

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ НА
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА В ПОДРАБОТАННОЙ
УГЛЕПОРОДНОЙ ТОЛЩЕ**

Выполнена оценка плотности остаточных ресурсов техногенных скоплений метана для шахт Донецко-Макеевского геолого-промышленного района. Исследовано влияние степени метаморфизма углей на формирование скоплений газа.

**INFLUENCE OF COAL METAMORPHISM ON REDISTRIBUTION OF
METHANE WITHIN THE UNDERMINING COAL ROCK MASSIVE**

Estimation of remaining resources of technogenic accumulations of methane for mines Donetsk-Makeevsk region was performed. Influence of coal metamorphism on formation areas of methane gas have been investigated.

В настоящее время все более актуальным становится вопрос извлечения и использования метана угольных месторождений. Одним из перспективных направлений комплексного освоения углегазового месторождения является добыча метана из углепородного массива закрытых шахт и отработанных участков действующих [1]. Техногенные скопления метана формируются в углепородном массиве после отработки угольных пластов. Вследствие проседания пород кровли над отработанным пластом и их разуплотнения, образуются трещино-пористые коллекторы, в которых накапливается выделяющийся из углепородного массива свободный и десорбированный метан, фильтрующийся в дальнейшем в горные выработки [2]. Известно [3], что степень метаморфизма углей и катагенеза пород определяют их природную и остаточную метаноносность, коллекторские и сорбционные свойства и, как следствие, должны оказывать влияние на распределение техногенных скоплений метана. Однако, характер этого распределения до настоящего времени недостаточно изучен, поэтому задача оценки влияния степени метаморфизма углей и катагенеза пород на распределение остаточных ресурсов метана в подработанном углепородном массиве закрытых шахт является актуальной.

Для шахт, расположенных в Донецко-Макеевском геолого-промышленном районе Донбасса и разрабатывающих пласты углей марок Г-Ж и Ж (пласт m_3 , шахты им. А.Ф. Засядько, «Чайкино», им. В.М. Бажанова), марки ОС (пласт l_1 , шахта «Калиновская-Восточная») была выполнена оценка плотности остаточных ресурсов техногенных скоплений метана в подработанном углепородном массиве и проведен анализ изменения соотношения количества остаточных ресурсов метана в породах и угольных пластах.

При расчете остаточных ресурсов метана в подработанной углепородной толще необходимо знать давление и проницаемость подработанного горного массива, которые существенно изменяются после выемки угольного пласта. Наиболее точным способом определения давления в подработанном углепородном массиве являются прямые замеры пластоиспытателями при бурении

скважин. Именно по таким замерам установлена тенденция увеличения давления насыщающих подработанный углепородный массив флюидов вверх по разрезу от отработанного ранее угольного пласта, от практически атмосферного на границе с горной выработкой [1] до 80-90% от гидростатического [3] у верхней границы зоны подработки. Учитывая, что на практике замеры давления газа в подработанном углепородном массиве выполняются крайне редко, было предложено использовать расчетные значения давления флюидов в подработанном массиве, определяемые, с учетом установленной тенденции по линейной зависимости, вида:

$$P_{н.м.} = a \cdot h \cdot \gamma_g \cdot g,$$

где: a – коэффициент, учитывающий влияние высоты зоны подработки; h – расстояние по нормали от подошвы отработанного угольного пласта до слоя, в котором определяется давление;

γ_g – плотность воды, равная 1000 кг/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Рассчитав по данному методу давление газа в подработанном углепородном массиве получаем возможность рассчитать значения интегральной проницаемости [2, 4].

Подработанный углепородный массив по проницаемости можно условно разделить на две зоны: зона «медленного газа», которая соответствует зонам слабой нарушенности III и IV по М.А. Иофису [5] и зона «быстрого газа», соответствующая зонам интенсивной нарушенности I и II. Метан из зоны «быстрого газа» поступает в работающую лаву повышая метанообильность, а метан из зоны «медленного газа» медленно дренирует в выработанное пространство, повышая фоновую концентрацию [6]. Выделение в подработанном массиве зон «быстрого» и «медленного» газа позволило выполнить оценку плотности остаточных ресурсов метана. Метан из зоны «быстрого» газа поступает в работающую лаву и не принимает участия в формировании остаточных ресурсов метана. Следовательно, песчаники, угольные пласты и пропластки расположенные в этой зоне дегазируются и при подсчете плотности остаточных ресурсов метана не учитываются.

