

УДК 502/504

А.С. Сухоченков

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
И ВЫБОР ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ШАХТНОГО МЕТАНА**

Семинар № 8

Функционирование предприятий угольной промышленности, как правило, сопровождается многосторонним негативным воздействием на окружающую природную среду, масштабы которого непосредственно зависят от объема основного производства и в связи с возможным увеличением объемов добычи угля имеют тенденцию к дальнейшему росту.

По уровню образования и выбросов вредных веществ в атмосферу угольная промышленность является одной из наиболее загрязняющих воздушный бассейн отраслей.

В 1999 году предприятиями угольной промышленности было выброшено в атмосферу 620,8 тыс. т. вредных веществ, в том числе 443,5 тыс. т. метана, в 2004 г. объем выброшенного в атмосферу метана возрос до 660,7 тыс. т.

Одним из главных направлений снижения отрицательного воздействия угольной промышленности на атмосферный воздух и повышения уровня природопользования является утилизация шахтного метана, дающая как экологический, так и экономический эффект.

Существующие технологии использования шахтного метана во многом зависят от конкретных горно-геологических условий и характеристик метановоздушной смеси, извлекаемой средствами шахтной дегазации. Поэтому

разработка механизма оценки и выбора вариантов использования шахтного метана для различных условий с учетом горно-геологических, экономических, экологических и социальных факторов является актуальной научной задачей.

Прежде чем как вести разговор о выборе того или иного варианта необходимо определить факторы, оказывающие влияние на выбор вариантов использования шахтного метана.

На основании проведенного системного анализа эколого-экономических аспектов угольной отрасли, научных и прикладных работ по добыче и использованию шахтного метана, а также на основании корректного применения известных методов статистического анализа, выявлены факторы, в значительной степени оказывающие влияние на выбор вариантов использования шахтного метана:

- метаноносность угольного пласта;
- максимальное значение концентрации метана в МВС;
- максимальное значение дебита метана;
- стабильность концентрации метана в МВС;
- стабильность дебита метана;
- влажность газа;
- наличие механических примесей;
- давление газа;

- капитальные вложения;
- себестоимость добытого метана;
- средняя цена продукции;
- климатические условия района расположения шахты.

Исходная постановка решения задачи по оценке и выбору наиболее эффективного варианта использования шахтного метана была поставлена в следующем виде. Необходимо максимально снизить негативное воздействие объектов горной промышленности, реализующих мероприятия по де-газации, на состояние атмосферного воздуха за счет проведения мероприятий по использованию шахтного метана, затрачивая при этом минимальное количество денежных средств (минимизируя затраты).

В горнопромышленном районе имеется n -ое количество шахт, использующих средства шахтной дегазации, на которых возможно проведение мероприятий по использованию шахтного метана. При этом каждое i -тое предприятие ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) имеет определенные объемы метана извлекаемые средствами дегазации (в сумме по всем видам дегазации) V_i , и в качестве исходной предпосылки принимается то, что на объем извлекаемого метана имеется спрос.

Общие затраты, связанные с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана представлены в следующем виде:

$$Z^{US} = Z^{INV} + Z^{EX} + Z^{TAX} + Z^{ST} + Z^{ECL}, \quad (1)$$

где Z^{INV} – капитальные затраты, связанные с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана, руб.; Z^{EX} – эксплуатационные затраты, связанные с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана, руб.; Z^{TAX} – налоги связанные с производственной деятельностью (за исключением

экологических налогов), руб.; Z^{ST} – суммарные затраты на доведения метановоздушной смеси до требуемой потребителем кондиции, руб.; Z^{ECL} – экологические издержки, связанные с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана, руб.

$$Z^{INV} = Z^B + Z^{PL} + Z^{OTH}, \quad (2)$$

где Z^B – затраты на строительство поверхностного комплекса, руб.; Z^{PL} – строительство центрального трубопровода; Z^{OTH} – прочие строительные затраты, руб.

Доведение метановоздушной смеси до требуемой потребителем кондиции сопровождается следующими затратами:

$$Z^{ST} = Z^{FR} + Z^C + Z^{MI} + Z^{DRY} + Z^{PS}, \quad (3)$$

где Z^{FR} – затраты на проведение мероприятий по доведению метановоздушной смеси до требуемого потребителем значения дебита, руб.; Z^C – затраты на проведение мероприятий по доведению концентрации метана в метановоздушной смеси до требуемых потребителем величин, руб.; Z^{MI} – затраты на проведение мероприятий по очистке метановоздушной смеси от механических примесей, руб.; Z^{DRY} – затраты на проведение мероприятий по осушке метановоздушной смеси, руб.; Z^{PS} – затраты на проведение мероприятий по доведению давления метановоздушной смеси до требуемых потребителем величин, руб.

