

С.Н. Рычаговдоктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией геотермииИнститут вулканологии
и сейсмологии ДВО РАН

Петропавловск-Камчатский, Российская Федерация

E-mail: rychn@kscnet.ru

**НАЧАЛО ОСВОЕНИЯ
ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ
ЭНЕРГИИ НА КАМЧАТКЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ
ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Раскрыта история подготовки к эксплуатации Паужетского геотермального месторождения и строительства первой в Советском Союзе геотермальной электрической станции на юге Камчатки. Приведены основные даты этих выдающихся в истории нашей страны событий, определивших развитие геотермии на Камчатке, Курильских островах и в целом в России. Отмечена роль идеологов и руководителей (А.А. Гавронского, Б.И. Пийпа, В.В. Аверьева, В.М. Сугрובה), научных сотрудников (А.С. Нехорошева, В.И. Белоусова, Г.А. Карпова, Н.Г. Сугрובהй, Т.В. Ренне, других), ведущих инженеров-конструкторов (А.А. Гавронского, В.Г. Ренне), геолого-разведчиков (Н.А. Антипова, Ю.В. Кожина, В.М. Дудченко, Ю.А. Краевого) и «незаметных тружеников» (Н.И. Сажина, В.И. Сабурова и многих других) в становлении геотермических исследований. Сделано заключение о перспективах практической геотермии, способной обеспечить все потребности Камчатского края в тепловой и электрической энергии.

Ключевые слова: геотермические исследования; геотермальные электростанции; геотермальные ресурсы.

S.N. Rychagov

Doctor of Geological-Mineralogical Sciences,

Head of Geothermal Laboratory

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS

Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation

E-mail: rychn@kscnet.ru

**THE BEGINNING
OF DEVELOPMENT
OF KAMCHATKA
GEOTHERMAL ENERGY
AND PROSPECTS
OF ITS USE**

The history of preparation for operation of Pauzhetsky geothermal deposit and construction of the first Soviet Union geothermal power plant is described. The basic dates of these outstanding in a history of our country geothermal events are resulted. The role of ideologists and heads (A.A. Gavronskogo, B.I. Piipa, V.V. Averieva, V.M. Sugrobova), geologists and hydrogeologists-scientists (A.S. Nehorosheva, V.I. Belousova, G.A. Karpova, N.G. Sugrobovoi, T.V. Renne, et al.), engineers-designers (A.A. Gavronskogo, V.G. Renne), geologists (N.A. Antipova, Yu.V. Kozhina, V.M. Dudchenko, Yu.A. Kraevogo) and «imperceptible workers» (N.I. Sazhina, V.I. Saburova and many others) in becoming geothermal researches is marked. The conclusion about prospects of practical Kamchatsk geothermya are made.

Keywords: geothermal researches; geothermal power plants; geothermal resources.

Введение

История научных исследований в области геотермии на Камчатке и практического использования геотермальных ресурсов края с различных позиций затронута во многих работах: Б.И. Пийпа, В.В. Иванова, В.В. Аверьева, А.Е. Святловского, Г.А. Гонсовской, В.М. Сугрובה, В.И. Белоусова, Е.А. Вакина, Ю.Ф. Манухина, Л.А. Ворожейкиной, Ю.А. Краевого, А.И. Сережникова, А.В. Кирюхина, В.А. Дрознина, О.А. Поварова, Г.В. Томарова, Е.Ф. Ключкова, О.В. Бритвина, К.О. Поварова, других ученых и специалистов.

В последние годы публикуется ряд статей, рефератов, заметок в Интернет, не лишенных ошибок, неточностей, литературного вымысла.

Статья не претендует на полный обзор проблемы (это была бы непосильная задача даже для специального выпуска журнала), но в ней последовательно и на документальной основе освещено начало практических изысканий и строительство первой в СССР Паужетской геотермальной электрической станции (Паужетской ГеоТЭС) на Южной Камчатке, а также приводятся цифры, характеризующие перспективы развития геотермальной энергетики в Камчатском крае. Статья представляет

собой расширенный вариант работы [1], обсужденной ранее на научной конференции к Дню вулканолога.

