

Литература

1. Дулепов Е.Г. Логика как инструмент исследования знаний: моногр. Братск, 2011. 133 с. Деп. в ВИНТИ 27.01.2011, № 26-B2011.
2. Витковский С.Л., Дулепов Е.Г., Кравченко Е.В. Анализ логической состоятельности договора (AnCont v. 1.00): программа для ЭВМ. Св. ГР № 2013610966 Рос. Федерация; зарег. в реестре программ для ЭВМ 09.01. 2013.

References

1. Dulepov E.G., Vitkovsky S.L., Kravchenko E.V. Logic as an instrument for knowledge investigation. Bratsk, 2011.133 s. Dep. v VINITI 27.01.2011, № 26-B2011.
2. Vitkovsky S.L., Dulepov E.G., Kravchenko E.V. Analysis of the agreement logical justifiability (AnCont v.1.00): programma dlya EVM. Sv. GR № 2013610966 Ros. Fedefatsiya; zareg. v reestre programm dlya EVM 09.01. 2013, № 201361.

УДК 621.311; 519.816

Модель последствий строительства тепловой электростанции в изолированном районе

В.А. Фадеев^a, В.А. Шакиров^b

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

^amynovember@mail.ru, ^bcarfaddey15@rambler.ru

Статья поступила 19.02.2013, принята 15.05.2013

В статье формулируется проблема развития генерирующих мощностей в изолированных районах. Дана характеристика изолированного района применительно к описываемой проблеме. Обосновывается необходимость многокритериального анализа. Дается описание специфики проблемы развития генерирующих мощностей в изолированных районах. Объясняется необходимость анализа обеспеченности энергетическими ресурсами и анализа рисков невостребованности мощности каждого варианта установленной мощности станции. Предложено использование когнитивного моделирования для описания последствий строительства электрической станции. Описаны преимущества применения когнитивного моделирования для анализа проблемы развития генерирующих мощностей в изолированном районе. Предложена когнитивная карта, моделирующая последствия строительства тепловой электрической станции (ТЭС). Приводятся описание и порядок расчета экологических воздействий ТЭС, приведены результаты когнитивного моделирования экологических последствий строительства ТЭС в Северо-Эвенском районе Магаданской области. Для моделирования выбрано оборудование ТЭС: паровые котлы, вид и мощность турбин. Для всего диапазона возможных установленных мощностей станции определены годовой выброс летучей золы, оксидов азота, оксидов серы, оксидов углерода, бенз(а)пирена, а также золы и шлака. Представлен график зависимости экономической оценки ущерба окружающей среде, наносимого выбросами ТЭС, от установленной мощности станции.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, изолированный район, генерирующие мощности, экологические последствия.

Model for consequences of thermal power plant construction in an isolated area

V.A. Fadeev^a, V.A. Shakirov^b

Bratsk State University, 40 Makarenko st., Bratsk, Russia

^amynovember@mail.ru, ^bcarfaddey15@rambler.ru

Received 19.02.2013, accepted 15.05.2013

The article formulates the problem of developing generating capacities in isolated areas. The characteristic of an isolated area with respect to the described problem is given. The need for multi-criteria analysis is justified. A description of the specifics of the generating capacities problem in the isolated areas is given. The need for the energy security analysis and the risks analysis of excess power generated for each variant of station capacity is explained. The application of cognitive modeling to describe the consequences of power plant construction is proposed. The advantages of cognitive modeling for the analysis of the generating capacity development problem in an isolated area are described. The cognitive map simulating the consequences of the thermal power plants construction is proposed. The description and the calculation procedure of environmental impacts of a thermal power station is given. The results of the cognitive modeling of ecological effect of thermal power stations construction in the North-Evensky district of Magadan region are presented. The thermal power stations equipment such as steam boilers, the turbines type and capacity for modeling are selected. The annual emission of fly ash, nitrogen oxides, sulfur oxides, carbon monoxide, benzopyrene as well as ash and slag is determined for the whole range of the

possible installed capacity. The chart of the environmental damage economic evaluation caused by the thermal power plants emissions against the installed capacity of power plants is presented.

Keywords: cognitive modeling, isolated area, generating capacities, ecological effect.

Введение. Северо-восточные районы России обладают богатейшими природными ресурсами. Однако освоение ресурсов затрудняется тем, что они, как правило, сконцентрированы в изолированных районах.

