УДК 550.36:622.323

Э.И.БОГУСЛАВСКИЙ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ ОСВОЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НЕДР

Впервые в мире создана методология экономико-математического моделирования и оптимизации параметров и показателей геотермальных технологических комплексов. Разработаны основы их проектирования и выпущены более десяти предпроектных документов и инвестиционных проектов, по которым начато строительство, построены и эксплуатируются геотермальные системы в России и ближнем зарубежье. Разработана первая в мировой практике методика геолого-экономической оценки геотермальных ресурсов и перспектив их освоения, выполнены подсчет ресурсной базы, картирование и районирование плотности и экономической целесообразности геотермальных ресурсов России (детально центральные регионы).

For the first time in the world the methodology of economic-mathematical modelling and optimization of parameters and parameters of geothermal technological complexes is created, bases of their designing are developed and created more than ten predesign documents and Investment projects on which construction is started, constructed and geothermal systems in Russia and near abroad are maintained. The technique of a geological-economic estimation of geothermal resources first in global practice and prospects of their development is developed, are executed: calculation of resource base, a mapping and division into districts of density and economic feasibility of geothermal resources of Russia (in details its central regions).

Обеспечение России конкурентоспособными энергетическими ресурсами, несмотря на громадные богатства ее недр, является одним из главных государственных приоритетов. Нарастающий дефицит и резкое удорожание органического топлива, безусловная необходимость экспорта электроэнергии, газа и нефти, экологические последствия производства энергии на базе традиционных видов топлива и ядерного источника выдвигают освоение экологически чистой геотермальной энергии в качестве одной из наиболее значимой и трудно решаемых методологических проблем современной науки.

По мнению автора, она должна включать следующие основные этапы:

1) методику экономико-математического моделирования для поиска оптимальных параметров и показателей добычи и использования геотермальной энергии в различных природных, энергетических и экономических условиях с оптимизацией по современным рыночным критериям;

2) методологию и реализацию геолого-геотермической оценки и районирования тепловых ресурсов недр страны;

4) принципы оценки ресурсообеспеченности регионов тепловой энергией недр и

оконтуривания запасов геотермальных месторождений;

5) методику бизнес-планирования и современного проектирования конкурентных геотермальных установок.

Методика экономико-математического моделирования и оптимизации параметров и показателей геотермальных систем. Геотермальная система (станция) – это горно-энергетическое предприятие, тесно взаимосвязанное с системой теплоснабжения потребителя. Часть параметров горно-добывающего комплекса – геотермальной циркуляционной системы (ГЦС) могут быть заданы директивно, а остальные определяются по функциональным зависимостям. Прямые расчеты в связи с большим количеством взаимодействующих природных, технических, энергетических, экономических и социальных факторов приводят, как правило, к неоптимальным и поэтому неэффективным вариантам систем геотермального теплоснабжения (СГТ). Возникла объективная необходимость в разработке методологии имитационного экономико-математического моделирования (ИЭММ) для определения оптимальных параметров СГТ.

Созданные автором имитационные модели представляют собой математическое описание технологических процессов, экономики строительства и эксплуатации СГТ на основе преобразования известных и разработки автором и его коллегами (Ю.Д.Дядькин, С.Г.Гендлер, А.Б.Вайнблат, И.А.Павлов, Л.А.Певзнер и др.) новых методов расчета, а также аппроксимации проектных, фактических и экспериментальных данных.

Модели функционируют по принципу поиска отклика на изменение управляющих переменных и внешних условий, чему соответствует иерархическая (древовидная) структура тела модели с целевой функцией в главной вершине. Кроме того, выделяются самостоятельные блоки, во главе каждого из которых находится функция, характеризующая определенную стадию расчета технологического процесса или экономики (например, блоки гидродинамики, теплообмена, инвестиций, бизнес-плана и т.п.). В качестве генерального функционала может быть принят любой интересующий нас экономический, конструктивный, технологический или эксэргетический параметр либо показатель.

Записанные в виде алгоритма и реализованные с помощью рабочих программ на персональном компьютере имитационные модели позволяют проводить в режиме автоматического перебора вариантов управляемые серии экспериментов, в ходе которых модель функционирует как подобие СГТ в соответствии с действующими внешними условиями и ограничениями.