История изучения горячих недр Камчатки уходит в XVII век, когда С.П. Крашенинников в ходе первой Камчатской экспедиции Российской академии наук описал огнедышащие горы и многочисленные термальные ключи [2]. В последующие годы интерес к термальным ключам Камчатки был постоянным. В XX в. научные исследования гидротермальной деятельности заметно активизировались. В 1937 г. вышла из печати книга Б.И. Пийпа «Термальные ключи Камчатки», в которой на основании собственных исследований 1934–1935 гг. и обобщения материалов других работ впервые сделано достаточно полное научное описание горячих источников и гейзеров Камчатки [3]. В книге также дано заключение и о возможном практическом использовании термальных вод, в основном их бальнеологических свойств. Первый этап исследований Паужетских гидротермальных источников хорошо освещен в литературе, что не скажешь о непосредственной подготовке Паужетского геотермального месторождения к эксплуатации и строительству ГеоТЭС. Остановимся на этих событиях подробнее.

Подготовка к эксплуатации Паужетского геотермального месторождения и строительство геотермальной станции

В 1948 г. А.А. Гавронский, работавший то время на Сахалине главным инженером-электриком в «Главсахалинрыбпроме», поставил вопрос о теплоэнергетическом применении горячих природных вод и пара в специальной записке, переданной в Правительство СССР. На основании этого обращения Госплан СССР запросил от Президиума АН СССР о возможности и целесообразности использования геотермальной энергии на Камчатке. Обсуждение этого вопроса в Академии наук было не простым, но 15 марта 1954 г. Президиум АН СССР поручил Лаборатории вулканологии АН СССР направить на Южную Камчатку геотермальную экспедицию с целью сбора необходимых материалов и выбора подходящего объекта для

разведочного бурения. Это было началом целенаправленных исследований по использованию геотермальных ресурсов для теплоснабжения и выработки геотермальной электроэнергии в нашей стране.

Начиная с 1955 г., были выполнены работы геотермальной экспедиции Лаборатории вулканологии АН СССР под руководством геологов Б.И. Пийпа и А.Е. Святловского, гидрогеологов В.В. Иванова и А.С. Нехорошева. Результаты исследований позволили рекомендовать район Паужетских источников для проведения буровых работ. В 1956 г. по ходатайству Академии наук СССР, основанному на результатах названной экспедиции, Совет Министров СССР вынес специальное решение (№ 3816-р от 21/VI-56 г.) о проведении на Южной Камчатке на участке Паужетских термальных источников глубокого бурения и геотермических исследований с целью строительства первой в СССР опытно-промышленной геотермической электростанции. На первом этапе работ было предусмотрено бурение двух 500-метровых скважин с производством всех необходимых геологических, гидрогеологических, химических и геотермических наблюдений. Проведение буровых работ возложено Советом Министров СССР на Министерство нефтяной промышленности СССР, а выполнение всех исследовательских работ и общее методическое руководство работами – на Академию наук СССР. В этом же году выездная комиссия Президиума Академии наук СССР посетила Камчатку с задачей «...определения необходимых мероприятий по организации специальных физических и геохимических исследований, связанных с проявлением тепловой энергии Земли». Комиссию возглавил академик М.А. Лаврентьев. В ее состав входили академики И.Е. Тамм, А.А. Дородницын, А.Н. Тихонов, известные вулканологи и гидрогеологи Б.И. Пийп, Ф.А. Макаренко, В.И. Влодавец, В.В. Иванов, Н.И. Хитаров, А.С. Нехорошев, инженер А.А. Гавронский. Комиссия выбрала точку заложения первой 500-метровой скважины на площадке Паужетских термальных источников и утвердила программу работ создаваемой здесь контрольно-наблюдательной станции Лаборатории вулканологии.