Под изолированными районами здесь понимаются удаленные, малоразвитые и энергодефицитные районы. Вследствие удаленности для энергетики таких районов является характерным либо полное отсутствие, либо наличие слабых связей с внешней энергосистемой.

Одним из способов решения проблемы энергодефицита является развитие генерирующих мощностей в данном районе.

Постановка проблемы. При реализации конкретного проекта развития генерирующих мощностей необходимо учитывать ряд факторов. Выделяют пять следующих главных групп факторов, на рассмотрении которых базируется вся проблема развития энергетики района [1]:

- факторы окружающей среды;
- экономические факторы;
- социально-экономические факторы;
- факторы здоровья и безопасности населения;
- факторы общественного мнения.

Эти факторы характерны для проблемы ввода мощностей в целом, но, учитывая изолированность района, необходимо рассмотреть некоторые особенности.

Первой особенностью является необходимость учитывать обеспеченность района энергоресурсами т. к. в изолированном районе практически невозможно осуществить доставку энергоресурсов из других районов.

Второй особенностью является необходимость считаться с рисками неостребованности мощности. Учитывая перспективность таких районов, возможное энергопотребление может колебаться в широких пределах, и ввиду этого сложно определить установленную мощность станции.

В случае занижения установленной мощности район останется энергодефицитным, и потребуются дополнительные капитальные затраты на развитие генерирующих мощностей. В обратном случае, если установленная мощность станции будет завышена, это приведет к простоям оборудования, т. к. производить энергии больше необходимой в данном районе возможно только при условии передачи излишков во внешнюю энергосистему.

Из рассмотренных выше факторов и особенностей видно, что выбор величины генерирующей мощности представляет собой уникальную задачу для каждого конкретного района.

Заранее сформулированные альтернативы в такого рода ситуациях отсутствуют, они возникают в процессе анализа проблемы [2].

Эти обстоятельства не позволяют при принятии решений в таких проблемах эффективно использовать подходы имитационного моделирования, ориентированные на использование количественных объективных оценок, методы традиционной теории принятия решений, реализующие выбор лучшей альтернативы из множества четко сформулированных альтернатив, а также методы сценарного анализа [2].

Формализовать эту проблему возможно в виде слабоструктурированной системы, состоящей из множества разнородных взаимодействующих факторов.

Подход к анализу таких систем основан на понятии когнитивной карты [3, 4] и часто называется когнитивным моделированием.

Эффективность использования когнитивных карт в качестве моделей слабоструктурированных проблем и сложных систем обусловлена [5]:

- возможностью наглядного представления анализируемой проблемы или системы;
- отсутствием необходимости предварительной спецификации факторов и отношений влияния;
- конструктивностью, наглядностью и относительно легкой интерпретации с их помощью причинно-следственных связей между факторами;
- интегрированностью с методами оценок результатов анализа.

В анализе слабоструктурированных систем когнитивная карта представляет собой математическую модель, которая формализует сложную систему в виде множества взаимодействующих факторов. Эти факторы являются системными переменными, а их взаимодействие – причинно-следственными отношениями между ними.

На рис. 1 представлен предлагаемый вариант когнитивной карты для анализа последствий ввода в работу тепловой электрической станции (ТЭС) на угле в перспективном изолированном районе.

Прямоугольником отмечены целевые факторы (т. е. такие факторы, значения которых контролируются), окружностью – промежуточные факторы. Значения целевых факторов дают всю необходимую информацию о проблеме, исходя из ранее отмеченных особенностей. По сути, карта представляет собой модель, которая дает информацию о последствиях функционирования ТЭС в данном районе.

Рассмотрим представленную когнитивную карту. Факторы «инвестиции», «запасы топлива», «риски неостребованности энергии» ограничивают диапазон возможных установленных мощностей ТЭС в районе. Эти факторы требуют предварительной работы экспертов, в задачу которых входит анализ источников финансирования, оценка возможных запасов топлива в районе.

