

NOTICE CONCERNING COPYRIGHT RESTRICTIONS

This document may contain copyrighted materials. These materials have been made available for use in research, teaching, and private study, but may not be used for any commercial purpose. Users may not otherwise copy, reproduce, retransmit, distribute, publish, commercially exploit or otherwise transfer any material.

The copyright law of the United States (Title 17, United States Code) governs the making of photocopies or other reproductions of copyrighted material.

Under certain conditions specified in the law, libraries and archives are authorized to furnish a photocopy or other reproduction. One of these specific conditions is that the photocopy or reproduction is not to be "used for any purpose other than private study, scholarship, or research." If a user makes a request for, or later uses, a photocopy or reproduction for purposes in excess of "fair use," that user may be liable for copyright infringement.

This institution reserves the right to refuse to accept a copying order if, in its judgment, fulfillment of the order would involve violation of copyright law.

Luluni donde el agua vierte con presión y cerca de 80°C.

Datos de composición química no son evaluables, pues existen muy pocos, así por ejemplo de aguas termales donde se aprovechan las aguas en la fabricación de aguas minerales gaseosas, (Ejs.: Viscachani y Chaquí).

Muchas vertientes de aguas calientes son utilizadas en balnearios, lo cual indica que tales aguas no presentan indicios altos de acidez o alcalinidad.

En cuanto al caudal se puede indicar que varían entre 1 y 40 litros por segundo (estimativamente).

Áreas Recomendables para Prospección

De todas las localidades con manifestaciones de recursos geotérmicos, y en base principalmente a datos geológicos, quedan indicadas 3 zonas prioritarias de prospección. (1) Región Sud de la Cordillera Occidental (Provincia Lipez, Depto. Potosí) entre los puntos 48 y 57. Algunas de las características muestradas son relación a centros de volcanismo Terciario-Cuaternario; indicios de alto flujo térmico (aguas calientes y fumarolas); y asociación con cuenca de relleno, apta para la ubicación de reservorios acuíferos. (2) Región del altiplano central (Oruro, Poopo, y Pazña). Entre las características favorables se tienen: alto flujo térmico de las aguas calientes y relación con la cuenca altiplánica, apta para existencia de reservorios acuíferos. (3) Región de Chaquí (Provincia C. Saavedra, Depto. Potosí).

En esta región se encuentra relación cercana a cuerpos ígneos y alto caudal y flujo térmico de las aguas calientes (77°C a 85°C).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando que el presente trabajo constituye solo una información preliminar sobre los recursos geotérmicos en Bolivia y fué realizado principalmente en base a un acopio de datos de diferente origen, se dan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Bolivia al presente no cuenta con trabajos específicos referentes a los recursos de energía geotérmica.
2. El territorio boliviano en su parte Occidental cuenta con áreas de interés prospectivo en cuanto a recursos geotérmicos, factibles de aprovechamiento en la generación de energía eléctrica.
3. Gran parte de las vertientes de aguas termales ubicadas en la cordillera oriental no son recomendables de prospección, puesto que se encuentran en áreas de sedimentos plegados paleozoicos donde será difícil ubicar reservorios acuíferos.
4. Se recomienda a los organismos estatales e internacionales prestar un apoyo económico para la realización de un plan de inventariación de los recursos geotérmicos en Bolivia.

Preliminary Report on Bolivia's Geothermal Resources

RAUL CARRASCO

Servicio Geológico de Bolivia, Proyecto de Prospección Minera en la Cordillera, La Paz, Bolivia

ABSTRACT

There are numerous manifestations of geothermal resources in the Western Andean region of Bolivia. This region is divided into three physiographic units: the Eastern and the Western Andean Cordilleras, and, between them, the high plateau or Altiplano Basin. The Western Cordillera is of volcanic origin and contains numerous hot springs, fumaroles, and solfataras. The Altiplano region corresponds to a basin filled, for the greater part, with Quaternary sediments. A large number of thermal springs are found along its boundaries with the adjacent cordilleras. The Eastern Cordillera corresponds geologically to the Paleozoic block, in which important outcrops of igneous bodies are also found. Most of the hot springs are found in this region and they are related to fractured zones or igneous bodies.

