Аммиак	12	
Хром шестивалентный	399	
Окислы меди	299	
Бенз(а)пирен		489,3

Ставки платы установлены согласно статье 576 Кодекса РК «О налогах и других обязательных платежах в бюджет» (Налоговый кодекс) от 25 декабря 2017 года № 120-VI. Так же учитывается региональный коэффициент повышения, данные расчеты направлены на Карагандинскую область и соответственно, согласно закону Республики Казахстан от 23 января 2001 года «О местном государственном управлении и самоуправлении в Республике Казахстан» ставки платы за эмиссии в окружающую среду увеличены в 1,4 раза.

Таблица 10- плата за эмиссии в атмосферу

Шахты	Ед. изм.	Годы					
		2017	2018	2019	2020	2021	2022
Им.Костенко	млн. тенге	1030,671	1092,447	1146,96	1261,88	1325,02	1444,48
Им.Кузембаева	млн. тенге	454,7076	481,962	506,01	556,71	584,57	637,272
«Саранская»	млн. тенге	485,0214	514,0928	539,744	593,83	623,54	679,757
«Абайская»	млн. тенге	666,9045	706,8776	742,148	816,51	857,36	934,666
«Тентекская»	млн. тенге	727,5322	771,1392	809,616	890,74	935,31	1019,64
«Шахтинская»	млн. тенге	409,2368	433,7658	455,409	501,04	526,11	573,545
«Казахстанская»	млн. тенге	454,7076	481,962	506,01	556,71	584,57	637,272
Им.Ленина	млн. тенге	591,1199	626,5506	657,813	723,72	759,94	828,454
ВСЕГО ПО УД:	млн. тенге	4759,273	5044,536	5296,24	5826,91	6118,47	6670,11

4.3.2 Определение размера предотвращенного ущерба, причиненного атмосферному воздуху выбросами вредных веществ.

Определяют годовой ущерб от загрязнения атмосферного воздуха до и после внедрения природоохранных мероприятий и величину предотвращенного ущерба по формуле [15].

$$\Delta Y = P \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot M_{пред}, \text{ млн. тенге/год} \quad (4.3.2.1)$$

где  $P$  - плата за выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества от стационарного источника (МРП);

$K_1 = 10$  повышающий коэффициент.

$K_2$  - коэффициент кратности, учитывающий экологическую опасность загрязнения;

$K_2=1$  – организационные источники выброса;

$K_2=2$ - выбросы на территории с/х угодий и непокрытых лесом земель;

$K_2=3$ - для выбросов на территории покрытым лесом, селитебные и особо охраняемые территории (водоохранные зоны, источники питьевого водоснабжения, 1-ая, 2-зоны округов санитарно-охраняемых курортов).

$M_{пред}$  - предотвращенная масса выброса  $i$ -го вещества в результате реализации природоохранного мероприятия

4.3.3 Определение эколого-экономической эффективности

Для оценки эффективности природоохранных мероприятий рассчитывается критерии абсолютной и сравнительной эффективности.

Абсолютная эффективность капиталовложений природоохранных мероприятий определяется по формуле:

$$E_p = \left[ \sum_{i=j}^n \sum_{j=1}^m (\mathcal{E}_{ij} - C) \right] / K \quad (4.3.3.1)$$

где  $E_p$  – показатель общей абсолютной эффективности капиталовложений в природоохранные мероприятия;

$\mathcal{E}_{ij}$  – результат, эффект природоохранных мероприятий  $i$ -го вида на  $j$ -м объекте;

$C$  – годовые эксплуатационные расходы на обслуживание основных фондов природоохранного назначения;

$K$  – капитальные затраты в природоохранные мероприятия.

Для оценки целесообразности внедрения мероприятий предлагается сравнить  $E_p$  с коэффициентом эффективности капитальных вложений  $E_n=0.12$  (для природоохранных мероприятий).

Если  $E_p \geq E_n$ , то мероприятия признаются экономически эффективными. Применение одноцелевой задачи по предотвращению или сокращению негативного воздействия на окружающую среду  $\mathcal{E}_{ij}$  равен величине годового предотвращения ущерба [15].

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta Y_{ij} + \sum_{j=1}^m \Delta D_j, \quad (4.3.3.2)$$

где  $\Delta Y_{ij}$  – годовой предотвращенный ущерб в результате осуществления природоохранных мероприятий  $i$ -го вида на  $j$ -ом объекте;

$\Delta D$  – дополнительный доход, получаемый после внедрения мероприятия.