В 1957 г. была создана Паужетская контрольно-наблюдательная геотермическая станция (позднее – Паужетская геотермальная экспедиция) Лаборатории вулканологии Академии наук для выполнения комплекса геолого-гидрогеологических исследований при бурении. Все работы этого периода возглавлял Б.И. Пийп, гидрогеологические исследования – В.В. Аверьев (1957–1960 гг.) и В.М. Сугробов (1960–1965 гг.). В этом же году была организована Паужетская геологоразведочная партия Мингео РСФСР для подготовки и бурения скважины и впоследствии всего разведочного бурения (руководители работ – Н.А. Антипов, Ю.В. Кожин, В.М. Дудченко, геолог – Л.Ф. Тыщенко, гидрогеологи – Ю.А. Краевой, Е.Л. Краевая). Таким образом, 1957 г. можно считать фактически началом всего комплекса работ по подготовке и строительству Паужетской геотермальной электростанции. В 1958–1959 гг. была пробурена и опробована первая в нашей стране пароводяная скважина. На глубине уже 120–300 м она вскрыла подземные воды с температурой до 200 °С. На поверхности (на устье скважины) высокотемпературная вода, вскипая при понижении давления, превращается в пароводяную смесь и пар. Для определения основных гидрогеологических параметров такой скважины (дебита, удельного дебита, теплосодержания, химического и газового состава воды) В.В. Аверьевым была разработана и применена специальная методика опробования.



Рис. 1. Паужетское геотермальное месторождение.
Пробные выпуски пара из разведочных скважин.
Фото из архива В.М. Сугробова

В 1959–1963 гг. проводилась разведка месторождения. Пробурены и опробованы 21 разведочные скважины с суммарной производительностью 195 кг/с пароводяной смеси и средним теплосодержанием 169 ккал/кг. И по завершении этого этапа, в 1962–1963 гг., проведены годовые опытно-эксплуатационные выпуски из 10 наиболее производительных скважин: на основании этих данных выполнен подсчет и затем утверждены эксплуатационные запасы, обосновывающие строительство геотермальной электростанции мощностью 5 МВт (В.В. Аверьев, Ю.А. Краевой, В.М. Сугробов).

19 апреля 1963 г. вышло постановление Совета Министров СССР по использованию геотермальных ресурсов в стране с указанием строительства в 1963–1965 гг. Паужетской опытно-промышленной геотермической станции в Камчатской области. В 1964–1965 гг. выполнена оценка выноса тепла на термальных полях Камбального хребта и прогнозная оценка геотермальных ресурсов Паужетской гидротермальной системы, составившая 30 МВт в расчете на электрическую мощность (В.М. Сугробов). С целью обобщения итогов этих исследований и практических изысканий в 1965 г. была опубликована книга «Паужетские горячие воды на Камчатке» под редакцией Б.И. Пийпа. В ней приведены данные о геологическом и гидрогеологическом строении Паужетского геотермального месторождения, суммированы материалы по бурению скважин, предложена модель теплового питания гидротермальной системы [4]. Книга и сегодня является настольной для геологов, гидрогеологов, геохимиков, инженеров, работающих в области геотермии и изучения современных гидротермальных систем.

В 1966 г. произведен пробный пуск геотермальной станции, а в 1967 г. введена в эксплуатацию первая в нашей стране Паужетская ГеоТЭС с установленной мощностью 5 МВт (2 блока по 2,5 МВт) (рис. 1). Главным инженером проекта был Б.М. Выморков, первыми руководителями станции – Е.Б. Бамштейн, Б.М. Выморков и О.С. Найманов.

О роли В.В. Аверьева, его учеников и соратников в геотермических исследованиях на Камчатке

В период 1957–1963 гг. силами Паужетской контрольно-наблюдательной станции Лаборатории вулканологии АН СССР (с 1962 г. – Института вулканологии СО АН СССР) под практическим и идейным руководством В.В. Аверьева были изучены геолого-структурные особенности и термический режим Паужетского геотермального месторождения, успешно проведено опробование скважин поисково-разведочного бурения, выполнен большой объем гидрогеологических исследований, подсчитаны и утверждены эксплуатационные запасы (В.В. Аверьев, В.И. Белоусов, В.М. Сугробов). При этом, под руководством В.В. Аверьева и его учеников непосредственно на Паужетке была изготовлена недостающая аппаратура для опробования скважин (система оголовков, лубрикаторов, сепарационных установок, расходомеров, калориметров, пробоотборников и др. (рис. 2) и освоены многие новые технологии и методы оценки физико-химических параметров месторождения, которые вошли в практику гидрогеологических, гидрохимических и геотермических исследований, и впоследствии широко использовались при разведке других месторождений горячих вод на Камчатке и Курилах.

