

В.В. Тишков

ОЦЕНКА ВОДОПРИТОКА В КАНАЛ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА, ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАССИВА, В УСЛОВИЯХ ДНЕПРОБАССА

Обоснована схематизация гидрогеологических условий участка выгазовывания в плане и разрезе на примере прибортовой части буровугольного разреза в Днепробассе. На основе ранее установленных зон изменения фильтрационных параметров над кровлей и подошвой канала газогенератора выявлена динамика формирования удельного водопритока согласно развитию канала выгазовывания.

ОЦІНКА ВОДОПРИПЛИВУ В КАНАЛ ПІДЗЕМНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА, ЗА УМОВ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ПРОНИКНОСТІ МАСИВУ, В УМОВАХ ДНІПРОБАСУ

Обґрунтовано схематизацію гідрогеологічних умов ділянки вигазовування в плані та розрізі на прикладі прибортової частини буровугільного розрізу в Дніпробасі. На основі раніше встановлених зон зміни фільтраційних параметрів над покрівлею і подошвою каналу газогенератора виявлена динаміка формування питомого водоприпливу згідно розвитку каналу вигазовування.

ESTIMATION OF WATER CONTROL IN CHANNEL UNDERGROUND GAS GENERATOR DURING CHANGING OF PARAMETERS CONSTANT MASS IN CONDITION DNIPROBASS

Schematization of hydrogeological conditions in the area of degasification plan and section on the example of the near-the-board lignite mine in Dniprobass is substantiated. On the basis of previously established zones filtration parameters change over top and a bottom channel gasifier revealed the specific dynamics of formation water production according to channel development degasification.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс подземной газификации угля (ПГУ), как правило, сопровождается значительными геомеханическими и гидрологическими изменениями в массиве горных пород прилегающем к угольному пласту. Оценка изменения водопритоков в канал газификации по мере выгазовывания уголь-

ного пласта довольно сложна и базируется на учете ряда основных факторов: наличия остаточных напоров на угольный пласт в кровле и почве; гидрогеологической проводимости самого угольного пласта и вмещающих его слабопроницаемых пород; улучшения вертикальной гидравлической проводимости горной породы выше камеры сгорания в результате геомеханических нарушений; процессами температурного воз-

действия на боковые породы вокруг газогенератора.

Определение пространственных фильтрационных параметров массива при ПГУ в их количественном контексте в первую очередь будет зависеть от гидрогеомеханических изменений, происходящих в нем [1, 3 – 5].

Не вызывает сомнения то, что в пределах рассмотренных выше позиций для участка подземного газогенератора важно минимизировать затраты по предварительному дренированию обводненных надугольной и подугольной толщи горных пород.

Оптимизация данных требований возможна при расположении газогенератора на некотором удалении от прибортовой зоны неотрабатываемого угольного разреза.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОПРИТОКОВ К КАНАЛУ ГАЗОГЕНЕРАТОРА В СЛОИСТОМ МАССИВЕ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для исследования фильтрационных полей и закономерностей их изменения в затронутых процессом газификации условиях создана численная гидродинамическая модель породного массива, характерного для бурогоугольных месторождений Украины, и представленного толщей песчано-глинистых отложений, вмещающих угольный пласт.

При оценке закономерностей нарушенного режима подземных вод гидрогеологические прогнозы базируются на решении основного дифференциального уравнения неустановившейся фильтрации, которое для двумерного в плане потока подземных вод имеет вид [6]:

$$T_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + T_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + W + Q_p + Q_n = \mu \frac{\partial H}{\partial t}, \quad (1)$$

где H – искомая функция напора;

T_x – проводимость водоносного горизонта в направлении « x »;

W – величина единичной инфильтра-

ции;

Q_p – единичный расход, отражающий взаимосвязь с рекой;

Q_n – единичный расход, характеризующий взаимосвязь водоносных горизонтов через слабопроницаемые разделяющие слои;

μ – упругая водоотдача,

t – текущее время.

Начальные и граничные условия, при которых решается уравнение (1), формируются в зависимости от природных и техногенных условий и заданных условий возмущения потока подземных вод, а само решение проводится численными итерационными методами, в основе которых лежит использование метода сеток, т.е. системы конечно-разностных уравнений.

Фильтрационное сопротивление (величина обратная водопроницаемости) между центрами соседних блоков представляет собой отношение потерь напора к расходу потока на выбранном участке:

$$\Phi = \frac{\Delta H}{Q} = \frac{\Delta H}{K\omega \frac{\Delta H}{\Delta x}} = \frac{\Delta x}{K\omega}, \quad (2)$$

где ω – площадь поперечного сечения потока подземных вод.