The areas offering prospects for harnessing geothermal energy are the southern area of the Western Andean Cordillera (Lipez Province, Department of Potosí); the rims of

the Central Altiplano (Poopo and Avaroa Provinces, Department of Oruro); and the Chaquí zone (C. Saavedra Province, Department of Potosí).

INTRODUCTION

There exist numerous geothermal manifestations in the western or Andean region of Bolivia, such as hot springs, fumaroles, and solfataras. Just as the Bolivian Geological Service is conducting an inventory of other natural resources, it will carry out a survey and preliminary evaluation of geothermal manifestations, and it will also study the economic feasibility of harnessing geothermal resources.

At present, only basic data are available, such as location of geothermal manifestations, certain physical characteristics, and a basis of geological structure, which have made it possible to select the most likely zones for harnessing geothermal energy for electric power generation.

5031 (TRANSLATION)

GEOLOGICAL AND GENETIC CHARACTERISTICS

Geothermal manifestations in Bolivia occur only in the western, or Andean, region of Bolivia, within three main physiographic units—the Western Andean Cordillera, the Altiplano, and the Eastern Andean Cordillera (Fig. 1).

Western Andean Cordillera

The Western Andean Cordillera unit corresponds to the zone along the border with Chile (Zone 1 in Fig. 1) and consists of a band of volcanic rock of ages ranging from Tertiary to Quaternary (Miocene to Pleistocene), of which the Miocene possibly had the greatest volcanic activity.

There are at present no active volcanoes in Bolivia, but several fumaroles and solfataras and many hot springs are present which are genetically related to centers of volcanic activity and, in turn, to the subduction zone of the Nazca Plate.

The eastern flank of this cordillera descends to the Altiplano, where accumulations of pyroclastic material, lavas, and ignimbrites exist which may constitute aquifer reservoirs of significant magnitude.

Altiplano

A large number of hot springs are found in the vast Altiplano Basin (Zone II in Fig. 1). This unit actually consists of a plane tilted from north to south with altitudes that vary from 3700 to 4100 m above sea level, and which is traversed by several mountain ranges and dotted with isolated hills as well. It should be noted that many of the hot springs are related to neighboring igneous bodies, such as those of Viscachani, San Pablo, and San Antonio de Lipez. Other springs are found on the rim of the Altiplano and possibly are related to regional faults, as is the case along the line running through Capachos, Machacamarca, Poopo, and Pazña.

Eastern Andean Cordillera

A large percentage of the hot springs are in the Eastern Andean Cordillera within the Andean Paleozoic block, which constitutes the most notable physiographic unit in Bolivia (Zone III in Fig. 1). Many of these hot springs are related to faults and fractures (for example, those at Matilde, Urmiri, Rosario, and others). Others are close to subvolcanic bodies which intrude folded Paleozoic rocks (Uncía, Chaquí, Pulacayo, and some others).

SOME PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS

Data from about 30 thermal springs (UN Mineralogical Project, 1965) indicate temperatures from 37 to 77°C, the only exception being at Luluni, where water close to 80°C discharges at high pressure.

There are insufficient data on the chemical composition of the waters to carry out an evaluation at this time. For the most part the available data are limited to mineral waters being bottled at the plants in Viscachani and Chaquí.

Many of the hot springs are being utilized for bathing purposes, which would indicate that their acidity or alkalinity is moderate. The rates of discharge are estimated to range from 1 to 40 l/sec.

AREAS RECOMMENDED FOR PROSPECTING

Of the localities showing geothermal manifestations, three have been assigned highest priority for further exploration on the basis of available geological data. The first of these is the southern region of the Western Andean Cordillera (Lipez Province, Department of Potosí), between map points 48 and 57 (Fig. 1). Favorable characteristics of this region include a relationship to centers of Tertiary-Quaternary volcanism; indications of high thermal flow (hot waters and fumaroles); and association with a fill basin, a favorable condition for the location of aquifer reservoirs.

The second region, the Central Altiplano (Oruro, Poopo, Pazña), has the favorable characteristics of a high thermal flow of hot water; and it is related to the Altiplano Basin, which is indicative of the occurrence of aquifer reservoirs.

