

## **Электропроводность зон разгрузки парогидротерм Паужетского и Нижне-Кошелёвского геотермальных месторождений (Южная Камчатка)**

**С.О. Феофилактов**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
e-mail: serg415@kscnet.ru*

Проведены электроразведочные работы методом ВЭЗ и ЕП в период с 2012 по 2016 гг. на двух геотермальных месторождениях Южной Камчатки. Определена электропроводность пород в районе крупных термальных полей (зон разгрузки парогидротерм) месторождений. Наименьшие сопротивления пород на Паужетском месторождении наблюдаются под Верхним и Восточным полями. На Нижне-Кошелёвском месторождении выявлена связь между основной термоаномалией и Новым термальным полем.

### **Введение**

Паужетско-Камбально-Кошелёвский геотермальный (рудный) район Южной Камчатки обладает высоким энергетическим потенциалом. Здесь расположены крупные гидротермальные системы, разведанное (Нижне-Кошелёвское) и эксплуатируемое (Паужетское) геотермальные месторождения. Паужетская ГеоТЭС, начиная с 1966 г., обеспечивает электроснабжение нескольких поселков и рыбопромышленные предприятия Усть-Большерецкого района Камчатского края. В последние годы ощущается нехватка электрических мощностей ГеоТЭС вследствие снижения параметров эксплуатационных участков и отдельных скважин. Это напрямую связано с недостаточной изученностью строения Паужетской гидротермальной системы и, соответственно, месторождения. Остались открытыми принципиальные вопросы: о типе и местоположении источника (источников ?) тепла, не ясно – существуют ли в недрах системы подводящие каналы для паро-газового флюида, не изучено строение зон разгрузки парогидротерм даже в районе основных термальных полей. Еще больше вопросов – к строению зон разгрузки парогидротерм Кошелёвской газо-гидротермальной системы и ее основных термоаномалий. По опыту наших работ изучение зон разгрузки парогидротерм комплексом методов дает возможность получать данные и о глубинной структуре гидротермальных систем [6]. В настоящем докладе автор обобщает материалы собственных геоэлектрических исследований с целью получения новых данных о геологическом строении зон разгрузки парогидротерм на Паужетском и Нижне-Кошелёвском геотермальных месторождениях.

### **Аппаратура и методика**

Комплект электроразведочной аппаратуры включал в себя: измеритель МЭРИ-24 (ООО «Северо-Запад») [3], электроразведочный генератор ВП-1000 (ООО «Элгео») [1], инверторный бензогенератор Yamaha EF2000iS [8], комплект штыревых и неполяризующихся электродов. Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) проводились симметричной расстановкой Шлюмберже [7]. Интерпретация полученных данных проводилась в программном пакете IPI2WIN (кафедра геофизики МГУ, А.А. Бобачев, И.Н. Модин, В.А. Шевнин). Работы методом естественного поля (ЕП) проводились по методике потенциала, а полученные данные обрабатывались в программном пакете Excel, построения – в Surfer.

### **Паужетское геотермальное месторождение**

На месторождении с 2012 по 2016 гг. сотрудниками ИВиС ДВО РАН проведен большой объем комплексных геофизических исследований (электроразведка, магниторазведка, гравиразведка, микросейсмические зондирования). В 2012 г. электроразведочные работы методом ВЭЗ выполнены по профилю протяженностью 3 км с шагом съемки 100 м [2]. Выделен проводящий горизонт, имеющий три чашеобразные области, предположительно, связанные с тектоническим строением Паужетского геотермального месторождения.

На Восточно-Паужетском поле в 2015 г. проведены ВЭЗ и гравиметрические наблюдения по одному профилю с шагом 20 м, а так же площадная магнитная и ЕП съемки [6]. По результатам этих работ удалось выделить субинтрузивное тело основного или среднего состава на глубине первые десятки метров. В 2016 г. работы были продолжены и выполнены зондирования по профилям, пересекающим основную разгрузку, в широтном и меридиональном направлениях с выходом за пределы термопроявления. Проводящий горизонт выходит к поверхности в центральной (наиболее активной) части поля и термопроявлениях в его окрестностях. К периферии поля этот горизонт погружается. В центральной части поля на глубине порядка 30 м наблюдается рост кажущегося сопротивления. Возможно, это связано с апикальной частью субинтрузивного тела. На полученных кривых ВЭЗ в марте 2015 г. и августе 2016 г. выделяется четкое расхождение значений кажущихся сопротивлений в верхней части разреза до глубины 2-3 м (АВ/2 до 10 м). Значения сопротивлений в весенний период завышены на 4-7 Ом\*м, на окраинных частях поля. В центральной части такой тенденции нет. Вероятно, это связано с просачиванием метеорной воды.

