

УДК 553.94:550.42

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ТУТУЯССКОЙ ПЛОЩАДИ КУЗБАССА КАК НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕТАНА

Марьина А. В., студент гр. ПГс-221, III курс, техник НИЛ ЦТПМСК

Научный руководитель: Смирнова А. Д., ассистент кафедры  
маркшейдерского дела и геологии, научный сотрудник НИЛ ЦТПМСК  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Кузнецкий угольный бассейн (Кузбасс) находится в южной части Западной Сибири, преимущественно в Кемеровской области. Добыча угля в бассейне осуществляется двумя способами: открытым и подземным. Кузбасс – это один из крупнейших угольных бассейнов мира, однако его потенциал не ограничивается только углем: пласты содержат значительные запасы метана, который долгое время оставался побочным продуктом добычи.

Комплексное освоение угольных месторождений с попутным извлечением метана угольных пластов (МУП) представляет собой стратегически важное направление развития энергетики и добывающей промышленности, особенно в таких угледобывающих регионах, как Кузбасс. Ресурсы метана в Кемеровской области оцениваются в 13,1 трлн м<sup>3</sup> (рисунок 1), что делает его значительным альтернативным энергетическим ресурсом, способным внести вклад в энергобезопасность страны.

**83 700 млрд м<sup>3</sup> метана**

сосредоточено в угольных бассейнах России

В их числе:



Рисунок 1. Запасы метана угольных пластов в основных угольных бассейнах  
России [1]

Актуальность этого подхода обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, угольный метан обладает высокой энергетической ценностью и может использоваться в качестве топлива для электростанций, отопления, производства водорода или как сырьё для химической промышленности. Его освоение позволяет диверсифицировать энергетические источники и снизить зависимость от традиционного природного газа, что особенно важно в условиях меняющейся геополитической обстановки и санкционного давления. Во-вторых, добыча метана напрямую связана с повышением безопасности освоения угольных месторождений. Поскольку метан является взрывоопасным газом, его накопление в шахтах создает угрозу аварий. Извлечение метана во время заблаговременной дегазации угольных пластов не только снижает риски для горняков, но и делает процесс добычи угля более эффективным.

Целью данного исследования является оценка факторов, влияющих на накопление и распределение значительных объемов метана в угольных пластах на примере Тутуяской площади Кузбасса. Площадь, расположенная на юго-востоке бассейна, является перспективной для комплексного освоения с попутным извлечением МУП и характеризуется мощными угольными пластами с повышенной газоносностью, что делает ее особенно привлекательной для комплексной разработки.

Продуктивными являются пермские отложения (ускатская, ленинская и грамотеинская свиты), это основные угленосные и газоносные комплексы [2]. На примере образцов угля, отобранных из структурных скважин Тутуяской площади Кузбасса были оценены возможности фациального анализа. В ее углях присутствуют требуемые для анализа мацералы групп витринита и инертинита. Так как результаты петрографического анализа имеются только по группам мацералов, был рассчитан приблизительно только индекс гелеификации. При этом формула была упрощена до отношения содержания мацералов группы витринита к содержанию мацералов группы инертинита [3].

В результате расчетов было установлено, что угольные пласти площади сформировались в условиях обводненного лесного болота с высоким уровнем грунтовых вод, что существенно повлияло на их газоносность [3]. В таких фациальных условиях происходило активное накопление органического материала, преимущественно гумусового типа, за счет разложения древесной растительности в анаэробной среде. Это способствовало образованию биогенного метана уже на ранних стадиях торфообразования, а в дальнейшем, в процессе углефикации, привело к формированию значительных запасов газа. Высокий уровень грунтовых вод обеспечил хорошую сохранность органического вещества, минимизировав его окисление, и способствовал формированию углей с развитой микротрециноватостью и высокой сорбционной емкостью. Благодаря этому метан и другие углеводородные газы эффективно аккумулировались в угольных пластах в пределах исследуемой площади.