The last of the three areas is the Chaquí region (Province C. Saavedra, Department of Potosí) which has the favorable characteristics of a close relation to igneous bodies and a high discharge rate and thermal flow of the hot water (77 to 85°C).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In evaluating the following conclusions and recommendations it must be kept in mind that this paper constitutes only a preliminary report on Bolivia's geothermal resources and that it has been formulated on the basis of data obtained from diverse sources:

1. At present no specialized reports on geothermal resources in Bolivia exist.
2. In western Bolivia there are areas of prospective interest with regard to the development of geothermal resources for the generation of electricity.
3. The majority of the hot springs located in the Eastern Andean Cordillera are not recommended for prospecting as they are in zones of folded Paleozoic sediments, in which it would be difficult to locate aquifer reservoirs.
4. It is recommended that national and international agencies lend financial support for the assessment of Bolivia's geothermal resources.

The illustration referred to in this paper may be found in the Spanish version which immediately precedes this English translation.

Recursos Geotérmicos en Bolivia

RAÚL CARRASCO C.

Servicio Geológico de Bolivia, Proyecto de Prospección Minera en La Cordillera, La Paz, Bolivia

RESUMEN

Bolivia cuenta con numerosas manifestaciones geotérmicas, localizadas en la Región Occidental Andina. Esta región está dividida en 3 unidades fisiográficas que son: las Cordilleras Occidental y Oriental, pertenecientes a la Cadena de Los Andes y en medio de ambas se encuentra la cuenca del Altiplano.

La Cordillera Occidental es de origen volcánico, donde se encuentran numerosas vertientes de agua caliente, fumarolas y solfataras.

La región del Altiplano corresponde a una cuenca rellena por sedimentos cuaternarios en gran parte. En sus zonas limítrofes con las cordilleras adyacentes presenta numerosas vertientes termales.

La Cordillera Oriental corresponde geológicamente al bloque paleozoico donde también se presentan importantes afloramientos de cuerpos ígneos. En esta región, se encuentra el mayor porcentaje de vertientes de aguas calientes que están relacionadas a zonas de fracturas o cuerpos ígneos.

Áreas de interés prospectivo, para aprovechamiento energético son (1) Área Sud de la Cordillera Andina Occidental (Provincia Lipez—Depto. de Potosí) (2) Bordes de Altiplano Central (Provincias Poopo y Avaroa—Depto. de Oruro) (3) Zona de Chaquí (Provincia C. Saavedra—Depto. de Potosí).

INTRODUCCION

En la región Occidental o Andina de Bolivia, existen numerosas manifestaciones geotérmicas, tales como vertientes de aguas calientes, fumarolas y solfataras.

De igual manera que se viene trabajando en la inventariación de otros recursos naturales, el Servicio Geológico de Bolivia realizará un reconocimiento y evaluación primaria de estas manifestaciones, además de analizar si puede ser factible el aprovechamiento económico de los recursos geotérmicos en Bolivia.

Al presente, solo se cuentan con datos básicos tales como ubicación de estas manifestaciones, ciertas características físicas y una base geológica-estructural, las cuales han permitido realizar una selección de zonas posibles de aprovechamiento, en la generación de energía eléctrica.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GENETICAS

Manifestaciones Geotérmicas se encuentran solamente en la región occidental o andina de Bolivia dentro de las 3 principales unidades fisiográficas que son la Cordillera Andina Occidental, el Altiplano, y la Cordillera Andina Oriental.

Cordillera Andina Occidental

Corresponde a la zona limítrofe con la República de Chile (Zona I, Fig. 1) y está constituida por una faja de rocas volcánicas correspondientes a un tiempo Terciario a Cuaternario (Mioceno a Pleistógeno) donde posiblemente el Mioceno fué el de mayor actividad volcánica.

Al presente no existen volcanes activos en Bolivia, pero se encuentran varias fumarolas, solfataras y muchas vertientes de aguas calientes, relacionadas genéticamente a estos centros de volcanismo y a su vez a la zona de Subducción de la Placa de Nazca.

El flanco oriental de esta cordillera descende hacia el Altiplano donde existen acumulaciones de materiales piroclásticos, lavas e ignimbritas que pueden constituir reservorios acuíferos de importancia.

Altiplano

Numerosas vertientes de agua caliente se presentan en la extensa cuenca altiplánica (Zona II, Fig. 1). Esta unidad en la actualidad constituye un plano inclinado de norte a sur con una altitud variable de 3700 a 4100 m.s.n.m. interceptada por varias serranías y cerros aislados.