На Верхне-Паужетском поле в 2014 г. проведены зондирования по меридиональному профилю с шагом 50 м. Проводящий горизонт выходит к поверхности в месте выхода термальных растворов. Он погружается к периферии поля: полого в северной части и резко - в южной.

В 2016 г. проведены зондирования по меридиональному профилю, пересекающему три термальных поля: Южное (ЮП), Верхнее (ВхП) и Нижнее (НП) (рисунок а). Шаг между измерениями составил 40 м, общая длина профиля 600 м. Термальные поля связаны одним проводящим горизонтом с сопротивлением от 2 до 20 Ом\*м. Он погружается на глубину до 15 м (АВ/2 = 40 м) и имеет узкие границы под термопроявлениями.

### **Нижне-Кошелёвское геотермальное месторождение**

В 2013 г. на месторождении проведены ВЭЗ по двум взаимно перпендикулярным профилям. Интервал между точками составил 100 м, в местах выхода парогидротерм 50 м и менее [2]. Профиля пересекают основную термоаномалию и новообразованное Нижне-Кошелёвское Новое термальное поле (НКН) [4]. В 2014 г. меридиональный профиль был частично повторен в районе НКН и продлен в южном направлении, заканчиваясь на левом борту руч. Прямого (рисунок б). По геоэлектрическим данным верхняя часть разреза характеризуется породами с высокими кажущимися сопротивлениями 300 – 4000 Ом\*м. Она согласуется с положением лаво-экструзивного комплекса андезидацитов, который служит верхним водоупором для месторождения. Ниже выделяется проводящая толща пород с сопротивлением от 30 до 1 Ом\*м и менее. Эта область поднимается к поверхности в местах выхода естественных разгрузок и характеризует зону аргиллизации и смешения термальных вод с метеорными. Проницаемая зона погружается на глубину в южном направлении. На основании полученных данных предполагается связь основной термоаномалии (НК) и Нижне-Кошелёвского Нового (НКН) термального поля.

