

УДК 622.997.550.361(479.25)

Э. И. БОГУСЛАВСКИЙ, Т. А. ТАРАБАРИНОВА, Р. С. МАЛХАЗЯН

## ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПЕТРОГЕОТЕРМАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ АРМЯНСКОЙ ССР

Выполнена предварительная оценка экономически целесообразных петрогеотермальных ресурсов на территории Армянской ССР. Их тепловой потенциал около 300 млрд. *тут.* обеспечивает почти 80% площади республики. По прогнозной оценке масштабов освоения петрогеотермальных ресурсов они могут заменить в топливно-энергетическом балансе 1990 г.—0,7; 1995 г.—1,3 и 2000 г.—2 млрд. *тут.*

Неизбежное истощение запасов традиционных видов топлива, ухудшение природных условий их размещения и повышение затрат на добычу неуклонно ведут к удорожанию энергии и росту ее дефицита. В этих условиях несомненного внимания заслуживает проблема освоения издавна известной, но пока весьма слабоиспользуемой геотермальной энергии.

Основной потенциал тепловой энергии верхних толщ литосферы (до глубины 5—7 км) аккумулирован в горных породах (твердой фазе) и та его часть, которую экономически целесообразно извлечь на данном уровне развития техники и состояния экономики, составляет категорию петрогеотермальных ресурсов.

Энергосистема Армении в настоящее время представляется в комплексе электростанций: конденсационных, гидравлических, теплоэлектростанций и атомной электростанции.

Все последующее рассмотрение энергоресурсов ограничивается ископаемыми и ядерными горючими, промышленными запасами которых республика не располагает. Водные ресурсы ограничены. Естественно, выдвигается целое научно-техническое направление в проблеме создания в Армянской ССР энергетической базы [3].

Включение в топливно-энергетический баланс Армянской ССР нового источника энергии имеет особо важное значение.

В народном хозяйстве республики петрогеотермальная энергия с различными температурными потенциалами может быть использована в трех основных сферах энергопотребления:

а) в техническом теплоснабжении промышленных и сельскохозяйственных объектов, например, в химическом производстве при потенциалах 150—90°C, в парниково-тепличных хозяйствах (90—30°C), при рыбозаводстве (30—20°C) и др.; б) в отопительном теплоснабжении промышленной и жилой зоны (110—90°C); в) для выработки электроэнергии (более 150°C).

На основании проведенных на территории республики геотермических исследований (Институт геологических наук АН Арм.ССР, Управление геологии Арм.ССР<sup>1</sup>) выделено четыре основных геотермальных района:

1. Центральный (Армянский), в пределах которого тепловой поток составляет более 2 Мкал/см<sup>2</sup>·сек и средний геотермический градиент около 5°C/100 м. Он приурочен к Мисхано-Зангезурской геолого-структурной зоне.

2. Северо-Восточный (Малокавказский), где тепловой поток меняется от 0,7 до 2 Мкал/см<sup>2</sup>·сек и геотермический градиент от 1,5 до 4,3°C/100 м. Он приурочен к Предмалокавказской Сомхето-Карабахской, Присеванской геолого-структурным зонам.

3. Юго-Западный (Приараксинский) с тепловым потоком 0,8—1,8 Мкал/см<sup>2</sup>·сек и геотермическим градиентом 1,5—3,3°C/100 м. Он охватывает Еревано-Ордубадскую, Приараксинскую и Кафанскую тектонические зоны.

4. Южный район, где геотермический градиент достигает 4°C/100 м.

Территориальная геолого-экономическая оценка целесообразных петрогеотермальных ресурсов и районирование их по экономической эффективности извлечения позволяют определить доступный к освоению энергетический потенциал, наметить районы, в которых этот вид энергии может конкурировать с традиционными ресурсами и выбрать участки первоочередного строительства опытных и промышленных петрогеотермальных систем. Методика такой оценки разработана в Ленинградском горном институте<sup>2</sup> под руководством проф. Ю. Д. Дядькина [2].

Диапазон возможного использования петрогеотермальных ресурсов весьма широк—от 30 до 150 и более градусов. В первой оценке территории Армянской ССР за нижнюю границу температурного потенциала принято 100°C, то есть усредненная температура отопительного теплоснабжения. Такой подход не учитывает низкотемпературных ресурсов тепла недр и резервирует весьма значительный тепловой потенциал. Кроме того, в оценку не вошли петрогеотермальные ресурсы, обеспечивающие экономичную выработку электроэнергии.