Можно смело сказать, что освоение Паужетского месторождения стало школой для российских специалистов, работающих в области использования глубинного тепла Земли в эти и последующие годы [5, 6]. В 1962–1966 гг. по инициативе В.В. Аверьева, под его руководством и личном участии проводились экспедиционные обследования наиболее крупных высокотемпературных гидротермальных систем Камчатки, еще не изученных подобно Паужетке с помощью разведочного бурения. Акцент в этих исследованиях при характеристике геологических и гидрогеологических условий проявления гидротермальной деятельности сделан на количественную оценку выноса тепла (тепловую мощность). В.В. Аверьев разработал простейший метод измерения теплоотдачи с поверхности нагретого и парящего



Рис. 2. Первые сепараторы конструкции В.Г. Ренне.
Фото из архива В.М. Сугробова

грунта. Вначале, в 1962 г., эти работы были выполнены в Долине Гейзеров. Затем такой же подход к исследованию Северо-Мутновской и Большебанной термоаномалий применили сотрудники Геологического института АН СССР Е.А. Вакин, Б.Г. Поляк и В.И. Кононов (1962–1964 гг.), а к термальным полям Камбального хребта – В.М. Сугробов (1964–1965 гг.). Такие же работы были выполнены Е.А. Вакиным на термальных полях Кошелевского вулканического массива (1966–1967 гг.), В.В. Аверьевым и Е.А. Вакиным в районе Большого Семячика (1966 г.), Г.Ф. Пилипенко на Узоне (1966–1967 гг.) [5].

Данные о выносе тепла на термальных полях и гидротермальных системах и привлечение материалов гидрогеологов Камчатского геологического управления по Паратунскому и Большебанному месторождениям термальных вод позволили В.В. Аверьеву подойти к оценке геотермальных ресурсов выделенных им трех крупнейших геотермальных районов Камчатки – Паужетского, Мутновского и Семячинского. Он первый высказал мнение, что геотермальные ресурсы Камчатки могут стать реальной базой для строительства крупных геотермальных электростанций суммарной мощностью свыше 300 МВт. В 1966 г. в специальной записке «Соображения о создании геотермальной энергобазы на Камчатке», переданной руководству Камчатской области, В.В. Аверьев рекомендует использовать геотермальные ресурсы в качестве основного источника энергоснабжения Камчатки. В одном



Рис. 3. Мутновское геотермальное месторождение и одноименная ГеоТЭС. Фото С.Н. Рычагова

из своих последних научных докладов Валерий Викторович выступил с предложением о глубоком бурении на современных гидротермальных системах и в зоне влияния магматических очагов под вулканами. Эти представления в настоящее время успешно развиваются его учениками. Таким образом, В.В. Аверьевым было введено в науку новое направление исследований, в основе которого лежит представление о том, что вулканизм, как проявление магматического вещества на поверхности земли, и гидротермальный процесс, выражающийся в выходах горячих источников и гейзеров, являются производными единого процесса – флюидизации земных недр.

В связи с поставленной В.В. Аверьевым проблемой теплоснабжения городов Петропавловска-Камчатского и Елизово были усилены работы по разведке и освоению крупнейшего на Камчатке Паратунского месторождения термальных вод, начаты поисковые работы на Большебанном месторождении, построена Паужетская геотермальная электростанция мощностью 11 МВт, разведано Мутновское месторождение парогидротерм, ресурсы которого обеспечивают работу двух геотермальных станций (Верхне-Мутновской и Мутновской) общей электрической мощностью 62 МВт (рис. 3). В.В. Аверьев создал теорию теплового питания гидротермальных систем, высказал новые представления о природе кислого вулканизма [7, 8] и разработал прогрессивные методы

оценки энергетических ресурсов месторождений подземного тепла [9, 10]. В достижениях геотермальной энергетики Камчатки научный и практический вклад работ В.В. Аверьева еще не полностью оценен. Он мечтал о том, чтобы неисчерпаемые ресурсы глубинного тепла стали прочной базой экономического процветания Камчатки. Имя В.В. Аверьева предполагалось присвоить первенцу российской геотермальной энергетики – Паужетской геотермальной электростанции. Отмечая в 2016 г. 50-летие начала ее работы, хочется надеяться на то, что потомки не забудут творца теории теплового питания гидротермальных систем в областях современного вулканизма.

