

УДК 553.078.2

## ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПАУЖЕТСКОГО И НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ВЭЗ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

*Денисов Д.К.<sup>1</sup>, Нуждаев И.А.<sup>2</sup>, Феофилактов С.О.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

*Научный руководитель: д.г.-м.н. С.Н Рычагов*

Представлены результаты электроразведочных работ на Паужетском и Нижне-Кошелевском геотермальных месторождениях. В 2012 году были проведены работы методом ВЭЗ по профилю, пересекающему выделенные ранее структуры Паужетского месторождения. Выполнены зондирования в 35 точках. В 2013 году проведены электроразведочные работы методом ВЭЗ на Нижне-Кошелевском геотермальном месторождении. Выполнены зондирования в 17 точках. По результатам этих работ получены предварительные данные по распределению кажущихся сопротивлений на глубину. Выделены зоны, проницаемые для гидротермальных растворов или парогазового теплоносителя.

*Ключевые слова: вулканический массив, пародоминирующее геотермальное месторождение, вододоминирующее геотермальное месторождение, вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), кажущееся удельное сопротивление, геоэлектрический разрез, проницаемые зоны.*

### ВВЕДЕНИЕ

Паужетско-Камбально-Кошелевский геотермальный (рудный) район расположен на юге Камчатки. Он включает Кошелевский вулканический массив и Камбальный вулканический хребет с приуроченными к ним крупными разгрузками парогидротерм, а также Паужетскую гидротермальную систему (рис. 1). К Кошелевскому вулканическому массиву приурочены две крупные разгрузки парогидротерм: Верхне- и Нижне-Кошелевская. На площади Паужетской системы также происходит естественная разгрузка тепла – на термальных полях Восточно-, Верхне-, Южно- и Нижне-Паужетском, а также на «теплых почвах» в долине р. Паужетка.