Es importante indicar que varias de las vertientes están relacionadas a cercanos cuerpos de naturaleza ígnea tal como Viscachani, San Pablo, y San Antonio de Lipez. Otras vertientes aparecen en el borde del altiplano y posiblemente están relacionadas a fallas regionales, tal como ocurre en la línea Capachos, Machacamarca, Poopo y Pazña.

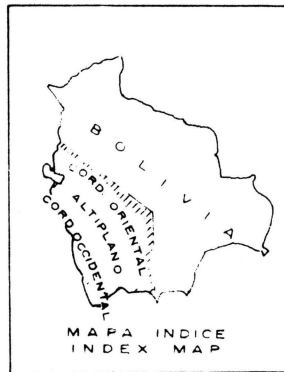
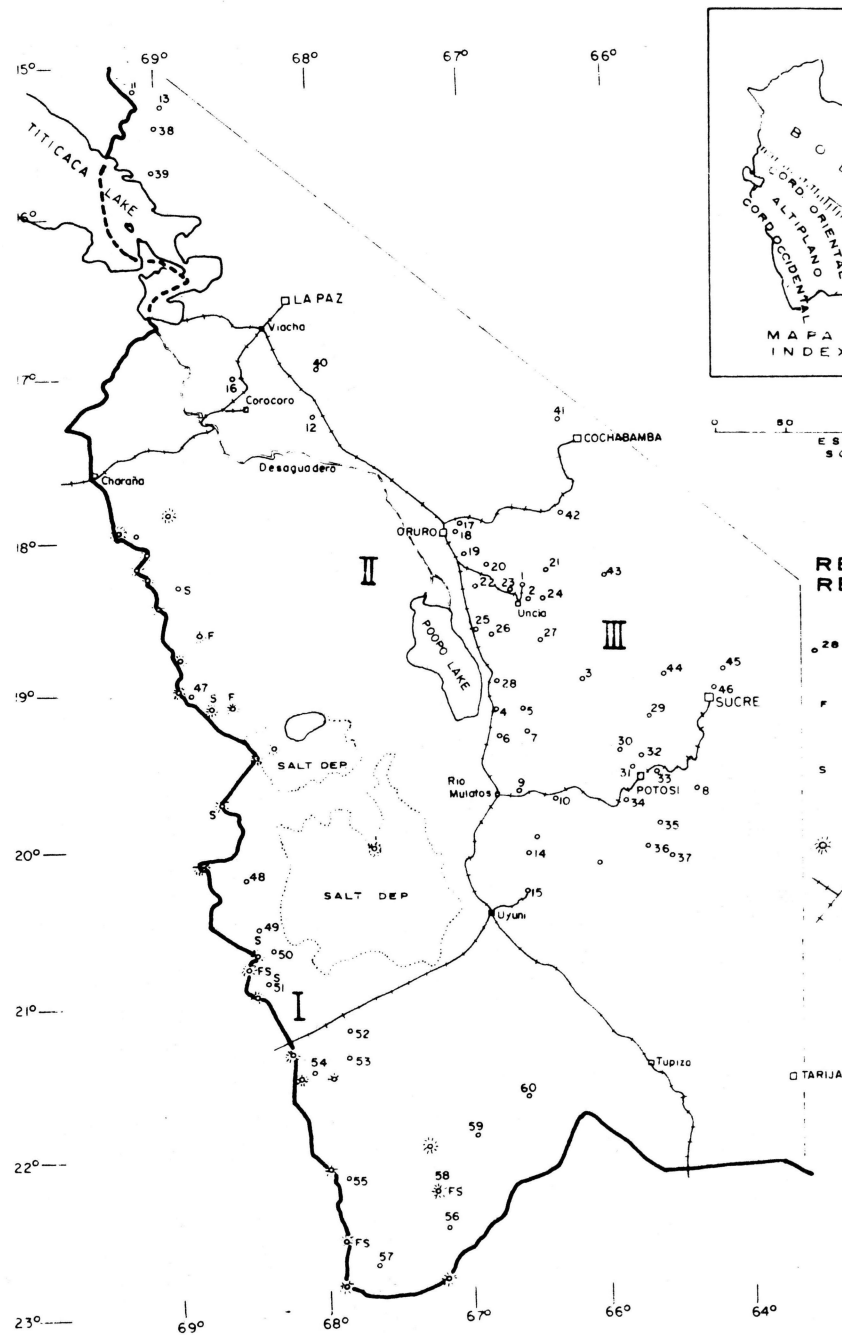
Cordillera Andina Oriental

Un gran porcentaje de las vertientes de agua caliente se encuentran dentro áreas correspondientes a la Cordillera Oriental o sea dentro el bloque paleozoico andino, que constituye en Bolivia la unidad fisiográfica más sobresaliente (Zona III, Fig. 1).