Заключение

Подготовка к эксплуатации Паужетского геотермального месторождения в 1955–1960-х годах и строительство первой в СССР Паужетской опытно-промышленной геотермальной станции электрической мощностью 5 МВт на начальном этапе ее работы и 11 МВт – в последующем, стало событием всесоюзного и мирового масштаба. Комплексные научные исследования и пионерские разработки в области технологии добычи и использования пароводяного теплоносителя на Паужетке послужили основой для оценки геотермальных ресурсов Курило-Камчатского региона, развития системы теплоснабжения населенных пунктов – Паратунка, Термальный, Эссо и других в Южной и Центральной Камчатке; строительства Верхне-Мутновской и Мутновской ГеоТЭС общей установленной электрической мощностью 62 МВт. Это, безусловно, крайне неудовлетворительные цифры для Камчатки и России, в сравнение с многими другими странами (США, Индонезия, Италия, Филиппины, Новая Зеландия и др.), где потребление геотермальной энергии неуклонно растет и составляет сотни и тысячи мегаватт электрической мощности [11–14]. Но перспективы использования геотермальной тепловой и электрической энергии на Камчатке огромны, что видно из таблицы в работе [15], составленной В.М. Сугробовым с коллегами на основе обобщения всех научных

и научно-технических исследований. Таким образом, Камчатка может обеспечить все свои потребности в энергии за счет собственных ресурсов – геотермального тепла. Это неизбежно и произойдет в будущем, вероятно, не столь отдаленном.

Автор выражает глубокую признательность корифею геотермии канд. геол.-мин. наук, лауреату Государственной премии в области развития геотермии на Камчатке В.М. Сугробову за предоставление материалов и их обсуждение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-05-00007а).

Список литературы

1. Сугробов В.М., Карпов Г.А., Рычагов С.Н. 50 лет со дня пуска Паужетской геотермальной электрической станции // *Вулканизм и связанные с ним процессы*. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. С. 443–448.
2. Крашенинников С.П. *Описание земли Камчатки*. СПб., 1755. Т. 1. 438 с.
3. Пийп Б.И. Термальные ключи Камчатки // *Труды СОПС АН СССР*. 1937. Вып. 2.
4. *Паужетские горячие воды на Камчатке* / Ред. Б.И. Пийп. М.: Наука, 1965. 208 с.
5. *Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки* / Ред. В.М. Сугробов. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. 284 с.
6. С.Н. Рычагов, Н.С. Жатнуев, А.Д. Коробов и др. *Структура гидротермальной системы*. М.: Наука, 1993. 298 с.
7. Аверьев В.В. Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью // *Современный вулканизм*. М.: Наука, 1966. С. 118–128.
8. Аверьев В.В. О соотношении между гидротермальной и магматической деятельностью // *Проблемы вулканизма: Материалы ко 2-му Всесоюзному вулканологическому совещанию*. Петропавловск-Камчатский, 1964. С. 251–253.
9. Аверьев В.В. Особенности динамики пароводяных скважин // *Труды Лаборатории вулканологии*. 1960. Вып. 18. С. 113–122.
10. Аверьев В.В. Условия разгрузки Паужетских гидротерм на юге Камчатки // *Труды Лаборатории вулканологии*. 1961. Вып. 19. С. 80–98.
11. Lund J.W., Boyd T. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide. Materials of the World Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.
12. Bertani R. Geothermal Power Generation in the World – 2010–2015 Update Report. Materials of the World

Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

13. Boyd T., Sifford A., Lund J.W. The United States of America Country Update 2015. Materials of the World Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

14. Ragnarsson Brni. Geothermal Development in Iceland 2010–2014. Materials of the World Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

15. Сугробов В.М., Кононов В.И., Постников А.И. Прогнозные геотермальные ресурсы областей современного вулканизма Камчатки и Курильских островов: научные и прикладные аспекты // *Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма*. Петропавловск-Камчатский: ОТГИСК, 2005. С. 9–24.