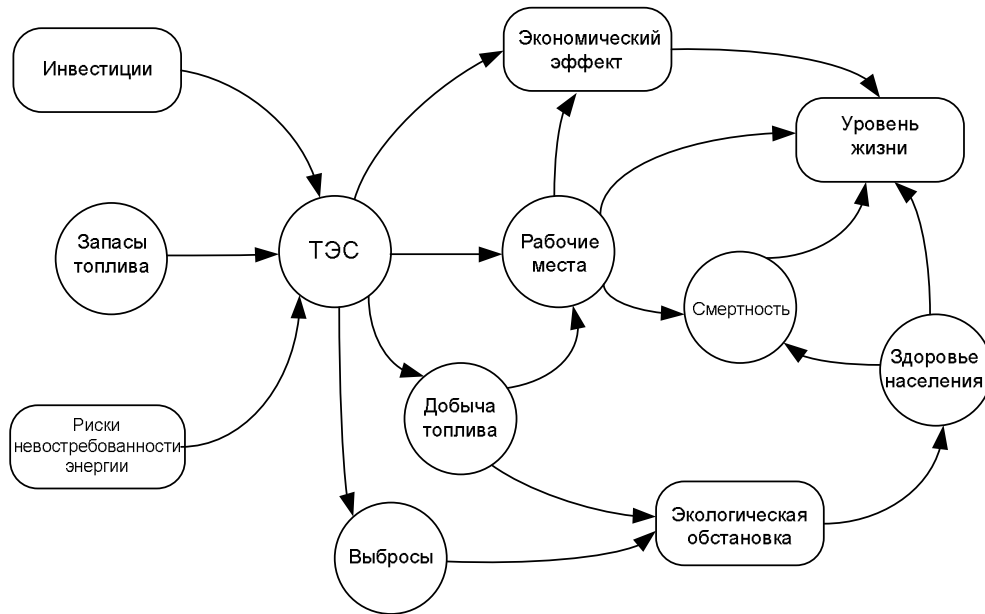


Рис. 1. Когнитивная карта для анализа проблемы строительства ТЭС в изолированном районе

Наиболее ответственным является анализ возможных инвестиционных проектов, которые могут быть реализованы после строительства ТЭС. Необходимо не только предварительно оценить энергопотребление возможных предприятий, но и риски того, что проекты не будут реализованы. В результате работы экспертов формируется необходимая информация по факторам «инвестиции», «запасы топлива», «риски неустойчивости энергии» и определяется диапазон установленной мощности ТЭС, внутри которого будет проводиться когнитивное моделирование последствий строительства и функционирования ТЭС.

Каждый вариант установленной мощности «запускает» карту – определяет экономический эффект за счет налоговых поступлений в бюджеты различных уровней, а также количество рабочих мест. Эти факторы влияют на целевой фактор «уровень жизни». Выбросы вредных веществ, добыча топлива влияют на целевой фактор «экологическая обстановка в районе», который, в свою очередь, влияет на «здоровье населения» и т. д. Таким образом, когнитивная карта позволяет оценить последствия от реализации всех вариантов строительства ТЭС.

Моделирование экологических последствий. Более детально рассмотрим функционирование карты на примере влияния выбора установленной мощности ТЭС на экологическую обстановку в изолированном районе.

Для каждого значения из диапазона установленных мощностей производится выбор котлов, турбин и генераторов ТЭС. Исходя из требуемого расхода пара на турбины, характеристик котлов и топлива, определяется секундный расход топлива B_c :

$$B_c = \frac{Q_{ka} \cdot n}{Q_n^p \cdot \eta_k}, \quad (1)$$

где Q_{ka} – полезно отданное тепло, $MВт$; Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, $MДж/кг$; η_k – коэффициент полезного действия (КПД) котла, %; n – количество котлов, шт.

Годовой расход топлива $B^{год}$ определяется:

$$B^{год} = 0,0036 \cdot B_c \cdot n_{уст}, \quad (2)$$

где $n_{уст}$ – число часов использования установленной производительности.

Далее, учитывая параметры топлива и котлов, согласно [6] рассчитываются выбросы в атмосферу основных загрязняющих веществ: оксидов азота, оксидов серы, бенз(а)пирена, монооксида углерода, а также золы и частиц несгоревшего топлива.

Суммарное количество летучей золы и несгоревшего топлива, поступающих в атмосферу с дымовыми газами, вычисляют по формуле:

$$M_{тв} = 0,01 \cdot B \cdot (a_{yh} A^p + q_4 \frac{Q_n^p}{32680}) \cdot (1 - \eta_3), \quad (3)$$

где $M_{тв}$ – количество твердых частиц, $т/год$ (г/с); B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, $т/год$ (г/с); a_{yh} – доля золы топлива в уносе; A^p – зольность топлива, %; q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, %; η_3 – степень улавливания твердых частиц в золоуловителе.