В общей сложности на конструктивные и технологические параметры СГТ оказывают влияние около 150 факторов. Поэтому адекватная оценка целесообразности проектирования и строительства СГТ, а также освоения геотермальных ресурсов возможна только на оптимальном уровне определения параметров и показателей таких станций.

В современных условиях отечественного рынка проблема внедрения новых технологий должна решаться в соответствии с международными требованиями методики анализа рентабельности проектов, предлагаемых к инвестированию. Это предопределяет включение в структуру и содержание экономико-математических моделей (ЭММ) бизнес-плана, который характеризует финансовое состояние СГТ за весь период эксплуатации и служит основой предложений при переговорах с возможными инвесторами и партнерами.

Автором создано около 10 модификаций ЭММ для оптимизации СГТ промышленных, сельскохозяйственных, жилищно-коммунальных объектов и геотермальных теплоэлектростанций (ГеоТЭС). На базе этой методологии выполнены оптимизационные расчеты для различных геолого-геотермических и экономико-энергетических условий различных регионов России и ближнего зарубежья.

Концепции геолого-экономической оценки геотермальных ресурсов естественных термоводоносных горизонтов. Основные требования при районировании и

оценке тепловых ресурсов недр можно сформулировать следующим образом:

- геолого-геотермическая информация должна содержать представительные материалы по скважинам, пробуренным на данной территории;
- для оценки и районирования геотермальных ресурсов должны быть обоснованы типовые потребители: по температурным режимам для отопления и горячего водоснабжения; по тепловым нагрузкам: для фермерских хозяйств, малых деревень, сел, поселков, жилых массивов и промышленных объектов городов;
- в качестве генерального критерия для оценки должен быть принят коэффициент экономической целесообразности освоения геотермальных ресурсов (для нужд теплоснабжения равный отношению удельных затрат на выработку теплоты альтернативными топливными котельными к аналогичным затратам на геотермальных станциях) либо чистая текущая стоимость и внутренняя норма прибыли;
- расчетные экономические показатели работы СГТ на участках пробуренных и испытанных глубоких скважин должны оптимизироваться на базе ЭММ;
- в качестве основных критериев районирования и картирования геотермальных ресурсов должны использоваться эксэргетические (плотность на единицу площади) и рассмотренные экономические показатели;
- геотермальные ресурсы могут переводиться в категории запасов только при наличии потребителя, для которого экономически выгодно добывать, преобразовывать, транспортировать и использовать тепловую энергию недр.

Теплопотребности регионов России и возможности их обеспечения системами геотермального теплоснабжения. Одним из направлений освоения тепловой энергии недр является оценка и картирование теплопотребности регионов и их обеспеченности геотермальными ресурсами. Серьезные трудности в энергоснабжении испытывают районы Центрального нечерноземья, практически лишенные собственных традиционных энергетических ресурсов. Поэтому в качестве объекта приложения и проверки основных положений предлагаемой методики оценки и картирования теплопотребности регионов выбрана территория Московской синеклизы. Теплопотребности населения этих территорий дифференцированы по месту проживания: в городах и поселках, в сельских населенных пунктах. Для городского и сельского населения выделены теплопотребности промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства.

В качестве критерия ресурсообеспеченности принят срок отработки перспективных геотермальных ресурсов. Выполненные оценки показывают, что удельная плотность геотермальных ресурсов в центральных областях России составляет от 25 до 211 тыс.т у.т./км^2 по каждому из термоводоносных горизонтов, а совместно до 300 тыс.т у.т./км^2. Обеспеченность перспективными геотермальными ресурсами при условном полном использовании площадей и деконцентрации тепловых нагрузок до уровня сельских населенных пунктов может составить от 300 до 4200 лет.

В результате выполненных исследований была построена карта обеспеченности центральных областей России ресурсами геотермального теплоснабжения. Она позволяет сделать ориентировочные оценки долгосрочного использования геотермального источника энергии, потребности в нем и количества этого местного топлива в административных областях центра России.