References

1. Sugrobov V.M., Karpov G.A., Rychagov S.N. 50 let so dnya puskа Pauzhetskoy geotermalnoy elektricheskoy stantsii [50 years since the start Pauzhetskaya geothermal power plant] *Vulkanizm i svyazannye s nim protsessy* [Volcanism and related processes]. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS, 2016. Pp. 443–448.
2. Krashennnikov S.P. *Opisanie zemli Kamchatki* [Description of the Land of Kamchatka]. Sankt-Peterburg, 1755. Vol. 1. 438 p.
3. Piyp B.I. *Termalnye klyuchi Kamchatki* [Thermal keys Kamchatka]. M.: SOPS AN SSSR [Moscow: Proceedings of the SOPS AN SSSR]. 1937. Vol. 2.
4. *Pauzhetskie goryachie vody na Kamchatke* [Pauzhetskaya hot water in Kamchatka]. Red. B.I. Piyp. M.: Nauka [Moscow: Publishinghouse «Science»]. 1965. 208 p.
5. *Gidrotermalnye sistemy i termalnye polya Kamchatki* [Hydrothermal systems and thermal fields in Kamchatka]. Red. V.M. Sugrobov. Vladivostok: Publishing House of the USSR Academy of Sciences FED RAS. 1976. 284 p.
6. S.N. Rychagov, N.S. Zhatnuev, A.D. Korobov and others. *Struktura gidrotermalnoy sistemy* [The structure of the hydrothermal system]. M.: Nauka [Moscow: Publishinghouse «Science»]. 1993. 298 p.
7. Averev V.V. *Gidrotermalnyy protsess v vulkanicheskikh oblastiakh i ego svyaz s magmaticheskoy deyatelnostyu* [Hydrothermal process in volcanic regions and its relationship with magmatic activity]. *Sovremenny vulkanizm* [Modern volcanism]. M.: Nauka [Moscow: Publishinghouse «Science»]. 1966. Pp. 118–128.
8. Averev V.V. O sootnoshenii mezhdru gidrotermalnoy i magmaticheskoy deyatelnostyu [On the relation between hydrothermal and magmatic activity]. *Problemy vulkanizma: Materialy ko 2-mu Vsesoyuznomu vulkanologicheskomu soveshchaniyu* [Problems of volcanism: Materials for the 2nd All-Union Volcanological Meeting]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1964. Pp. 251–253.
9. Averev V.V. Osobennosti dinamiki parovodyanykh skvazhin [Features of the dynamics of steam wells]. *Trudy Laboratorii vulkanologii* [Works Laboratory of Volcanology]. 1960. Vol. 18. Pp. 113–122.

10. Averev V.V. Usloviya razgruzki Pauzhetskikh gidroterm na yuge Kamchatki [Terms Pauzhetskaya discharge fluid in the south of Kamchatka]. *Trudy Laboratorii vulkanologii* [Works Laboratory of Volcanology]. 1961. Vol. 19. Pp. 80–98.

11. Lund J.W., Boyd T. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide. Materials of the World Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

12. Bertani R. Geothermal Power Generation in the World – 2010–2015 Update Report. Materials of the World Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

13. Boyd T., Sifford A., Lund J.W. The United States of America Country Update 2015. Materials of the World

Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

14. Ragnarsson Brni. Geothermal Development in Iceland 2010–2014. Materials of the World Geothermal Congress 2015. Australia – New Zealand, 20–25 April 2015.

15. Sugrobov V.M., Kononov V.I., Postnikov A.I. Prognoznye geotermalnye resursy oblastey sovremennogo vulkanizma Kamchatki i Kurilskikh ostrovov: nauchnye i prikladnye aspekty [Prognostic geothermal resources of modern volcanism areas of Kamchatka and the Kuril Islands: scientific and practical aspects]. *Geotermalnye i mineralnye resursy oblastey sovremennogo vulkanizma* [Geothermal and mineral resources of modern volcanism areas]. Petropavlovsk-Kamchatskiy: OTTISK, 2005. Pp. 9–24.



Информация об авторе

Рычагов Сергей Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геотермии

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

683006, Петропавловск-Камчатский, Российская Федерация, бульвар Пийпа, 9

E-mail: rychn@kscnet.ru

Information about author

Rychagov Sergei Nikolaevich, Doctor of Geological-Mineralogical Sciences, Head of Geothermal Laboratory

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS

683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation, Piip Boulevard, 9

E-mail: rychn@kscnet.ru