Muchas de las vertientes de agua caliente están en relación a zonas de fallas y fracturas (Ejs.: Matilde, Urmiri, Rosario, etc.). Otras se encuentran cercanas a cuerpos de naturaleza subvolcánica, que intruyen rocas plegadas paleozoicas (Ej. Uncía, Chaquí, Pulacayo, etc.).

Algunas Características Físicas y Químicas

Datos de aproximadamente 30 vertientes termales (ONU Mineralogical Project, 1965) indican que las temperaturas varían entre 34 y 77°C con excepción de la localidad de



0 50 100 150 200 Km
ESCALA
SCALE

REFERENCIAS REFERENCE

- 28 AGUAS TERMALES
HOT SPRINGS
- F FUMAROLAS
HOT STEAMS
- S SO. FATARAS
SULPHUR STEAMS
- ☀ VOLCANES
VOLCANOES
- FF. CC. PRINCIPALES
MAIN ROADS

DISTRIBUCION DE MANIFESTACIONES GEOTERMICAS EN BOLIVIA GEOTHERMIC MANIFESTATION IN BOLIVIA

AUTOR: ING° RAUL CARRACO C.

DIBUJO: Sr ALFONSO GUTIERREZ T.

LOCALIDAD	TEMPERATURA (°C)	ALTITUD (m s n m)	LOCALIDAD	TEMPERATURA (°C)	ALTITUD (m s n m)
1 CATAVI	77	3953	31 TARAPAYA	60	3592
2 UNCIA	70	3921	32 MIRAFLORES	62	3592
3 SALINAS	75	3560	33 DON DIEGO	35	3700
4 CASTILLOHUMA	57	4500	34 ROSARIO	43	3580
5 PARIÁ	59	4500	35 CHILMA	71	3890
6 VICHACLUPE	65	4505	36 CARMA		3890
7 AJATA	65	4505	37 CAIZA	80	3890
8 CHAQUI	77	3700	38 CHUMA		2850
9 EST MACHICADO	80	3880	39 PUTINA DE MINA MATILDE		3900
10 KILPANI	49	4334	40 URMIRI		2900
11 PUTINA DE ULLA ULLA		4300	41 LIRIUNI		2700
12 VISCACHANI		3850	42 AGUAS CALIENTES DE ARQUE		2600
13 CHARAZANI	75	2900	43 AGUAS CALIENTES DE S. PEDRO DE BUENA VISTA		3800
14 TOMAVE		3800	44 JUNCHIRI		
15 PULACAYO		3900	45 LOS ALAMOS		2600
16 COMANCHE		3900	46 HUATA		2550
17 OBRAJES	77	3762	47 TODOS SANTOS		4000
18 CAPACHOS	57	3707	48 AGUA MILAGRO		4300
19 MACHACAMARCA		3713	49 SAN PABLO DE NAPA		4250
20 AGUAS CALIENTES DE HUANUNI	40	3923	50 EMPEXA		4400
21 OVICERA	67	3500	51 OLCA		4450
22 CABRERIA		3720	52 LAGE		4250
23 AGUAS CALIENTES DE LLALLAGUA	67	3953	53 ALOTA		4200
24 MILLURI		3694	54 AGUA CALIENTE DE ARARAL		4250
25 PAZÑA		3710	55 LAGUNA COLORADA		
26 URMIRI DE PAZÑA		3710	56 DULCE NOMBRE		
27 LULUNI	85	3950	57 AGUAS CALIENTES VOLCAN PUTANA		
28 CHALLAPATA	52	3720	58 AGUA CALIENTES CER- CA VOLCAN SONIQUERA		
29 TINQUIPAYA	34	4000	59 AGUAS CALIENTES CER- CA S ANTONIO DE LIPEZ		
30 TOTORA	34	3592	60 CERCA S. PABLO DE LIPEZ		

GEOBOL 1975

Luluni donde el agua vierte con presión y cerca de 80°C.