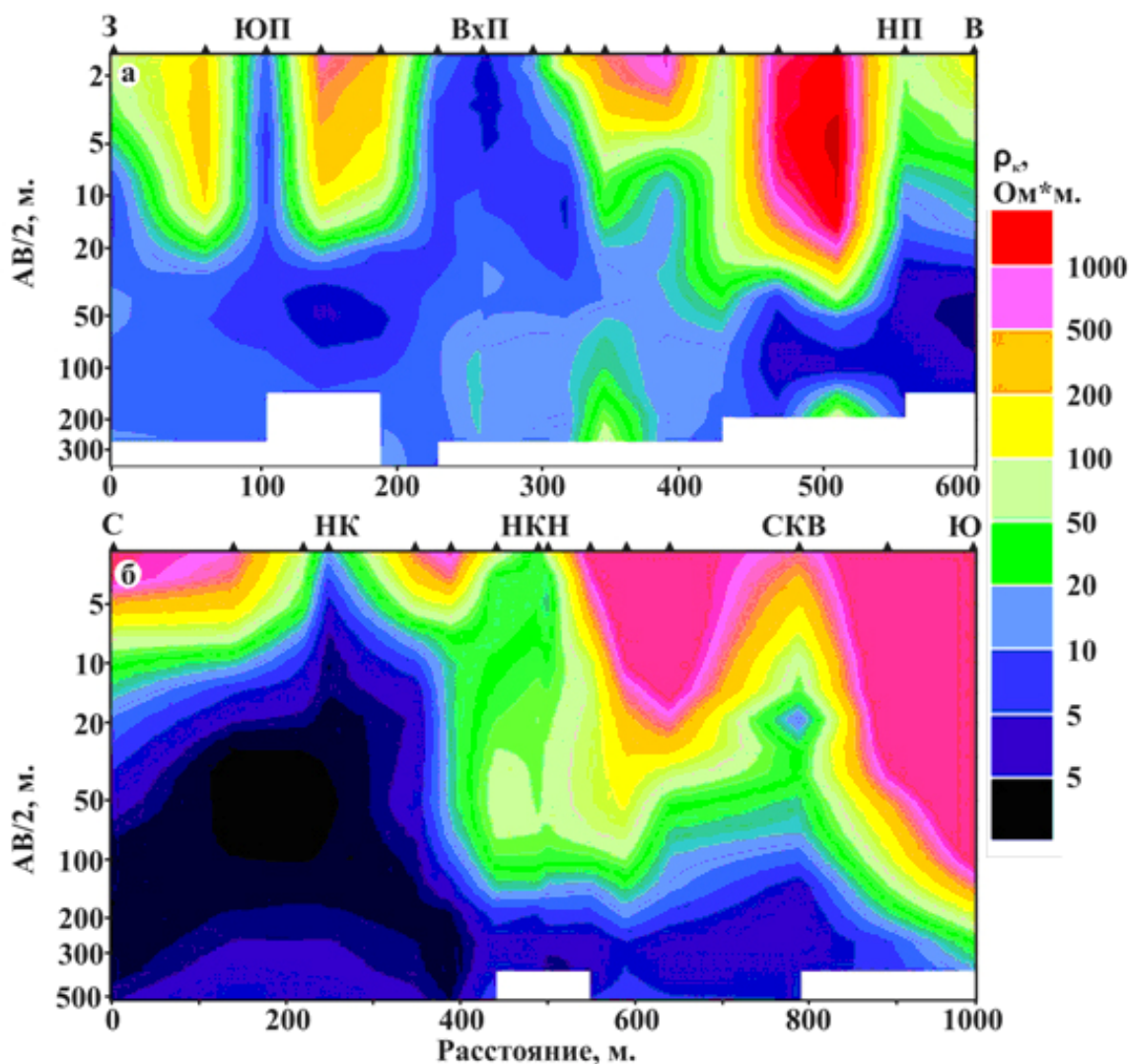


Рисунок. Псевдоэлектрические разрезы для Паужетского (а) и Нижне-Кошелевского (б) геотермальных месторождений без учета рельефа местности.

### Обсуждение результатов

Определена электропроводность пород в районе крупных термальных полей (зон разгрузки парогидротерм) Паужетского и Нижне-Кошелевского геотермальных месторождений Южной Камчатки.

Для Паужетского геотермального месторождения выделяется один (общий) проводящий горизонт. По профилю, пересекающему все основные геологические структуры месторождения [5], определены три чашеобразные области, предположительно связанные с тектоническими (тектоно-магматическими) блоками пород. В целом, проводящий горизонт подходит к поверхности в местах выхода термальных растворов и погружается к периферии термальных полей.

Сложность в интерпретации данных электроразведки заключается в том, что электропроводность пород напрямую зависит от их коллекторских свойств. Разные породы по литологическому составу, обладающие одинаковой степенью трещиноватости (проницаемости) имеют схожие удельные электрические сопротивления, которые в свою очередь зависят от свойств проникающего в них флюида. Так, хорошо видны различия по электропроводности термальных полей

Паужетского геотермального месторождения. Низкие сопротивления в приповерхностной части (2 Ом\*м) отмечены под Верхне- и Восточно- Паужетскими полями – они являются наиболее активным на месторождении. Остальные термальные площадки и термопроявления месторождения характеризуются более высокими сопротивлениями пород (от 5 до 30 Ом\*м). В период интенсивного снеготаяния электропроводность пород в приповерхностной толще (2-3 м) существенно снижается за счет поступления метеорной воды.

Зоны разгрузки парогидротерм Нижне-Кошелевского геотермального месторождения характеризуются одним проводящим (водонасыщенным) горизонтом, который подходит к поверхности в местах выхода термальных источников. Минимальные значения сопротивлений отмечены под основной разгрузкой парогидротерм на геотермальном месторождении (до 1 Ом\*м). Нижне-Кошелевское Новое термальное поле и термальная площадка на левом борту ручья Прямого (СКВ) не характеризуются настолько малыми значениями удельных сопротивлений, здесь они достигают 10-50 Ом\*м (см. рис. 1 б). Выделена связь НКН с основной термоаномалией.

Автор выражает благодарность всем сотрудникам Южнокамчатско-Курильской экспедиции за содействие в выполнении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-05-00007) и Дальневосточного отделения РАН (проект 15-И-2-065).

#### Список литературы

1. Генератор ВП-1000. Руководство по эксплуатации. // С.-Петербург 2010 г, 8 с.
2. Денисов Д.К., Нуждаев И.А., Феофилактов С.О. Изучение геологического строения Паужетского и Нижне-Кошелевского геотермальных месторождений методом ВЭЗ (Южная Камчатка) // XI Региональная молодёжная научная конференция «Исследования в области наук о Земле». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 77-96.
3. Инструкция по эксплуатации измерителя «МЭРИ-24» // Москва, 2010 г, 24 с.
4. Нуждаев А.А., Чернов М.С., Феофилактов С.О., Нуждаев И.А. Нижне-Кошелевское Новое термальное поле: история появления и развитие // XI Региональная молодёжная научная конференция «Исследования в области наук о Земле». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. С. 111-124.
5. Структура гидротермальной системы. М.: Наука 1993. 240 с.
6. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю и др. Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2017 (в печати).
7. Хмелевской В.К. Основной курс электроразведки // Издательство Московского университета. 1970. Часть 1. 241 с.
8. Yamaha EF2000iS. Inverter Generator Manual. 126 p.