Количество летучей золы M_3 , входящее в суммарное количество твердых частиц, уносимых в атмосферу, определяют по формуле:

$$M_3 = 0,01 \cdot B \cdot a_{yh} A^p \cdot (1 - \eta_{3y}), \quad (4)$$

Расчет выбросов оксидов серы SO_2 и SO_3 производится в пересчете на SO_2 и определяется по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^P \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) \cdot \left(1 - \eta^C_{SO_2} \frac{n_{оч}}{n_k}\right), \quad (5)$$

где M_{SO_2} – количество оксида серы, $m/год$ (г/с); S^P – содержание серы в топливе, %; η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в газоходах котла; η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе вместе с твердыми частицами; $\eta^C_{SO_2}$ – доля оксидов серы, улавливаемых в установках сероочистки; $n_{оч}$ – длительность работы сероулавливающей установки, $ч/год$; n_k – длительность работы котла, $ч/год$.

Оценка суммарного выброса оксида углерода может быть выполнена по формуле:

$$M_{CO} = 10^{-3} \cdot C_{CO} \cdot B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (6)$$

где M_{CO} – количество оксида углерода, $m/год$ (г/с); C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, $кг/м$ (г/кг).

Выход оксида углерода определяется по формуле:

$$C_{CO} = q_3 \cdot R \cdot Q_H^P, \quad (7)$$

где R – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную содержанием в дымовых газах монооксида углерода.

Расчет выбросов оксидов азота производится по различным методикам, в зависимости от паропроизводительности котлов [7]. В данном исследовании целесообразно рассмотреть методики для котлов паропроизводительностью свыше 30 т/ч.

Количество оксидов азота в пересчете на диоксид азота M_{NO_x} рассчитывается по формуле:

$$M_{NO_x} = K_{NO_2} \cdot B_y \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot \beta_1 \cdot (1 - \varepsilon_1 r) \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2 \cdot \left(1 - \eta^C_{SO_2} \frac{n_{оч}}{n_k}\right) \cdot k_{II}, \quad (8)$$

где B_y – расход условного топлива за рассматриваемый период, $т.у.м./год$; K_{NO_2} – коэффициент, характеризующий выход оксидов азота, $кг/т.у.м.$; β_1 – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива; β_2 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок; β_3 – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления; ε_1 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов на выход оксидов азота, в зависимости от условий подачи их в топку; ε_2 – коэффициент, характеризующий снижение выброса оксида азота при подаче воздуха помимо основных горелок; r – степень рециркуляции дымовых газов, %; $\eta^C_{SO_2}$ – доля оксидов азота, улавливаемых в азотоочистной установке;

$n_{оч}$ – длительность работы азотоочистной установки, $ч/год$; k_{II} – коэффициент пересчета.

Для котлов паропроизводительностью до 200 т/ч коэффициент, характеризующий выход азота, определяется по формуле (9), для котлов паропроизводительностью 200 т/ч и выше – по формуле (10).

$$K_{NO_2} = 7,5 \frac{D_H}{50 + D_H}, \quad (9)$$

$$K_{NO_2} = \frac{12D_H}{200 + D_H}, \quad (10)$$

где D_H – номинальная паропроизводительность котла, $м^3/ч$.

Расчет выброса бенз(а)пирена производится по формуле:

$$M_{бп}^{год} = 1,1 \cdot 10^{-9} \cdot C_{бп} \cdot V'_r \cdot B^{год}, \quad (11)$$

где $C_{бп}$ – концентрация бенз(а)пирена в дымовых газах пылеугольных котлов, $мкг/м^3$; V'_r – объем дымовых газов от сжигания 1 кг топлива, $м^3$. Концентрация бенз(а)пирена определяется по формуле:

$$C_{бп} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot A \cdot Q_H^P \left(\frac{100 - \eta_{ул}}{100}\right) \cdot K_{оч}, \quad (12)$$

где $\eta_{ул}$ – степень улавливания бенз(а)пирена в золоуловителях, %; $K_{оч}$ – коэффициент, учитывающий увеличение концентрации бенз(а)пирена в уходящих газах во время работы дробевых очисток поверхностей нагрева котла; A – коэффициент, определяемый по формуле:

$$A = 1,62 \cdot \exp(-4,1 \cdot \alpha''_{III}), \quad (13)$$

где α''_{III} – коэффициент избытка воздуха за конвективным пароперегревателем.