На поле шахты им. А.Ф. Засядько над пластом m_3 расположено от 2 до 4 слоев песчаников, но наибольшее влияние имеют песчаники $m_4Sm_4^1$ и $m_4^3Sm_5$ (мощность 23 – 54 м). Средняя газоносность песчаника $m_4Sm_4^1$ составляет 2,2 м³/м³, техногенная газонасыщенность составляет от 0,8 до 1,3 м³/м³. Те же величины для песчаника $m_4^3Sm_5$ составляют 2,1 м³/м³ и от 1,6 до 2,1 м³/м³ соответственно. Плотность ресурсов техногенных скоплений метана (ТСМ) в песчаниках подработанных при разработке пласта m_3 изменяется от 7 м³/м² до 138 м³/м², при среднем значении 68,96 м³/м². В зоне «быстрого» газа после подработки расположен песчаник $m_4Sm_4^1$, при подработке он дегазируется и не принимает участия в формировании техногенных скоплений метана. Сред-

няя плотность остаточных ресурсов метана в песчаниках по шахтному полю составила $32,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (47,1% от значения плотности ресурсов метана в песчаниках до подработки). Над отработанным пластом m_3 встречается от 2 до 5 угольных пластов-спутников и пропластков. Все они небольшой мощности (до 0,4 – 0,5м) и не выдержанные по площади. Плотность ресурсов метана в угольных пластах-спутниках и пропластках, подрабатываемых при разработке пласта m_3 , изменяется от $2,54 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до $30,86 \text{ м}^3/\text{м}^2$, при среднем значении $11,26 \text{ м}^3/\text{м}^2$. После подработки средняя плотность ресурсов ТСМ для пластов-спутников составила $10,7 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Таким образом, в песчаниках сосредоточено 75,2% от общего количества остаточного газа, в угольных пластах и пропластках – 24,8%. Результаты подсчета плотности ресурсов ТСМ до и после подработки приведены на рисунке 1.

На поле шахты «Чайкино» над отработанным пластом m_3 (марка угля Ж) в зоне влияния подработки расположено два, реже три песчаника. Основную роль в формировании техногенных скоплений метана играют песчаники $m_4Sm_4^1$ и $m_5^1Sm_6$. Мощность песчаника $m_4Sm_4^1$ изменяется от 23 м до 50,9 м, природная газоносность от $1,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $2,52 \text{ м}^3/\text{м}^3$, техногенная газонасыщенность изменяется от 0,34 до $1,21 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Мощность песчаника $m_5^1Sm_6$ изменяется от 6,8 до 28 м, природная газоносность от $1,53 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $2,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$, техногенная газонасыщенность песчаника от 1,51 до $2,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Плотность ресурсов техногенных скоплений метана в песчаниках составляет от $35,4 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до $95,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$, при среднем значении $62,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$. В зоне «быстрого» газа после подработки расположен песчаник $m_4Sm_4^1$, который дегазируется и при подсчете остаточных запасов метана не учитывается. Плотность остаточных ресурсов ТСМ составила $34,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (54,9% от значения до подработки). В зоне влияния подработки пласта m_3 расположено от 2 до 6 угольных пластов и пропластков. Наибольшее значение имеют пласты m_4^1 , m_5^H , m_5^6 и m_5^1 . Пласты по строению выдержаны, мощность от 0,3 до 0,75 м. Плотность ресурсов техногенных скоплений метана в угольных пластах и пропластках изменяется от $12,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до $38,45 \text{ м}^3/\text{м}^2$, при среднем значении $24,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

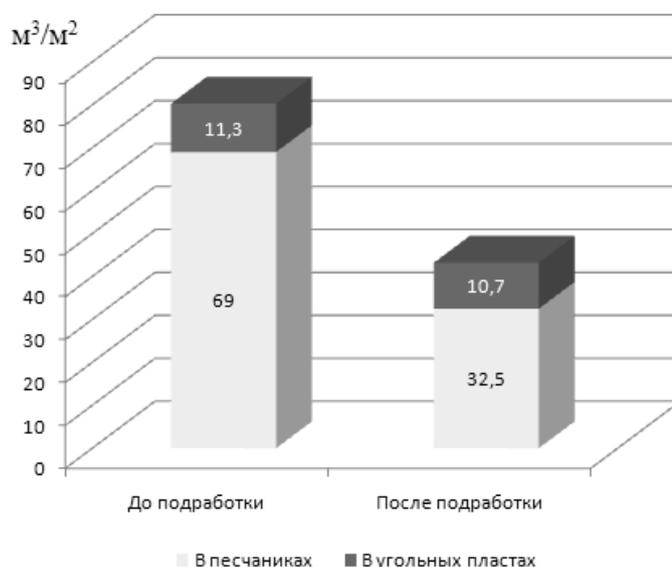


Рис.1 – Оценка плотности ресурсов метана и ТСМ над пластом m_3 на поле шахты им. А.Ф. Засядько до и после подработки

После подработки средняя плотность остаточных ресурсов ТСМ для пластов-спутников составила $23,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$, то есть 97,1 % от исходного значения. Средняя плотность остаточных ресурсов ТСМ для песчаников составляет $34,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$, для угольных пластов и пропластков $23,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Следовательно, запасы ТСМ в подработанном углепородном массиве распределяются следующим образом: в породах содержится 59,3 % от общего количества метана, в угольных пластах и пропластках – 40,7 % (Рис. 2).