Общая оценка перспективных петрогеотермальных ресурсов Армянской ССР представлена в табл. 1. При этом в связи с отсутствием геотермической информации не учитывались участки территорий Анииского, Артикского, Талинского, Октемберянского и других районов общей площадью около 4 тыс. кв. км. Приведенные затраты на извлечение тепловой энергии недр ( $C_n$ ) определялись по результатам экономико-математического моделирования петрогеотермальных систем [1], при этом принималась максимальная стоимость электроэнергии—9 коп/квт ч. Приведенные затраты по альтернативному источнику ( $C_k$ )—котельной

<sup>1</sup> Исследования и оценки чл. кор. АН Арм.ССР А. Т. Асланян, к. г.-м. н. Р. Т. Мириджаняна, к. г.-м. н. М. П. Ходжояна и др.

<sup>2</sup> Кроме Ю. Д. Дядькина и авторов статьи в разработке методики принимали участие А. Б. Вайнблат, Е. А. Соловьева.

на 50 Гкал/ч при отпускной цене на уголь франкосклад 24,7 руб/т или 44,9 руб/тут составили 9,8 руб/Гкал. Как показали расчеты, коэффициент эффективности освоения петрогеотермальных ресурсов  $K_s = \frac{C_k}{C_n}$  на территории Армянской ССР меняется от 1 до 5, то есть извлечение тепла недр в худшем варианте экономически равноценно сжиганию традиционного топлива, а в лучшем в 5 раз дешевле.

Общие, экономически целесообразные петрогеотермальные ресурсы составляют по оценке на 1978 г. тепловой потенциал, эквивалентный 315 млрд.тут. Этими ресурсами обеспечено 78,5%, а без учета не вошедших

Таблица 1

Петрогеотермальные ресурсы Армянской ССР

Р а й о н ы	Геотермический градусг °С/100 м	Глубина изотер- мы 100 °С км	Приведенные заграты на тепло от системы руб/Гкал	Коэффициент эффективности	Температура пород на пре- дельной глубине °С	Площадь тыс./кв. км	Ресурсы	
							10 <sup>15</sup> ккал	млрд. тут
Северо-восточный	2,1	4,7	9,0	1	103	3,0	11	2
	2,9	3,1	4,0	2	142	3,6	189	27
Центральный	4,0	2,5	2,6	4	196	6,8	847	121
	5,0	2,0	1,8	5	145	2,8	546	78
Юго-западный	2,1	4,8	9,0	1	103	1,3	3	—
	2,9	3,4	4,0	2	142	1,8	17	14
Южный	4,0	2,5	2,6	4	196	4,1	510	73
В с е г о						23,4	2266	315

в оценку участков—90,7% территории республики (рис. 1). В районах с высоким коэффициентом эффективности предельные глубины разработки петрогеотермальных месторождений ( $K_s = 1$ ) составляют 5,5—6 км, при этом температуры пород достигают 200—250°С.

Аналогичные расчеты были выполнены для условий получения тепловой энергии с потенциалом 150°С. Они показали, что на 46% территории Армянской ССР можно эффективно извлекать петрогеотермальные ресурсы такого высокого температурного потенциала, перекрывая нужды технологического использования тепла в промышленности, а при необходимости обеспечивая и выработки электроэнергии.

Коэффициент извлечения тепловой энергии при разработке петрогеотермального месторождения циркуляционными системами с искусственными зонами фильтрации, образованными трещинами гидроразрыва, составляет 0,1—0,3, в естественных коллекторах он может достигать 0,4—0,5. Принимая, весьма приблизительно, среднее значение этого коэффициента равным 0,25, можно оценить величину экономически эффективных извлекаемых петрогеотермальных ресурсов республики, которая составляет 79 млрд.тут.

Выполненные оценки справедливы при существующих на этот период ценах. Однако, цены на топливо растут, значительно опережая увеличение затрат на создание систем. Это несомненно приведет к росту перопективных петрогеотермальных ресурсов.

Промышленное освоение новых топливно-энергетических ресурсов всегда связано со значительными капиталовложениями и обычно осуществляется по-стадийно. Извлечение петрогеотермальных ресурсов в первую очередь требует проведения геолого-геотермических исследова-