При сжигании твердого топлива, помимо выбросов в атмосферу, образуются так называемые очаговые остатки – зола и шлак [8].

Количество золы M_3 можно определить по формуле:

$$M_3 = 0,01 \cdot B \cdot (a_{yH} A^P + q_4 \frac{Q_H^P}{32680}) \cdot \frac{\eta_3}{100}, \quad (14)$$

Количество шлака M_{III} определяется по выражению:

$$M_{III} = 0,01 \cdot B \cdot (a_{ш} A^P + q_4 \frac{Q_H^P}{32680}) \cdot \frac{\eta_3}{100}, \quad (15)$$

где $a_{ш}$ – доля шлака в топливе.

Общее количество золошлакового материала $M_{зш}$ определяется по формуле:

$$M_{зш} = M_3 + M_{III}, \quad (16)$$

Количество выбросов в атмосферу, а также количество золошлакового материала определяют состояние фактора «выбросы» (рис. 1). Отчуждение земель под угледобычу, сопутствующие добыче топлива экологи-

ческие воздействия являются экологической составляющей фактора «добыча топлива».

Агрегации значений промежуточных факторов «выбросы» и «добыча топлива» определяют значения целевого фактора «экологическая обстановка». Наиболее корректно учесть вклад такого количества разнообразных составляющих выбросов и экологических воздействий можно путем экономической оценки ущерба в соответствии с постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» и Федеральным законом от 3 декабря 2012 г. № 216-ФЗ.

Ущерб, наносимый выбросами вредных веществ в атмосферу, можно определить по выражению:

$$Y^a = K_3^a \cdot K_1^a \cdot K_2^a \cdot \sum_{i=1}^n m_i^a \cdot H_i^a, \quad (17)$$

где Y^a – ущерб, наносимый атмосфере, руб./год; K_3^a – коэффициент, учитывающий состояние атмосферы; K_1^a – коэффициент, учитывающий плотность населения; K_2^a – коэффициент, учитывающий особенности

территорий; m_i^a – масса i -го загрязняющего вещества, т/год; H_i^a – нормативная плата за выброс i -го загрязняющего вещества в атмосферу, руб./т.

Оценить ущерб, наносимый почве размещением золы и шлака, можно по формуле:

$$Y^п = K_3^п \cdot K_1^п \cdot K_2^п \cdot \sum_{i=1}^n m_i^п \cdot H_i^п, \quad (18)$$

где $Y^п$ – ущерб, наносимый почве, руб./год; $K_3^п$ – коэффициент, учитывающий состояние почвы; $K_1^п$ – коэффициент, учитывающий условия размещения отходов; $K_2^п$ – коэффициент, учитывающий особенности территорий; $m_i^п$ – масса i -го размещаемого отхода, т/год; $H_i^п$ – нормативная плата за размещение i -го отхода, руб./т.

Результаты исследований. В качестве примера использования когнитивной карты рассмотрим проблему развития генерирующих мощностей в Северо-Эвенском районе Магаданской области. В таблице 1 представлены результаты когнитивного моделирования экологических возможных последствий строительства ТЭС в Северо-Эвенском районе.

Таблица 1

Результаты когнитивного моделирования экологических последствий строительства ТЭС