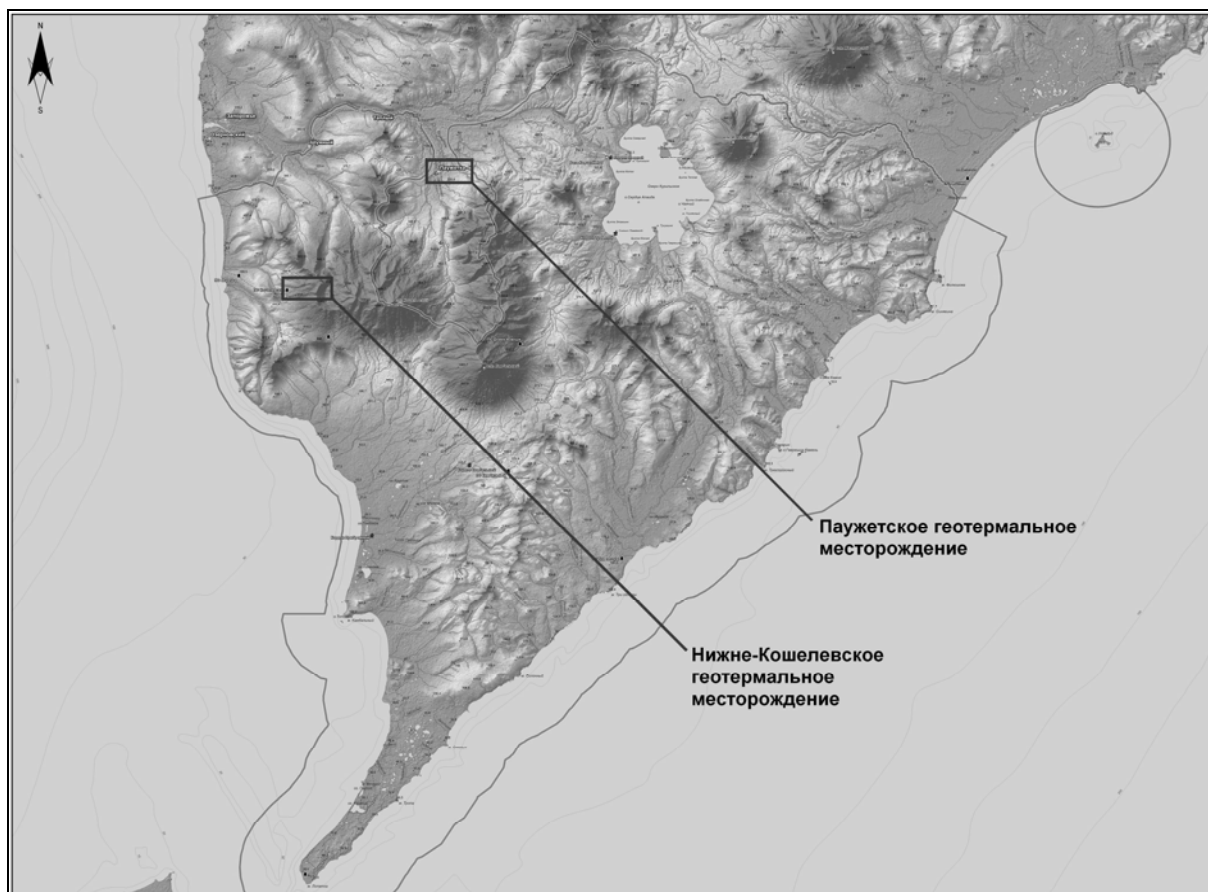


Рис. 1. Схема расположения объектов исследования.

Район работ интенсивно изучался в 1960-80-х гг. В последнее время здесь проводятся тематические исследования Южнокамчатско-Курильской экспедицией ИВиС ДВО РАН. В задачи экспедиции входит геологическое, геохимическое и гидрогеологическое опробование, изучение свойств гидротермальных глин и др. минеральных новообразований, слежение за изменением температурного и геохимического режимов термальных полей, изучение структуры термопроявлений геофизическими методами [15]. В последние годы на изучаемой территории были проведены гравиметрические, микросейсмические, магнитометрические и электроразведочные работы с использованием современной аппаратуры [1, 2, 3, 10] с целью уточнения строения геотермальных месторождений и термоаномалий в связи с тем, что полученные ранее данные, в т.ч. и геофизическими методами, не отвечают на вопросы о структуре подводящих каналов гидротерм, положении источников парогидротерм, и др. Настоящая работа посвящена

уточнению геологического строения Паужетского и Нижне-Кошелевского геотермальных месторождений методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Целью работы является выделение горизонтов горных пород, по которым происходит подъем и разгрузка (фильтрация) гидротермальных растворов и паро-газовой смеси в структуре геотермальных месторождений.

## ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ

### *Геологическая характеристика Нижне-Кошелевского геотермального месторождения.*

Месторождение находится на западном склоне Кошелевского вулканического массива, представленного несколькими полуразрушенными стратовулканами (Древний, Западный, Валентин, Центральный, Восточный), экструзивными куполами и субвулканическими телами [4, 13] (рис. 2). Развитие Кошелевского вулканического массива продолжалось от среднего плейстоцена по голоцен. К нему приурочены две крупные разгрузки парогидротерм: Верхне- и Нижне-Кошелевская термоаномалии (т/а), а также серия более мелких термопроявлений.

Нижне-Кошелевское пародоминирующее геотермальное месторождение приурочено к вулкану Западный. Пологий конус вулкана сложен лавами андезитов и андезидацитов, в основании залегают лавы и туфы более основного состава. По результатам бурения глубоких скважин на месторождении были оценены прогнозные ресурсы (до 94 МВт электрической мощности) и выделена зона перегретого пара, распространяющаяся на глубину более 1.5 км [13]. Вершина паровой зоны выходит на дневную поверхность, где происходит разгрузка парогидротерм (Нижне-Кошелевская т/а) (рис. 3).