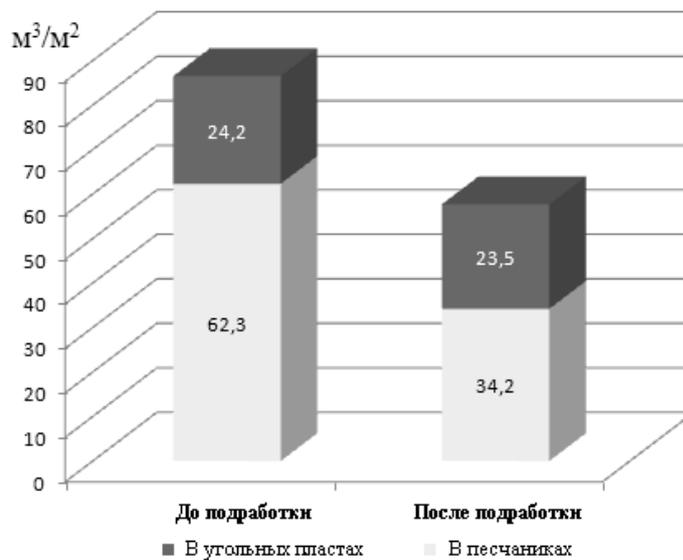


Рис.2 – Оценка плотности ресурсов метана и ТСМ над пластом m_3 на поле шахты «Чайкино» до и после подработки

Оценка плотности остаточных ресурсов ТСМ для углей марки К была выполнена для пласта m_3 на поле шахты им. В.М. Бажанова. Высота толщ подработанных пород для песчаников составляет 162 м. В этом интервале над отработанным пластом расположено от 2 до 5 слоев песчаников. Наибольшее значение в формировании техногенных скоплений газа имеют песчаники $m_4^0Sm_4^1$ (мощность 18 – 39 м), $M_5Sm_4^4$ (мощность 8,5 – 20,6 м) и $m_4^4Sm_4^5$ (мощность 5 – 12,2 м). Суммарная плотность ресурсов метана по всем песчаникам в зоне влияния отработки пласта m_3 изменяется от $23,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до $70,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$, при среднем значении $43,4 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Мощность зоны «быстрого» газа изменяется от 72 до 81,5 м. В этой зоне расположен песчаник $m_4^0Sm_4^1$. Плотность ресурсов техногенных скоплений метана составила $15,6 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (35,9 % от значения до подработки). Высота толщ подработанных пород для угольных пластов и пропластков составляет 246 м. Наиболее мощными и выдержанными по площади угольными пластами расположенными в этой зоне являются m_4^1 , m_5^u , m_5^e и m_5^l . Их мощность изменяется от 0,3 до 0,8 м. Плотность ресурсов метана в угольных пластах и пропластках изменяется от $8,01 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до

33,12 м³/м², при среднем значении 21,7 м³/м². После подработки средняя плотность ресурсов ТСМ для пластов-спутников составила 21,0 м³/м² (96,8 % от значения до подработки). Таким образом, средняя плотность остаточных ресурсов ТСМ для песчаников составляет 15,6 м³/м² (42,6% от общего количества остаточных ресурсов метана), для угольных пластов и пропластков 21,0 м³/м² (57,4% от общего количества) (Рис. 3).