Установленная мощность, МВт	Турбины: количество, марка	Марка котлов	Расход топлива, т/год	Выбросы твердых частиц, т/год	Выбросы SO ₂ , т/год	Выбросы NO ₂ , т/год	Выбросы СО, т/год	Выбросы бенз(а)пирена, т/год
6	1, P-6-3,4	Б-35/40	94260,92	1361,46	1455,77	79,31	581,23	0,000211
12	2, P-6-3,4	БКЗ-75	196470,21	2800,00	3034,29	243,34	0,00	0,000439
16	4, P-4-3,4	Б-35/40	257874,44	3724,63	3982,61	216,98	1590,10	0,000576
18	3, P-6-3,4	К-50-40	276772,84	3984,30	4274,48	283,51	1710,97	0,000618
20	5, P-4-3,4	БКЗ-75	335933,52	4787,57	5188,16	416,08	0,00	0,000750
24	4, P-6-3,4	БКЗ-75	392940,42	5600,00	6068,57	486,68	0,00	0,000878
30	5, P-6-3,4	К-50-40	461288,07	6640,50	7124,13	472,51	2851,62	0,001030
36	6, P-6-3,4	К-50-40	553545,68	7968,60	8548,96	567,02	3421,94	0,001236
42	7, P-6-3,4	БКЗ-75	687645,74	9800,01	10620,00	851,69	0,00	0,001536
48	4, P-12-3,4	К-50-40	708997,37	10206,42	10949,76	726,25	4382,92	0,001584
50	2, ПТ-25-8,8	БКЗ-220	500025,70	7126,13	7722,40	841,04	0,00	0,001117
60	2, ПТ-30-8,8	БКЗ-220	608031,25	8665,38	9390,43	1022,71	0,00	0,001358
70	2, ПТ-35-8,8	БКЗ-220	625632,15	8916,22	9662,26	1052,31	0,00	0,001397
75	3, ПТ-25-8,8	БКЗ-220	750038,55	10689,20	11583,60	1261,57	0,00	0,001675
80	2, ПТ-40-8,8	БКЗ-220	704036,18	10033,59	10873,13	1184,19	0,00	0,001572
90	3, ПТ-30-8,8	БКЗ-220	912046,87	12998,07	14085,65	1534,06	0,00	0,002037
100	4, ПТ-25-8,8	БКЗ-220	846150,18	12058,94	13067,94	1410,79	0,00	0,001890
105	3, ПТ-35-8,8	БКЗ-220	938448,23	13374,33	14493,39	1578,47	0,00	0,002096
120	3, ПТ-40-8,8	БКЗ-220	1056054,27	15050,39	16309,70	1776,29	0,00	0,002359
125	5, ПТ-25-8,8	БКЗ-220	1250064,24	17815,33	19305,99	2102,61	0,00	0,002792
140	4, ПТ-35-8,8	БКЗ-220	1251264,30	17832,43	19324,53	2104,63	0,00	0,002795
150	3, ПТ-50-130	БКЗ-210	1269225,27	18088,41	19601,92	2116,18	0,00	0,002835
160	4, ПТ-40-8,8	БКЗ-220	1408072,36	20067,19	21746,27	2368,38	0,00	0,003145
175	5, ПТ-35-8,8	БКЗ-220	1564080,38	22290,54	24155,66	2630,79	0,00	0,003493
200	4, ПТ-50-130	БКЗ-210	1692300,36	24117,87	26135,89	2821,57	0,00	0,003780

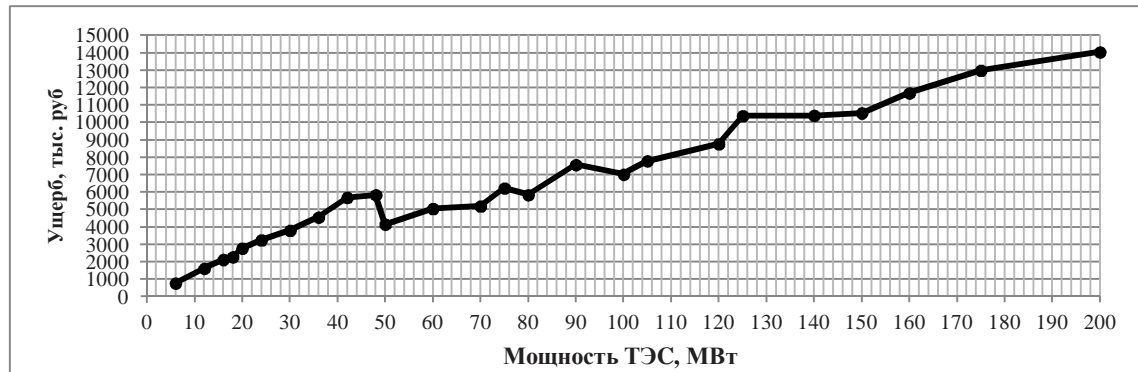


Рис. 2. Результаты экономической оценки ущерба окружающей среде от выбросов ТЭС

На территории района выявлены и частично разведаны золото-серебряные, медно-молибденовые и другие месторождения и рудопроведения, месторождения бурого угля, каолиновых глин, керамзитного сырья, камнецветов и других полезных ископаемых