Для планового потока подземных вод шириной Δy уравнение (2) принимает вид

$$\Phi = \frac{\Delta H}{q\Delta y} = \frac{\Delta H}{T\Delta y} = \frac{\Delta H}{T\Delta y \Delta H / \Delta x} = \frac{\Delta x}{T\Delta y}. \quad (3)$$

Фильтрационное сопротивление Φ потока между расчетными блоками, выражают, согласно (3), через размеры блоков (Δx , Δy) и значения водопроницаемостей T .

Параметр W отражающий питание (разгрузку) пласта по площади распространения, в данной постановке задачи отражает перетекание через слабопроницаемые (разделяющие) слои. Его численное значение определяется соотношением

$$W = \frac{H - H'}{m_0/k_0},$$

где H , H' – напоры подземных вод в рассматриваемом и смежном водоносных горизонтах;

k_0 , m_0 – коэффициент фильтрации и мощность разделяющего слоя.

Геофильтрационные задачи решаются итерационными методами, сущность которых состоит в последовательном приближении получаемого решения к точному. Критерием завершения итерационного процесса является условие близости результатов двух последовательных итераций:

$$\max_{j,i} |H_{j,i}^{k+1} - H_{j,i}^k| \leq \xi.$$

Полагается, что расчетная итерация отличается от точного решения не более, чем на заданное малое число ξ . Дополнительным критерием служит соблюдение поточечного баланса по всей области фильтрации.

Все вышеописанные алгоритмы численного решения стационарных и нестационарных задач геофильтрации применены для решения задач прогнозирования изменения водопритока в канал газогенератора на различных стадиях его развития.

Геофильтрационная схематизация условий. Участок исследований площадью около 5,54 км² находился на некотором удалении от прибортовой части угольного разреза.

В соответствии с геолого-гидрогеологическим строением участка в разрезе область схематизирована трехслойной водоносной толщей. Первый расчетный слой представлен надугольным водоносным комплексом (N_1pl , P_2kv , $P_2b\bar{c}_I$), второй – продуктивной угольной толщей. Третий – подугольным напорным водоносным горизонтом бучакских отложений ($P_2b\bar{c}$).

Водоносные горизонты имеют тесную гидравлическую связь, которая подтверждается близостью абсолютных отметок их уровней.

Водовмещающими породами первого расчетного слоя являются плотные мелко-

зернистые пески со средней водопроницаемостью km около 80 м²/сут, мощностью до 28 м, коэффициентом урвнепроводности 10³, водоотдачей 0,02. Буроугольная толща, заключенная между двумя относительноными водоупорами представленными углистыми глинами, классифицировалась как второй расчетный слой ($km \approx 1$ м²/сут). Третий расчетный слой был приурочен к разнотернистым подугольным пескам с проницаемостью до 44 м²/сут при средней мощности около 4 м.

Питание водоносных слоев происходит за счет подтока от водораздела. Разгрузка подземных вод осуществляется через бортовую часть карьера.

Гидрогеологические параметры водоносных толщ и разделяющего слоя в модели приняты по данным опытно-фильтрационных работ и режимных наблюдений и корректировались в процессе решения обратных задач.

Непрерывное фильтрационное поле в модели представлено сеточной областью 77×75 ячеек. Размер ячейки 2×2 м, с уменьшением шага по Y в пределах газогенератора до 1×2 м. Граничные условия во всех расчетных слоях идентичны, поскольку общее направление потока подземных вод направлено к борту карьера. Удаленная от борта карьера граница схематизирована как условие первого рода с обеспеченным питанием ($H = const$), что соответствует реальному положению уровней подземных вод для данных условий. На основании решения обратной задачи данное граничное условие изменено на границу второго рода с притоком согласно сходимости балансных и уровневых решений.

Зона разгрузки расчетных слоев схематизирована в плане как граница ($H = const$) с абсолютными отметками выхода подземных вод в борт карьера.

Боковые границы совпадают с линиями токов обводненной толщи и схематизированы в плане как $Q = 0$.

Параметр перетекания в разделяющих

слоях при начальных мощностях слабопроницаемых пород до 2,0 м и значении коэффициента фильтрации 0,001 м/сут оценивался исходя из общего баланса геофильтрационной модели при решении эпигнозных задач.

Оценка соответствия модели и объекта. Соответствие численной модели натурным условиям устанавливалось в процессе решения обратных задач по балансовым составляющим геофильтрационной модели и начальному положению уровенной поверхности в водоносных горизонтах. Критерием оценки балансовой составляющей являлось соответствие положения уровенных поверхностей в расчетных слоях реальным условиям. При общем балансе моделируемой области около 134 м³/сут невязка по балансу составила 1,24% с погрешностью 4,34 м³/сут. Невязка баланса была максимальна во втором расчетном слое (продуктивная толща) и не превышала 4,3%.