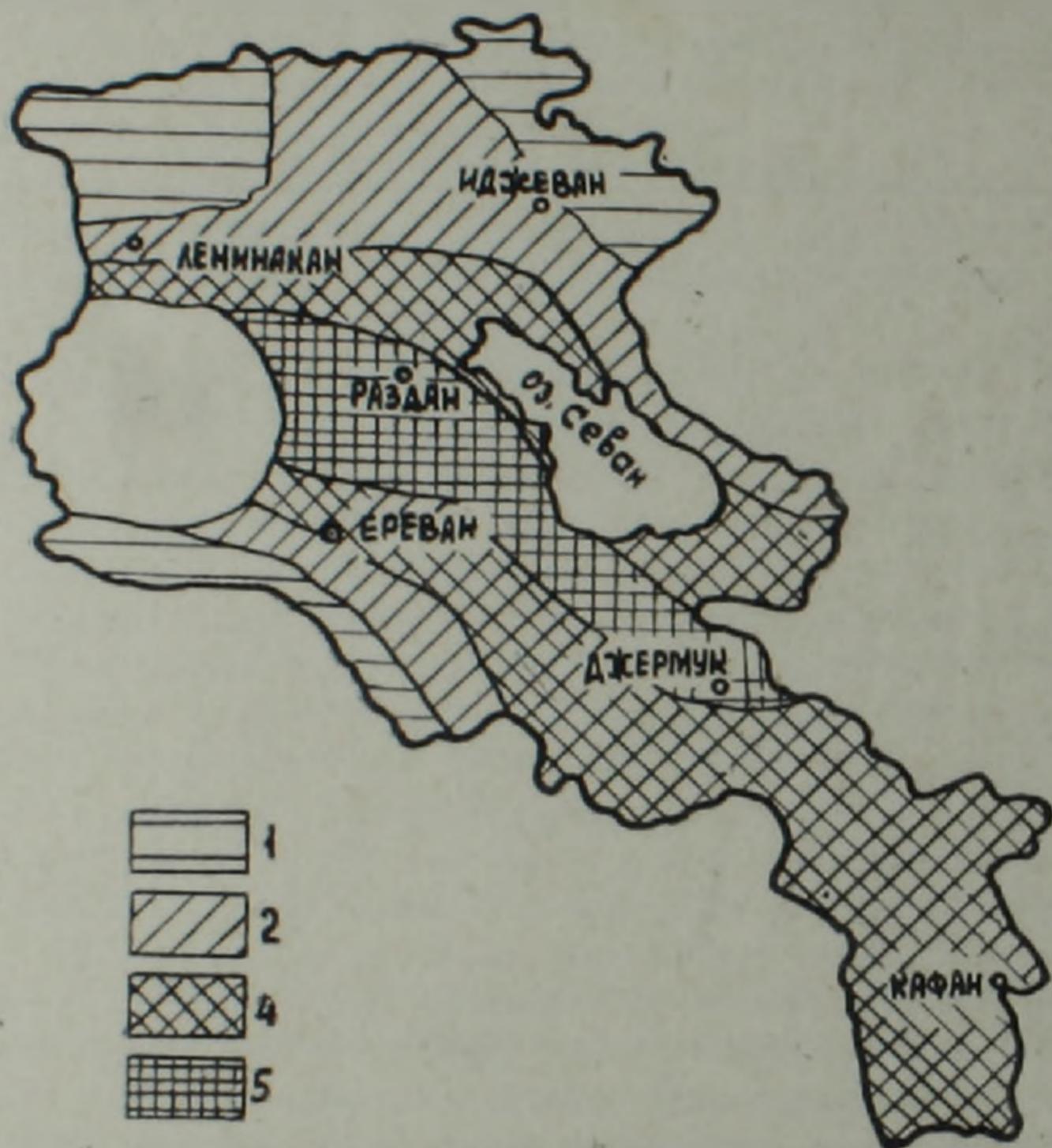


Рис. 1. Петрогеотермальные ресурсы Армянской ССР.

1, 2, 4, 5 — показатели коэффициентов экономической

эффективности  $\frac{C_k}{C_{II}}$  по районам.

ний и изысканий, строительства опытных и опытно-промышленных систем. Отводя на этот комплекс работ около десяти лет и учитывая острый дефицит энергии в республике, можно прогнозировать широкое освоение петрогеотермальных ресурсов начиная с 1990 г.

Оценка возможных масштабов включения петрогеотермальных ресурсов в топливно-энергетический баланс республики выполнялась на основе прогнозных данных развития народного хозяйства Армянской ССР на долгосрочную перспективу. При этом на пятилетку до

1990 г. прогнозировалась замена только топлива, сжигаемого в котельных, а далее к нему добавлялся и весь прирост тепловых нагрузок, включая производство тепловой энергии на ТЭЦ.