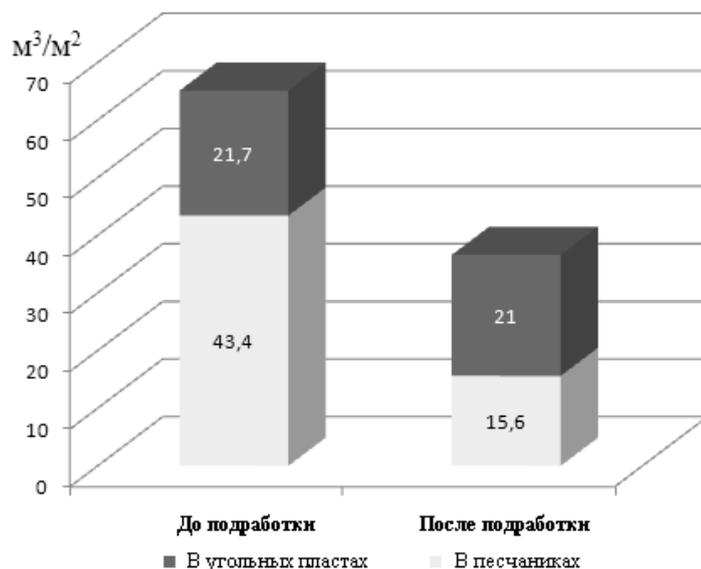


Рис.3 – Оценка плотности ресурсов метана и ТСМ над пластом m_3 на поле шахты им. В.М. Бажанова до и после подработки

Для углей марки ОС оценка плотности остаточных ресурсов ТСМ была выполнена для пласта l_1 поля шахты «Калиновская-Восточная» (Рис. 4).

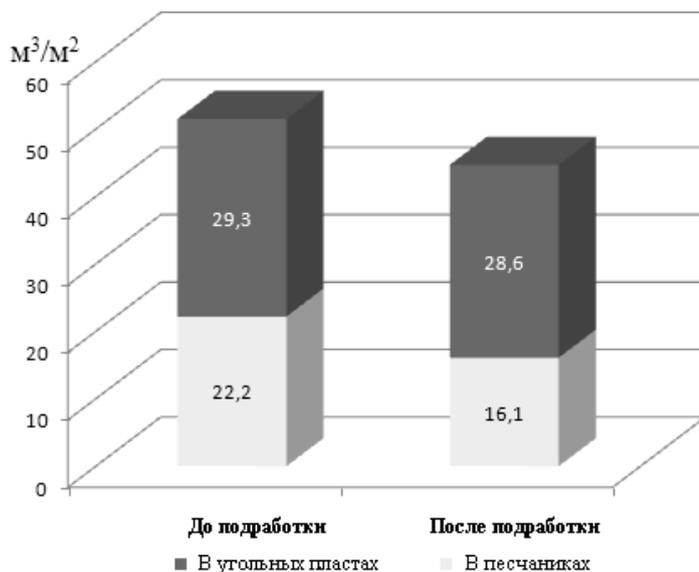


Рис.4 – Оценка плотности ресурсов ТСМ над пластом l_1 на поле шахты «Калиновская-Восточная» до и после подработки

Высота толщи подработанных пород для песчаников составляет 102 м.

На поле шахты в зоне влияния подработки расположено от двух до четырех слоев песчаников. Наиболее мощными являются песчаники $l_1^1Sl_2^1$, $l_2^1Sl_3$ и $l_3Sl_3^1$. Мощность песчаника $l_1^1Sl_2^1$ изменяется от 19 м до 30 м, природная газоносность составляет от $1,07 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $1,34 \text{ м}^3/\text{м}^3$, техногенная газонасыщенность изменяется в пределах от 0,2 до $0,4 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Мощность песчаника $l_2^1Sl_3$ изменяется от 5,2 до 25,4 м, природная газоносность от $0,99 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $1,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$, техногенная газонасыщенность песчаника от 0,63 до $0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$. У песчаника $l_3Sl_3^1$ мощность изменяется в пределах от 18,4 до 27 м, природная газоносность от $0,78 \text{ м}^3/\text{м}^3$ до $1,22 \text{ м}^3/\text{м}^3$, техногенная газонасыщенность песчаника от 0,72 до $0,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Плотность ресурсов техногенных скоплений метана в песчаниках составляет от $5,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до $36,4 \text{ м}^3/\text{м}^2$, при среднем значении $22,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$. В зоне «быстрого» газа после подработки расположен песчаник $l_1^1Sl_2^1$, средняя плотность остаточных ресурсов техногенных скоплений метана составила $16,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (72,5 % от значения до подработки). Высота толщи подработанных пород для угольных пластов и пропластков составляет 143 м. Над отработанным пластом встречается от трех до пяти угольных пластов-спутников. Наибольшее значение имеют пласты l_1^1 , l_3 , и l_4 . Мощность от 0,35 до 1,25 м. Плотность ресурсов техногенных скоплений метана в угольных пластах и пропластках изменяется от $0,7 \text{ м}^3/\text{м}^2$ до $57,7 \text{ м}^3/\text{м}^2$, при среднем значении $29,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$. После подработки средняя плотность ресурсов ТСМ для угольных пластов и пропластков составила $28,6 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (97,6 % от значения до подработки). Средняя плотность остаточных ресурсов ТСМ для песчаников составляет $16,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (36% от общего количества), для угольных пластов и пропластков $28,6 \text{ м}^3/\text{м}^2$ (64% от общего количества).