Решение обратных задач для идентификации модели к натурным условиям

представляло собой многовариантные расчеты, в процессе которых оценивалось влияние на уровни подземных вод и подземный сток последовательных изменений водопроводимости пластов, инфильтрационного питания, параметров взаимосвязи водоносных горизонтов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Решение прогнозных задач по определению динамики развития водопритока в канал подземного газогенератора осуществлялось по трем вариантам. Первый вариант решения прогнозных задач заключался в моделировании прогнозного удельного водопритока в природных условиях залегания водоупора (ненарушенное состояние). Второй и третий варианты решения соответствовали определению удельного водопритока при разной мощности водоупорных углистых глин с учетом температурных и геомеханических изменений в массиве [2 – 5].

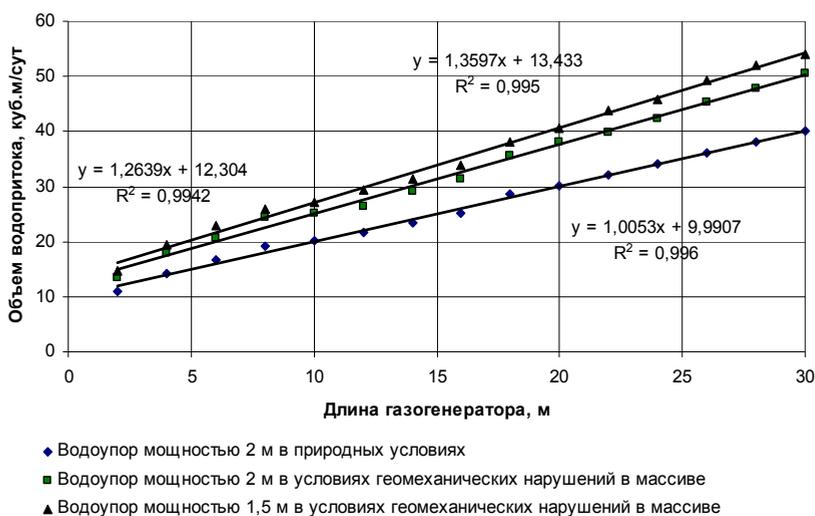


Рис. 1. Динамика изменений удельного водопритока в канал подземного газогенератора при его развитии

Постановка решения прогнозных задач осуществлялась в нестационарном режиме фильтрации, что определялось развитием

площади канала газификации во времени.

Как видно из полученных результатов, величина изменения удельного водопритока

ка носит линейный характер, зависит от мощности водоупора и нарушений фильтрационной проницаемости массива.

ВЫВОДЫ

1. Определение динамики изменения водопритока на данном этапе исследований моделировалось с учетом близких к оптимальному положений уровня подземных вод. Так напор в подугольном водоносном горизонте варьировал в пределах от 4 до 8 м. Остаточный напор в надугольном водоносном комплексе соответствовал 4 – 6 м.

2. Изменение фильтрационной проницаемости массива над каналом газогенератора изменялось от 2 до 15%, что соответствует ранее полученным результатам для данных горно-геологических условий.

3. Полученные результаты указывают, что при решении фильтрационной задачи в нестационарном режиме, на данный расчетный период времени (до 60 сут), величина изменения удельного водопритока носит линейный характер, зависит от мощности водоупора и нарушений фильтрационной проницаемости массива. Величина удельного водопритока на 1 м канала газификации, при средней мощности выгасываемого угля 1,5 – 2 м, изменяется от 1,33 до 1,81 м³/сут.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Elizabeth Burton, Julio Friedmann, Ravi Upadhye. *Practices in Best Practices in Underground Coal Gasification/Lawrence Livermore National Laboratory. This work was performed under the auspices of the U.S. Department of Energy by the University of California, Lawrence Livermore National Laboratory under contract No. W-7405-Eng-48.*

2. Крейнин Е.В. *Подземная газификация углей / Е.В. Крейнин. – М.: Недра, 1982. – 394 с.*

3. Крейнин Е.В. *Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив: уголь, углеводородное сырье / Е.В. Крейнин. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 301 с.*

4. Тишков В.В. *Особенности формирования техногенной проницаемости в кровле угольного пласта при*

подземной газификации угля / В.В. Тишков // Научный вестник НГУ. – Д., 2012. – № 1. – С. 35 – 39.

5. *Influence of layers gasification on bearing rocks / V. Timoshuk, V. Tishkov, O. Inkin [etc.] // Geomechanical processes during underground mining. Proc. of the School of underground mining, Dnipropetrovs'k, 2012. – CRC Press, Taylor and Francis Group, London, 2012. – P. 109 – 113.*

6. Мироненко В.А. *Динамика подземных вод: учебник для ВУЗов / В.А. Мироненко. – М.: МГУ, 2009. – 519 с.*

ОБ АВТОРАХ

Тишков Владимир Владимирович – ассистент кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Национального горного университета.