Экологические издержки, связанные с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана:

$$Z^{ECL} = Z^W + Z^G + Z^E + Z^P + Z^{UP} + Z^{ST} + Z^{RE}, \quad (4)$$

где Z^W – затраты на проведение мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов, руб.;

Z^G – затраты на проведение мероприятий по охране земельных ресурсов от загрязнения отходами производства и потребления, руб.; Z^E – платежи за недропользование, руб.; Z^P – плата за нормативные сбросы и выбросы (за исключением метана) загрязняющих веществ, руб.; Z^{ST} – плата за складирование отходов, руб.; Z^{RE} – расходы будущих периодов на рекультивацию земель, руб.

Суммарный эффект от внедрения мероприятий по использованию шахтного метана представлен в следующем виде:

$$E^{US} = E^{ECN} + k_{ECL} E^{ECL(M)} + k_{SOC} E^{SOC}, \quad (5)$$

где E^{ECN} – экономический эффект от использования шахтного метана, руб.; $E^{ECL(M)}$ – экологический эффект от снижения выбросов метана в атмосферу, руб.; E^{SOC} – социальный эффект от использования шахтного метана, руб.; k_{ECL} и k_{SOC} – коэффициенты значимости региональных эффектов (определяются на основании экспертизы).

$$E^{ECN} = (P - Z^{US'}) \cdot V^M, \quad (6)$$

где P – удельный доход, полученный предприятием в результате реализации мероприятий по использованию шахтного метана, руб/м³; $Z^{US'}$ – удельные затраты, связанные с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана, руб/м³; V^M – объем использованного шахтного метана, м³.

Снижение выбросов приводит к улучшению экологической обстановки в регионе, экологический эффект возникает на региональном уровне. В данном случае экологический эффект ($E^{ECL(M)}$) можно определить как разницу между

ущербами от выбросов горнодобывающего предприятия в атмосферу до и после реализации мероприятий по использованию шахтного метана в денежном выражении.

Социальный эффект (E^{SOC}) достигается за счет повышения уровня безопасности на предприятии за счет увеличения эффективности дегазации, создание дополнительных рабочих мест, улучшения энергообеспечения.

Изменение количества выбросов метана в атмосферу приводит к изменению платы за выбросы, что сказывается на себестоимости конечной продукции – угля, платежи за выбросы метана в атмосферу в пределах нормы относятся на себестоимость угля. В такой трактовке эффект проявляется на уровне предприятия:

$$E^{ECL(C)} = \Delta Z^P + \Delta Z^{UP}, \quad (7)$$

где $E^{ECL(C)}$ – экологический эффект возникающий на горнодобывающем предприятии в результате реализации мероприятий по использованию шахтного метана, руб.; ΔZ^P – изменение платы за нормативные выбросы метана в атмосферу, руб.; ΔZ^{UP} – изменение платы за сверхнормативные выбросы метана в атмосферу, руб.

С учетом вышеизложенного предлагается оценить эффективность использования шахтного метана применительно ко всем предприятиям, реализующим подобные мероприятия в рамках единой программы.

В связи с неравномерностью распределения во времени затрат, связанных с реализацией мероприятий по использованию шахтного метана, в предложенной экономико-математической модели производится приведение разновременных затрат через коэффициент дисконтирования.

Целевая функция имеет следующий вид:

$$E_j = \sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^M \frac{[(Pr_{jti}^C - C_{jti}^C) V_{jti}^C] + E_{jti}^{US}}{Z_{jti}^C + Z_{jti}^{US}} \times \quad (8)$$

$\times d_t \Rightarrow \max$

где j – индекс варианта использования шахтного метана; i – индекс предприятия; t – индекс года; E – экономический эффект, возникающий на горнодобывающем предприятии, в случае реализации мероприятий по использованию шахтного метана, руб.; Pr^C – цена на уголь, руб/т; C^C – себестоимость угля, руб/т; V^C – объем реализованного угля, т; Z^C – общие затраты, связанные с добычей угля, руб.; d – коэффициент дисконтирования.

