



## ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



### **Иван Садовенко**

доктор технических наук  
профессор кафедры гидрогеологии и инженерной  
геологии  
Национальный горный университет, Украина



### **Александр Инкин**

кандидат технических наук  
доцент кафедры гидрогеологии и инженерной  
геологии  
Национальный горный университет, Украина  
[inkin@ua.fm](mailto:inkin@ua.fm)

Занимая 0,5% общемировой поверхности суши, Украина по объемам горнодобывающих работ, продолжающихся более 200 лет и сопровождающихся значительным влиянием на окружающую среду, входит в первую десятку стран мира. Для старых угледобывающих регионов характерна существенная техногенная перестройка разрабатываемых геологических структур и критическая экологическая ситуация, что с учетом существующей острой проблемы нехватки энергоносителей свидетельствует о технологическом отставании страны в использовании природно-техногенных ресурсов, сосредоточенных на отработанных участках. К таким ресурсам относятся оставленные после отработки шахтного поля остаточные и некондиционные запасы угля, находящиеся в затопленных горных выработках подземные воды и заключенные в слабопроницаемых углевмещающих породах горючие газы. Кроме того, образовавшийся массив обладает значительным емкостным ресурсом, способным аккумулировать жидкие и газообразные теплоносители в объеме, достаточном для синхронизации сезонных колебаний их потребления.

Исследования, проведенные авторами, посвящены решению научной

проблемы освоения энергетического и емкостного потенциалов отработанных угольных месторождений на фундаментальном термодинамическом подходе, совмещающем представление о формировании, техногенном преобразовании и отборе энергоносителей в едином технологическом цикле с их хранением в водоносных коллекторах. Разработан комплекс моделей, описывающих газодинамические, фильтрационные и тепловые процессы, протекающие в нарушенном породном массиве и вызванные разработкой его природно-техногенных ресурсов, включая свертывание горных работ.

С помощью разработанных моделей для климатических условий Донбасса обоснована геодинамическая система отопления и охлаждения зданий, основанная на сохранении летнего тепла и зимнего холода в нарушенных водоносных пластах. Путем анализа теплового баланса установлено, что коэффициент аккумуляции системы (отношение извлеченного тепла к закачанному) в среднем составляет 0,85, что соответствует мировым стандартам.

Обоснованный способ подземного сжигания некондиционных угольных пластов, позволяет наряду с вырабатываемым газом получать нагреваемые в результате сжигания угля подземные воды покрывающих пород. Способ протестирован для участка «Ольхово Нижнее» Чистяково-Снежнянского горнопромышленного района Донбасса. Путем моделирования теплопереноса и фильтрации оценены размеры и формы тепловых зон, формирующихся в мощной толще обводненных «бабаковских» песчаников ( $h_{10}Sh_{11}$ ) в зависимости от угла их падения и стадии сжигания подстилающего их угольного пласта  $h_{10}^1$ . Показана возможность формирования в подземных водах локальных температурных аномалий, достигающих 70 °С и позволяющих применение геотехнологических схем их освоения.

Разработанная геофильтрационная модель шахтного поля, основанная на конечно-разностном решении уравнений нестационарной фильтрации в программном комплексе “Modflow”, позволила установить прогнозное положение уровня подземных вод в пределах поля шахты на планируемый срок запуска в работу геотермального модуля. Проведенные термодинамические расчеты для отработанного массива показали, что суммарные теплотери в процессе отбора, нагнетания и хранения шахтных вод не превысят 15%. Применение шахтных вод с температурой 26 – 28 °С в качестве низкопотенциального источника энергии в тепловых насосах, по сравнению с другими альтернативными вариантами, дает наибольшие коэффициенты преобразования тепла (4,5 – 7,5), позволяющие сэкономить значительное количество мощности тепловых насосов. Установлено, что эффективная разработка теплового ресурса затопленного породного массива достигается за счет периодического отбора и закачки шахтных вод различных горизонтов в соответствии с температурой наружного воздуха, а также его периодической активизации путем подземного сжигания остаточных угольных запасов. На примере ликвидируемой шахты «Новгородовская 2» показано, что образующийся при сжигании угля и откачке нагретых вод тепловой поток (500 – 580 ГДж/сут) покрывает практически все тепловые потребности близлежащего г. Новгородовка с населением в 15 тыс. чел. во время отопительного периода.