На рисунке 5 представлены результаты подсчетов плотности остаточных ресурсов ТСМ для углей марок Г-Ж – ОС в соотношении запасов в песчаниках и угольных пластах.

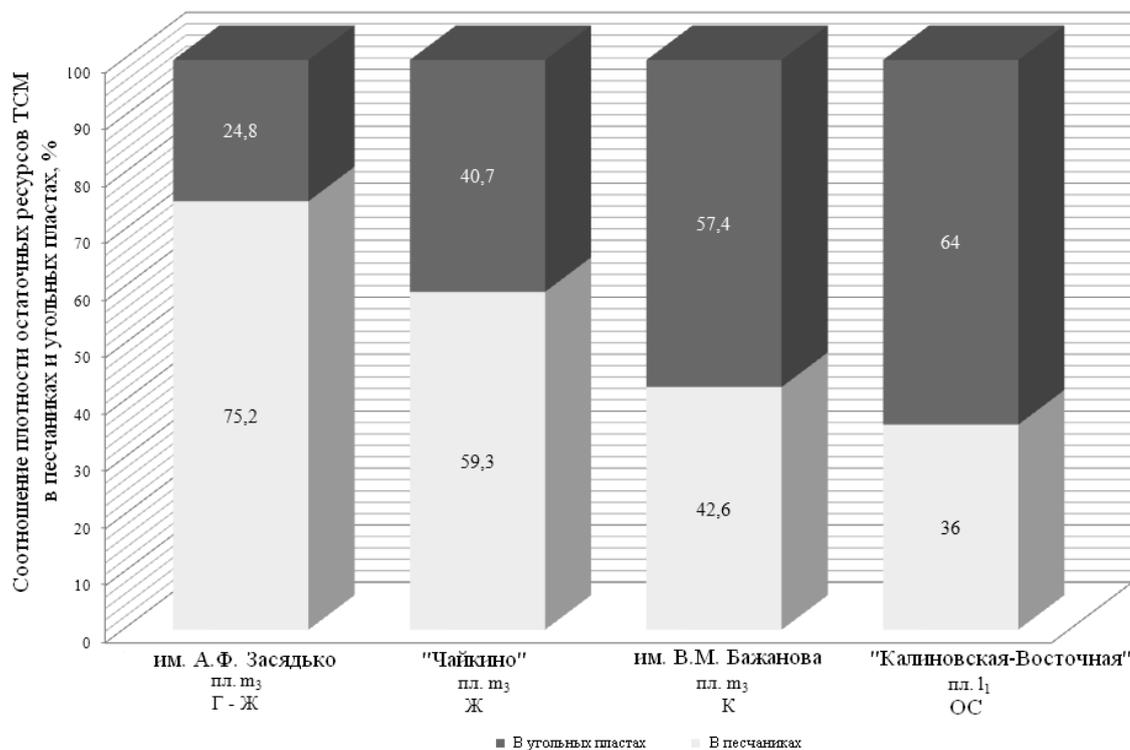


Рис.5 – Соотношение плотности остаточных ресурсов ТСМ в песчаниках и угольных пластах для углей марок Г-Ж – ОС

Таким образом, с ростом степени метаморфизма углей наблюдается тенденция снижения объема остаточных ресурсов метана сконцентрированного в песчаниках и его увеличение в угольных пластах и пропластках вызванная снижением эффективной пористости песчаников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лукинов В.В. Метан закрытых шахт – проблемы и решения // Геотехн. мех.-2006. – Вып. 67. – С. 55-67.
2. Фильтрационные параметры коллектора – углепородного массива, подработанного горными выработками. В.В. Лукинов, А.П. Клец, В.В. Бобрышев и др. // Геотехн. мех.-2002. – Вып. 37. – С. 74-79.
3. Забигайло В.Е. Геологические факторы выбросоопасности пород Донбасса / В.Е. Забигайло, Широков А.З. и др. – К.: Наук. думка, 1974. – 270 с.
4. Давление флюидов и оценка изменения интегральной проницаемости в подработанном углепородном массиве. В.В. Лукинов, А.П. Клец, А.В. Приходченко и др. // Наук. вісн. НГУ-2010. – Вип. 5.
5. Иофис М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелев. - М.: Недра, 1985. – 248 с.
6. Принципы оценки ресурсов извлекаемого метана из подработанной углепородной толщи.-В.В. Лукинов, В.В.Фичев, А.П. Клец // Геотехническая механика. Днепропетровск, 2002. - Вып. 32 - С. 30-40.