Реализация мероприятий по использованию шахтного метана на угледобывающем предприятии возможна при соблюдении, являющихся составной частью экономико-математической модели, ограничений:

1. По горно-техническим факторам:

- соответствие объема использования метана имеющимся ресурсам и техническим условиям:

$$\sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^M V_{jti}^{MP} \leq \sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^M V_{jti}^{US} \leq \sum_{i=1}^M R_i^M, \quad (9)$$

где V^{MP} – минимально возможный по технологии использования объем используемого метана, м³; V^{US} – объем использованного шахтного метана, м³; R^M – запасы угольного метана, м³;

2. По экономическим факторам:

- соответствие объемов реализации угля платежеспособному спросу:

$$\sum_{i=1}^M V_{ti}^{CT} \leq \sum_{i=1}^M V_{jti}^C \leq V_t^{D.C}, \quad (10)$$

где V^{CT} – объем угля соответствующий обязательствам по длительным до-

говорам поставок, т.; V^C – объем реализованного угля, т.; $V^{D.C}$ – спрос на уголь, т.

- соответствие объемов использованного шахтного метана платежеспособному спросу:

$$\sum_{i=1}^M V_{jti}^{MP} \leq \sum_{i=1}^M V_{ti}^M \leq V_t^{D.M}, \quad (11)$$

где V^{MP} – минимально возможный по технологии использования объем используемого метана, м³; V^M – объем использованного шахтного метана, т.; $V^{D.M}$ – спрос на извлекаемый средствами шахтной дегазации метан, м³.

- достаточность финансовых ресурсов:

$$\sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^M \frac{Z_{jti}^{US} + Z_{jti}^C + Z_{jti}^{AC}}{[(Pr_{jti}^C - C_{jti}^C) \cdot V_{jti}^C] + D_{jti}} \leq 1, \quad (12)$$

где Z^{AC} – плата за привлечение капитала, руб.; D – привлеченные денежные средства на реализацию мероприятий по использованию шахтного метана, руб.

3. По экологическим факторам:

- по объему выбросов метана в атмосферу:

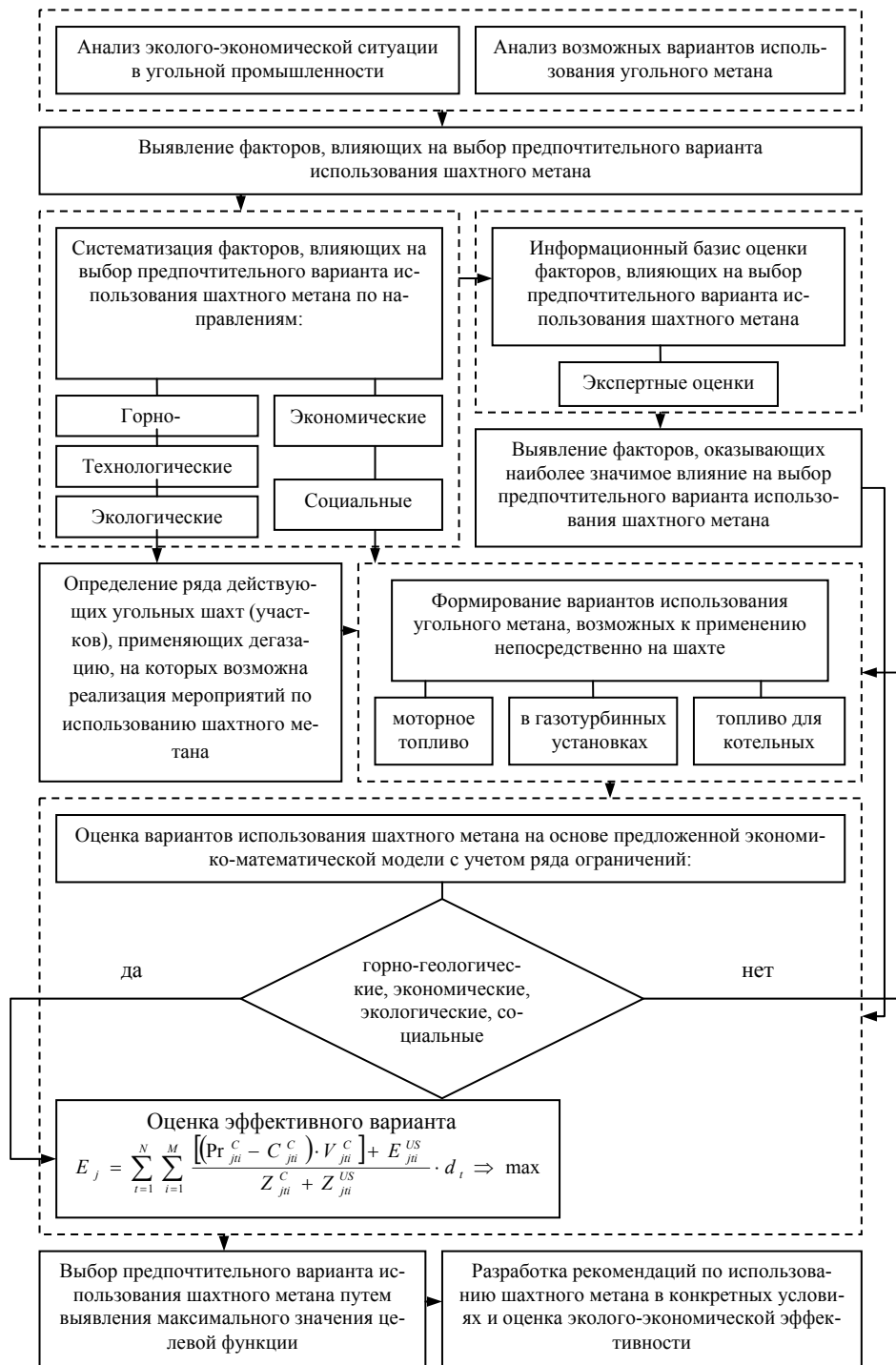
$$\sum_{i=1}^M \frac{V_{ji}^{\uparrow M.a}}{V_i^{\uparrow M.b}} < 1, \quad (13)$$