Однако избыточная обводненность могла также привести к повышенной уплотненности угля, что снижает его проницаемость, но одновременно

увеличивает потенциал удержания газа в сорбированном состоянии. Эти особенности текстуры и состава углей, сформированные на ранних стадиях торфообразования, продолжали влиять на их свойства и в процессе дальнейшего углефикации.

В процессе глубинного преобразования органического вещества угольных пластов Тутуюской площади наблюдается зависимость между составом мацералов и развитием сети трещин. После стадии активного выделения летучих соединений из формирующегося пласта высокое содержание витринитовых компонентов играет ключевую роль в формировании структуры пласта. Витринитовые мацералы, обладая повышенной хрупкостью по сравнению с другими компонентами угля, становятся зонами концентрации напряжений при возрастающем литостатическом давлении, что приводит к интенсивному трещинообразованию [2].

На стадии перехода от буроугольной к каменноугольной степени метаморфизма наблюдается пик развития эндогенной трещиноватости. Этот период характеризуется активной дегазацией угольного вещества и одновременным увеличением его хрупкости, что создает оптимальные условия для формирования разветвленной сети трещин. Однако, как отмечают исследователи, дальнейшее увеличение степени метаморфизма приводит к принципиальному изменению характера трещинообразования.

При достижении высоких стадий метаморфизма (в зоне метагенеза) происходит качественное изменение поведения витринитового вещества. Начинается процесс частичного плавления витринита, сопровождающийся его пластической деформацией и перераспределением в объеме пласта. Это приводит к постепенному «залечиванию» ранее образовавшихся трещин. Другими словами, витринитовое вещество заполняет трещинные полости, существенно снижая общую проницаемость угольного пласта. Таким образом, максимальные значения проницаемости наблюдаются в углях средней степени метаморфизма (каменноугольная стадия), тогда как высокометаморфизованные угли, несмотря на значительное содержание витринита, демонстрируют минимальные значения фильтрационных параметров [2].

Наибольший потенциал для образования промышленных скоплений метана имеют пластины средней степени метаморфизма, где сочетаются развитая система трещин и достаточная сорбционная емкость угольного вещества. Однако на формирование этих характеристик существенное влияние оказывают не только процессы углефикации, но и современные геомеханические условия залегания угольных пластов. Ключевым параметром, характеризующим эти условия, является геостатическое напряжение, которое может быть определено по его градиенту. В пределах исследуемой территории он составляет 23,54 кПа/м, что несколько превышает типичное значение 22,98 кПа/м (psi/ft), распространенное в зарубежной литературе [4].

На рисунке 2 представлена кривая геостатического напряжения, полученная по данным плотностного гамма-гамма каротажа в пределах Южно-Кузбасской группы месторождений, распространяемая в том числе и на объект

исследований. Повышенный градиент напряжения является косвенным свидетельством уплотнения пород, вызванного тектоническими напряжениями в условиях Кузнецкого бассейна – крупной тектонической депрессии, ограниченной со всех сторон региональными геотектоническими зонами.