Используя предложенный метод эффективных площадей, определено количество тепловой энергии, которую можно заменить петрогеотермальными ресурсами. Оно составляет 5,1; 8,9 и 13,6 млн. Гкал в год, то есть 730, 1270 и 1940 тыс. туг в год в предстоящие пятилетия. Для покрытия этих тепловых нагрузок необходимо ввести в эксплуатацию 34 элементарных ячейки циркуляционных систем. Каждая такая ячейка теплопроизводительностью 25 Гкал/ч состоит из двух скважин, пересекающих 6—10 трещин гидроразрыва. Капиталовложения на ее строительство составляют в зависимости от глубины зоны теплообмена от 1,5 до 3,5 млн. руб., а приведенные затраты на извлечение тепла недр от 2,2 до 4,5 руб./Гкал. Следует ввести дополнительно 6 ячеек для промышленного, 19 для коммунально-бытового теплоснабжения, далее—соответственно 15 и 16 ячеек.

Петрогеотермальная система может формироваться из одной, двух, трех и более элементарных ячеек. Должно быть пробурено 85 тыс. м скважин, для чего потребуются работы 9 станков в течение 5 лет, а годовые капиталовложения при этом сроке строительства составят 13,4 млн. руб. с общей фондоемкостью около 70 млн. руб.

Народнохозяйственная эффективность уже в первой из прогнозных пятилеток более чем вдвое превысит годовые капиталовложения, а в последующие достигнет 54 и 89 млн. руб./год. при капиталовложениях 10 и 12 млн. руб./год.

Сделанная прогнозная оценка еще раз убедительно свидетельствует о настоятельной необходимости начать широкий круг работ по освоению петрогеотермальных ресурсов на территории Армянской ССР. Для этого следует разработать Республиканскую программу, которая в первом приближении должна включать:

- а) геолого-геотермические исследования и изыскания по разведке и оконтуриванию петрогеотермальных месторождений;
- б) строительство до 1985 г. опытной циркуляционной системы;
- в) строительство до 1990 г. около 10 опытно-промышленных и промышленных петрогеотермальных систем;
- г) в 1990—1995 г. г. полную замену топлива, сжигаемого в котельных для нужд теплоснабжения.

Кроме того, а может быть и в первую очередь следовало бы к 1990 г. выполнить опытно-промышленные работы, а к 2000 г. завершить пуск первого блока мощной петрогеотермальной электростанции.

Ленинградский горный институт им. Г. В. Плеханова,  
г. Ленинград, АрмНИИЭ, г. Ереван

Поступила 5 III 1980.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՊԵՏՐՈԳԵՈԹԵՐՄԱԼ ՊԱՇՏՐՆԵՐԻ ՅՈՒՐԱՑՄԱՆ

ՀՆՈՒԱՆԿԱՐՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հուլիվածում տրված է Հայկական ՍՍՀ տարածքի տնտեսասյիս նսլատա-կահարմար պետրոգեոթերմալ պաշարների նախնական գնահատականը: Իր-րանց ջերմային պոտենցիալը, որը կազմում է մոտավորապես 300 մլրդ տուվ-ապահովում է հանրապետության տարածքի 80 տոկոսը. ըստ կանխատեսու-մային գնահատման, պետրոգեոթերմալ պաշարների յուրացման մասշտաբ-ները հանրապետության ջերմաէներգետիկ հաշվիկշռում կարող են փոխա-րինել՝ 1990 թ.—0,7, 1995 թ.—1,3 և 2000 թ.—2,0 մլն. տուվ:

E. I. BOGUSLAVSKY, T. A. TARABARINOVA, R. S. MALKHAZIAN

THE ASSIMILATION PERSPECTIVES OF THE ARMENIAN SSR  
PETROGEO THERMAL RESOURCES

Abstract

The preliminary estimation of economically expedient petrogeother-  
mal resources of the Armenian SSR territory is carried out. Their ther-  
mal potential makes up about 300 mlrd tones of conditional fuel provi-  
ding about 80% of the whole territory. By the prognosis estimation of  
the petrogeothermal resources assimilation scales they will be able to  
substitute in the fuel-energetical balance in 1990—0,7 mln tones, in  
1995—1,3 mln tones and in 2000—2 mln tones of conditional fuel accor-  
dingly.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Богуславский Э. И. Опыт экономико-математического моделирования систем из-  
влечения тепловой энергии горячих пород. «Народно-хозяйственные и методиче-  
ские проблемы геотермии». Тез доклады на Всесоюзной конференции. Махач-  
кала, 1978.
2. Дядькин Ю. Д., Парийский Ю. М., Богуславский Э. И. Извлечение и использова-  
ние тепла Земли. Л., 1977.
3. Малхазян Р. С. Предпосылки создания геотермальной энергетики в Армянской ССР.  
«Народно-хозяйственные и методические проблемы геотермии». Тезисы докла-  
дов на Всесоюзной конференции. Махачкала, 1978.