где $V^{\uparrow M.b}$, $V^{\uparrow M.a}$ – объем метана выброшенного в атмосферу горнодобывающим предприятием соответственно до и после реализации мероприятий по использованию шахтного метана, м³.

- по соответствию требованиям ПДВ:

$$\sum_{i=1}^M \frac{V_{jih}^{PE}}{ПДВ_{tih}} \leq 1, \quad (14)$$

где V^{PE} – объем выбросов загрязняющего вещества, т./год; $ПДВ$ – предельно допустимые выбросы загрязняющего вещества, т./год; h – индекс выбрасываемого загрязняющего вещества.



Механизм выбора наиболее эффективного варианта использования шахтного метана

- по соответствию требованиям ПДС:

$$\sum_{i=1}^M \frac{V_{jil}^{PD}}{ПДС_{til}} \leq 1, \quad (15)$$

где V^{PE} – объем сбросов загрязняющего вещества, т./год; ПДС – предельно допустимые сбросы загрязняющего вещества, т./год; l – индекс сбрасываемого загрязняющего вещества.

4. По социальным факторам:

- по возникающему на региональном уровне социальному эффекту:

$$\sum_{i=1}^M \frac{E_{ji}^{SOC}}{E_{j(t-1)j}^{SOC}} \geq 1, \quad (16)$$

где E^{SOC} – суммарный социальный эффект, возникающий на региональном уровне в результате реализации мероприятий по использованию шахтного метана, руб.

Для формирования вариантов использования шахтного метана, выбора шахт (участков) пригодных для реализации мероприятий по использованию шахтного метана, а также эколого-экономической оценки и выбора наиболее эффективных вариантов использования шахтного метана разработан механизм оценки и выбора наиболее эффективных вариантов использования шахтного метана (рисунок), включающий следующие элементы:

- анализ эколого-экономической ситуации в угольной промышленности;

- анализ возможных вариантов использования шахтного метана;

- выявление факторов, влияющих на выбор предпочтительного варианта использования шахтного метана;

- систематизация факторов, влияющих на выбор предпочтительного варианта использования шахтного метана;

- экспертная оценка факторов, влияющих на выбор предпочтительного варианта использования шахтного метана;

- выявление факторов, оказывающих наиболее значимое влияние на выбор предпочтительного варианта использования шахтного метана;

- определение ряда действующих угольных шахт (участков), применяющих дегазацию, на которых возможна реализация мероприятий по использованию;

- формирование вариантов использования угольного метана, возможных к применению непосредственно на шахте;

- оценка вариантов использования шахтного метана на основе предложенной экономико-математической модели с учетом ряда ограничений;

- выбор предпочтительного варианта использования шахтного метана путем выявления максимального значения целевой функции;

- разработка рекомендаций по использованию шахтного метана в конкретных условиях и оценка эколого-экономической эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капдунов Ю.В., Климов С.Л., Красавин А.П. Экология угольной промышленности России на рубеже XXI века; Под общей ред. С.Л. Климова. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – 295 с. **ГИАН**

Коротко об авторах

Сухоchenков А.С. – Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. В.А. Харченко.