Таблица 11- сводная таблица данных

	Методы дегазации угольных шахт	Вертикальная скважина	Горизонтальная скважина	Наклонная скважина
	Наименование затрат	Стоимость, тыс. тенге	Стоимость, тыс. тенге	Стоимость, тыс. тенге
<b>1.</b>	Стоимость основного и вспомогательного оборудования на 1 скважину	95910	489976	323553
	Количество скважин	114	11	11
	Капитальные вложения	10933740	5389736	3559083
<b>Эксплуатационные затраты</b>				
<b>1</b>	Заработная плата с отчислениями на соц. страхование, ПФ и т.д.	20792,64	39085,2	39085,2
<b>2</b>	Амортизационные отчисления	1640061	808460,4	533 862,45
<b>3</b>	Энергозатраты	17400,39	17400,39	17400,39
<b>4</b>	Текущий ремонт оборудования	546687	269486,8	177954,15
<b>5</b>	Проведение исследований и испытаний	207,9264	390,852	390,852
<b>6</b>	Охрана труда	1039,632	1954,26	1954,26
<b>7</b>	Эксплуатация оборудования	45657	22506,55	14862,1
<b>8</b>	Итого затрат	2271845,588	1159284,452	785509,402
<b>Эффективность дегазации угольных шахт</b>				
<b>9</b>	Плата за выбросы метана в 2017 году	6670110	6670110	6670110
<b>10</b>	Предотвращенный ущерб	20010330	20010330	20010330
<b>11</b>	Эффект природоохранного мероприятия	26680440	26680440	26680440
<b>12</b>	Коэффициент абсолютной эффективности капитальных вложений	2,232410357	4,73514019	7,275731023

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Неоспорим факт того, что наиболее экологически чистый, чем уголь, метан являясь природным газом, представляет большой интерес для энергетической базы. Он не только добывается в процессе дегазации, но и как самостоятельное ископаемое. Нынешние глобальные тренды показывают нам, что многие ведущие страны практикуют введение метана в хозяйственный оборот, контролируют снижение рисков травм рабочих и аварийные ситуации при добыче метана из угольных пластов и держат курс на улучшение экологической ситуации. В ряде стран, таких как Канада, Австралия, Китай, США, добыча и разработка метана угольных пластов уже находится на стадии реализации. Они достигли хороших результатов по производительности и экономическим выгодам, сформировали зрелую технологическую систему и накопили успешный опыт, а также предоставили важные рекомендации по оптимизации типов скважин. Из стран Содружества Независимых Государств на данный момент добычей и разработкой метана угольных пластов занимается только Россия.

Для анализа из всех методов дегазации были выбраны три самых перспективных, среди которых вертикальный, горизонтальный и метод “фишбон”. Вертикальный метод оказался наиболее изученным, а метод “фишбон”, в свою очередь, появился относительно недавно.

Технический прогресс позволяет извлекать и использовать метан угольных пластов на более экономически выгодной основе, в результате чего в последние годы наблюдается повышенный интерес к разработке этого ресурса. Этот повышенный интерес сопровождается растущим осознанием правовых и эксплуатационных рисков, связанных с разработкой угольных пластов. Несмотря на перспективность метана угольных пластов как ценного энергетического ресурса, разработчикам этого ресурса необходимо оценить правовые риски наряду с геологическими, экологическими и экономическими параметрами, связанными с его разработкой. Неспособность этого может привести к осложнениям для его успешного освоения. По результатам прогноза должны быть выбраны система вентиляции, способ отвода метана и другие дополнительные мероприятия по предотвращению накопления опасных концентраций метана в горных выработках.

Работы по дегазации метана угольных пластов сильно связаны с экологией, поэтому говоря о них, необходимо учитывать возможность сокращения платы за выброс метана в атмосферу. Подводя итог всего эколого-экономического раздела необходимо отметить, что коэффициент абсолютной