Datos de composición química no son evaluables, pues existen muy pocos, así por ejemplo de aguas termales donde se aprovechan las aguas en la fabricación de aguas minerales gaseosas, (Ejs.: Viscachani y Chaquí).

Muchas vertientes de aguas calientes son utilizadas en balnearios, lo cual indica que tales aguas no presentan indicios altos de acidez o alcalinidad.

En cuanto al caudal se puede indicar que varían entre 1 y 40 litros por segundo (estimativamente).

Áreas Recomendables para Prospección

De todas las localidades con manifestaciones de recursos geotérmicos, y en base principalmente a datos geológicos, quedan indicadas 3 zonas prioritarias de prospección. (1) Región Sud de la Cordillera Occidental (Provincia Lipez, Depto. Potosí) entre los puntos 48 y 57. Algunas de las características muestradas son relación a centros de volcanismo Terciario-Cuaternario; indicios de alto flujo térmico (aguas calientes y fumarolas); y asociación con cuenca de relleno, apta para la ubicación de reservorios acuíferos. (2) Región del altiplano central (Oruro, Poopo, y Pazña). Entre las características favorables se tienen: alto flujo térmico de las aguas calientes y relación con la cuenca altiplánica, apta para existencia de reservorios acuíferos. (3) Región de Chaquí (Provincia C. Saavedra, Depto. Potosí).

En esta región se encuentra relación cercana a cuerpos ígneos y alto caudal y flujo térmico de las aguas calientes (77°C a 85°C).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando que el presente trabajo constituye solo una información preliminar sobre los recursos geotérmicos en Bolivia y fué realizado principalmente en base a un acopio de datos de diferente origen, se dan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Bolivia al presente no cuenta con trabajos específicos referentes a los recursos de energía geotérmica.
2. El territorio boliviano en su parte Occidental cuenta con áreas de interés prospectivo en cuanto a recursos geotérmicos, factibles de aprovechamiento en la generación de energía eléctrica.
3. Gran parte de las vertientes de aguas termales ubicadas en la cordillera oriental no son recomendables de prospección, puesto que se encuentran en áreas de sedimentos plegados paleozoicos donde será difícil ubicar reservorios acuíferos.
4. Se recomienda a los organismos estatales e internacionales prestar un apoyo económico para la realización de un plan de inventariación de los recursos geotérmicos en Bolivia.

Preliminary Report on Bolivia's Geothermal Resources

RAUL CARRASCO

Servicio Geológico de Bolivia, Proyecto de Prospección Minera en la Cordillera, La Paz, Bolivia

ABSTRACT

There are numerous manifestations of geothermal resources in the Western Andean region of Bolivia. This region is divided into three physiographic units: the Eastern and the Western Andean Cordilleras, and, between them, the high plateau or Altiplano Basin. The Western Cordillera is of volcanic origin and contains numerous hot springs, fumaroles, and solfataras. The Altiplano region corresponds to a basin filled, for the greater part, with Quaternary sediments. A large number of thermal springs are found along its boundaries with the adjacent cordilleras. The Eastern Cordillera corresponds geologically to the Paleozoic block, in which important outcrops of igneous bodies are also found. Most of the hot springs are found in this region and they are related to fractured zones or igneous bodies.

The areas offering prospects for harnessing geothermal energy are the southern area of the Western Andean Cordillera (Lipez Province, Department of Potosí); the rims of

the Central Altiplano (Poopo and Avaroa Provinces, Department of Oruro); and the Chaquí zone (C. Saavedra Province, Department of Potosí).

INTRODUCTION

There exist numerous geothermal manifestations in the western or Andean region of Bolivia, such as hot springs, fumaroles, and solfataras. Just as the Bolivian Geological Service is conducting an inventory of other natural resources, it will carry out a survey and preliminary evaluation of geothermal manifestations, and it will also study the economic feasibility of harnessing geothermal resources.

At present, only basic data are available, such as location of geothermal manifestations, certain physical characteristics, and a basis of geological structure, which have made it possible to select the most likely zones for harnessing geothermal energy for electric power generation.

5031 (TRANSLATION)