Данный район является изолированным, электроснабжение осуществляется от дизельных электростанций. От районного центра, поселка Эвенск, до ближайшей подстанции 220 кВ, расположенной в поселке Омсукчан, около 200 км. Подстанция Омсукчан отдалена от ближайших генерирующих источников – Магаданской ТЭЦ, Среднеканской ГЭС, Колымской ГЭС на расстояние более 200 км. Учитывая расстояния до генерирующих источников, целесообразно рассмотреть строительство ТЭС на местных углях в Северо-эвенском районе. В качестве энергоресурсов для ТЭС будем рассматривать бурые угли Чайбухинского месторождения.

Уголь Чайбухинского месторождения имеет следующие характеристики: марка Б2, низшая теплота сгорания – 3000 ккал/кг; зольность – 29,7 %; содержание серы – 0,88 %.

По результатам моделирования построен график (рис. 2), отражающий экономическую оценку ущерба окружающей среде от выбросов ТЭС. Неравномерность графика объясняется дискретным нелинейным изменением параметров оборудования ТЭС с увеличением мощности.

Аналогичным образом, используя экономические, социальные модели расчета, могут быть описаны последствия и по другим промежуточным и целевым факторам. Так, в результате когнитивного моделирования может быть получено полное описание последствий строительства ТЭС в районе.

Заключение. Итак, сформулирована проблема развития генерирующих мощностей в изолированных энергодефицитных районах. Для анализа последствий принимаемых решений по строительству электрических станций предложено использовать когнитивное моделирование. Предложена когнитивная карта, описывающая последствия строительства ТЭС, рассмотрен порядок оценки экологических последствий, приведены результаты расчета для Северо-Эвенского района Магаданской области.

Когнитивное моделирование позволяет генерировать альтернативные варианты развития генерирующих мощностей и многообразные последствия при-

нимаемых решений. Использование предложенной модели позволяет формализовать вышеописанную проблему и повысить качество принимаемых решений, снизить экологические, экономические и социальные риски.

Литература

1. Кини Р. Размещение энергетических объектов: выбор решений: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.
2. Кузнецов О.П., Кулинич А.А., Марковский А.В. Анализ влияния при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт // Человеческий фактор в управлении. М.: КомКнига, 2006. С. 313-344.
3. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // Управление большими системами: сб. ст. М., 2007. Вып.16. С. 36-39.
4. Федулов А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты // Теория и систем управления. 2005. № 1. С. 120-133.
5. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия–Телеком, 2007. 284 с.
6. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ от котельных установок ТЭС: РД 34.02.305-98 / ВТИ. М., 1999.
7. Семенов С.А. Развитие коммунальных теплоэнергетических технологий в районах с преобладающим твердым топливом. Новосибирск: Наука, 2005. 347 с.
8. Назмеев Ю.Г. Системы золошлакоудаления ТЭС. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 572 с.

References

1. Keeney R. Energy facilities siting. M.: Energoatomizdat, 1983. 320 s.
2. Kuznetsov O.P., Kulnich A.A., Markovsky A.V. The impact analysis while controlling semi-structured situations based on cognitive maps // Chelovecheskiy faktor v upravlenii / Pod red. P.A. Abramovoy, K.S. Ginsberga, D.A. Novikova. M.: KomKniga, 2006. S. 313-344.
3. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D.I. Cognitive modeling to solve management problems of semi-structured systems // Upravlenie bol'shimi sistemami. Vypusk 16. M.: IPU RAN, 2007. S. 36-39.
4. Fedulov A.S. Rule-based fuzzy cognitive maps // Teoriya i sistem upravleniya. 2005. № 1. S. 120-133.
5. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Fuzzy models and networks. M.: Goryachaya liniya–Telekom, 2007. 284 s.
6. The technique to determine pollutant emissions of TPP boilers: RD 34.02.305-98// VTI. M., 1999.
7. Semenov S.A. The development of municipal heat and power technologies in the areas with predominantly solid fuel. Novosibirsk: Nauka, 2005. 347 s.
8. Nazmееv Yu.G. Ash-and-slag removal system of TPP. M.: Izdatel'stvo MEI, 2002. 572 s.