эффективности капитальных вложений по трем методам высок. Но наиболее эффективный метод добычи метана - метод наклонных скважин, так как показатель общей абсолютной эффективности по этому методу выше, чем по другим и составляет  $E_p = 7,27$  что больше чем коэффициент эффективности  $E_H=0,12$ . Стоит отметить, что произведенные расчеты и описание внедрения природоохранных мероприятий показывают, что перспектива внедрения методов дегазации метана угольных пластов в Казахстане возымеет положительный эффект на окружающую среду.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. United Nations Framework Classification for Resources – Draft Guidance for application to Coal Bed Methane, 2022. URL: <https://unece.org/sites/default/files/2022-04/Draft%20Guidance%20Application%20of%20UNFC%20to%20CBM.pdf>
2. Coal Mine Methane Country Profiles, Kazakhstan, 2020. URL: [https://www.globalmethane.org/documents/toolsres\\_coal\\_overview\\_ch20\\_updated2020.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_coal_overview_ch20_updated2020.pdf)
3. Effective Coalbed Methane (CBM) Recovery Technologies for APEC Developing Economies, APEC Energy Working Group, 2018.
4. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК
5. Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577 «О Концепции по переходу Республики Казахстан к “зеленой экономике”»
6. Mineral Exploration (Second Edition), Swapan Kumar Halдар, 2018.
7. <https://www.alberta.ca/coalbed-methane.aspx#jumplinks-1>
8. Hydraulic Fracturing. URL: <https://www.aer.ca/protecting-what-matters/holding-industry-accountable/industry-performance/water-use-performance/hydraulic-fracturing-water-use>
9. <https://dknews.kz/ru/shelkovyy-put/268633-na-krupneyshe-m-v-kitae-mestorozhdenii-metana-iz>
10. Unconventional Resources (Volume 2), Wenping Jiang, 2022
11. Multi-layer superposed coalbed methane system in southern Qinshui Basin, Shanxi Province, China, Qin, Y., Fu, 2015
12. Coalbed methane offers up a green and promising resource of electricity, Discover Shanxi, Cao YingYing, 2021
13. Газпром. О перспективах добычи в России угольного газа [Электронный ресурс] – 2020
14. <https://www.geo.gov.ua/>
15. Ералиева А.А. Эколого-экономическая оценка природоохранных мероприятий: теория и практика при транспортировке нефти по магистральным нефтепроводам. Учебное пособие - Алматы: Ғылым, - 2002.-183 с.
16. A Brief Overview of CMB Development in India, Nimisha Vedanti, Uma Vadapalli, Kalachand Sain, 2020
17. Enhancing Safety in the Polish High-Methane Coal Mines: an Overview, Nikodem Szlązak, Dariusz Obracaj, Justyna Swolkień, 2020.

18. Complete Guide to Mining Personal Protective Equipment (PPE)  
<https://www.anbusafety.com/mining-ppe-2/>
19. Методы добычи метана из угольных пластов бассейна Циньшуй (КНР),  
Лу Яньцзюнь, 2018.
20. A. Kukhareva, D. Petrash, G. Kezembraeva, S. Nurmakova, S. Sarsenbaev  
"Ecological and economic justification of coalbed methane degasification",  
Proceedings of the International Scientific and Practical Conference  
"Satbayev Conference - 2023. Science and technology: from idea to  
implementation", July 2023

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Кухаревой А.Д., Петраш Д.Й

6B05102 – «Химическая и биохимическая инженерия»

На тему: «Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана угольных пластов»

Выполнено:

а) графическая часть на 9 листах

б) пояснительная записка на 48 страницах

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа Кухаревой А.Д. и Петраш Д.Й. освещает актуальную научно-прикладную проблему добычи метана угольных пластов. Практическая значимость работы обусловлена необходимостью развития данного направления как в сфере экологии, так и с точки зрения добычи полезных ископаемых. Существенным преимуществом работы является комплексность рассматриваемой проблемы, которая требует подхода с применением знаний из нескольких областей науки для формирования анализа.

Первая глава посвящена анализу методов дегазации метана угольных пластов, их анализу и выбору наиболее перспективных направлений.

Во второй главе описаны наиболее применяемые методы дегазации МУП.

А также в дипломной работе проведен сравнительный анализ эколого-экономической эффективности методов добычи метана.

Существенных замечаний к работе нет.

### Оценка работы

Структура Рецензируемой работы соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным работам бакалавриата. Материал работы изложен с соблюдением логических закономерностей. В связи с эти работа рекомендуется к защите с оценкой отлично.

### Рецензент

Кандидат технических наук, главный специалист отдела водных ресурсов и нормирования ТОО КАПЭ

Ж.А. Дюсенова Дюсенова Ж.А.

(подпись)

«11» 05 2023 г.



## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомилась с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Авторы:** Кухарева Анастасия Дмитриевна, Петраш Диана Йозефовна

**Название:** Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана угольных пластов

**Координатор:** Кезембаева Гульмира Булатовна

**Коэффициент подобия 1:** 10.6

**Коэффициент подобия 2:** 6.13

### После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;

обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

*При написании дипломного проекта были использованы нормативно-правовые акты, методические указания и рекомендации. Обнаруженные заимствования не являются критическим материалом.*

« 30 » мая 2023 г.  
Дата

*Гульмира Булатовна Кезембаева*  
Подпись научного руководителя

## Протокол анализа Отчета подобия заведующего кафедрой

Заведующий кафедрой заявляет, что ознакомилась с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Авторы:** Кухарева Анастасия Дмитриевна, Петраш Диана Йозефовна

**Название:** Эколого-экономическое обоснование методов дегазации метана угольных пластов

**Координатор:** Кезембаева Гульмира Булатовна

**Коэффициент подобия 1:** 10.6

**Коэффициент подобия 2:** 6.13

После анализа Отчета подобия заведующий кафедрой констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

*При написании данной работы были использованы материалы законодательства РК, в частности транзитной корекс и методики по обоснованию эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов, обнаруженные заимствования не являются признаками плагиата*

« 31 » 05 2023 г.  
Дата

*Кухарева Сел. В.*  
Ф.И.О., подпись зав. кафедрой