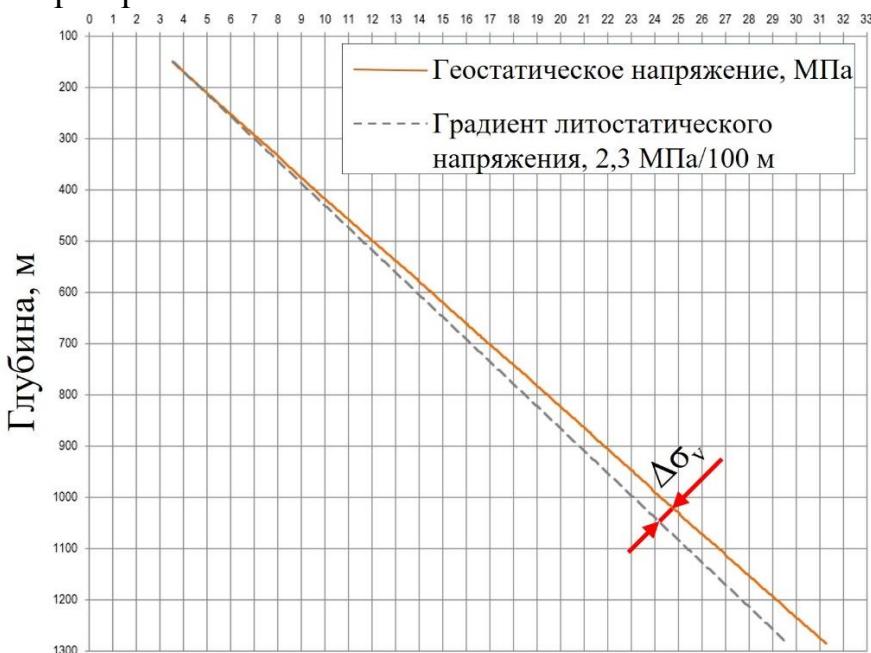


Рисунок 2. Кривая геостатического напряжения по данным одной из промышленных скважин в пределах Южно-Кузбасской группы метаноугольных месторождений

Наиболее древними структурами являются Кузнецкий Алатау и Горная Шория, представляющие горно-складчатые системы и расположенные на восточной и южной площадях от бассейна соответственно. На западе от него располагается Салаирский кряж, а на севере – Томь-Колыванская зона. Это тектническое обрамление создает уникальные геомеханические условия, вызывающие уплотнение слагающих массив горных пород и объясняющие увеличение градиента в условиях Кузбасса и Тутуюской площади, в частности. Указанное уплотнение влияет на изменение проницаемости угольных пластов и, соответственно, его газоотдачу в дальнейшем.

Проведенное исследование позволило оценить ключевые геологические факторы, контролирующие накопление и распределение метана в угольных пластах Тутуюской площади Кузбасса. Установлено, что метаноносность углей определяется палеогеографических условий седиментации, литотипным составом угольных пластов и тектонической историей региона.

Анализ тектонических процессов показал, что формирование трещиноватости под действием геомеханических напряжений существенно влияет на фильтрационно-емкостные свойства углей, определяя их газоотдачу.

Результаты научной работы имеют практическое значение: выделение зон с повышенной метаноносностью и оптимизация размещения дегазационных скважин на основе комплексной оценки геологических факторов позволяют повысить эффективность добычи метана и обеспечить безопасность ведения горных работ.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию технологий добычи МУП с учётом геологических особенностей Кузбасса, что позволит максимально реализовать его энергетический потенциал.

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2024-082-2).

### Список литературы:

1. Пармузин, П. Н. Зарубежный и отечественный опыт освоения ресурсов метана угольных пластов / П. Н. Пармузин. – Ухта : УГТУ, 2017. – 109 с.
2. Смирнова А. Д. Анализ распределения проницаемости угольных пластов южной части Тутуюсской площади Кузбасса / А. Д. Смирнова, А. Г. Шевцов, Ш. Чэнь // Устойчивое развитие горных территорий – 2022. Т.14, № 4. С. 657–665. DOI: 10.21177/1998-4502-2022-14-4-657-665.
3. Шевцов А. Г. Фациальный анализ угольных месторождений и его применимость при добыче метана угольных пластов / А. Г. Шевцов, К. М. Каштанова, А. С. Попков, М. В. Трофимов // Россия молодая : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 10207.1-10207.7. – EDN NFGVGH.
4. Feng Y. Pattern of Influence of the Mining Direction of the Protective Seam on the Stress of the Surrounding Rock / Y. Feng, W. Wang, Z. Zhang, W. Yang// Sustainability. – 2023. – Vol. 15(18), 13623. DOI: 10.3390/su151813623.