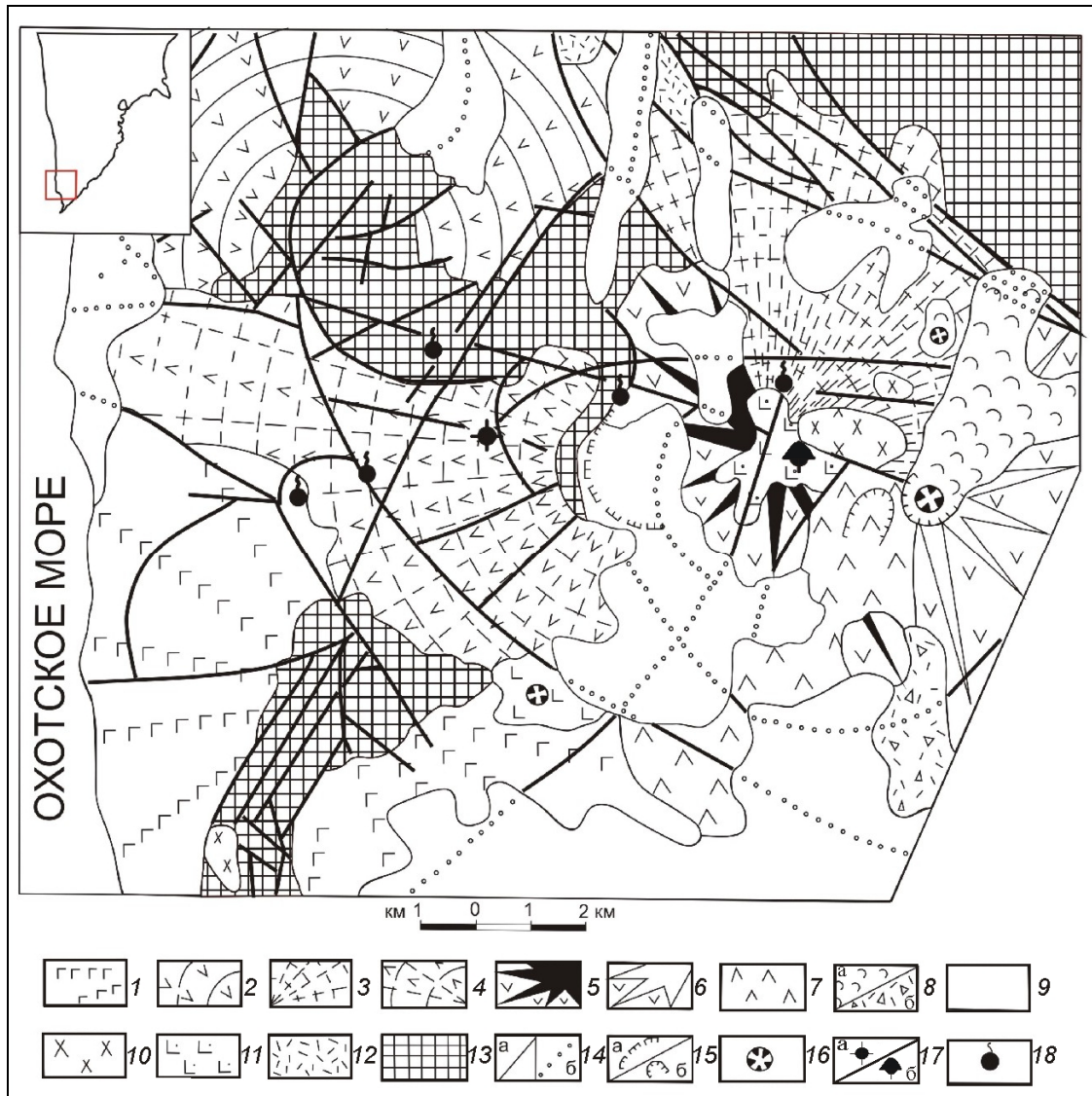


Рис. 2. Схематическая карта геологического строения и термопроявлений Кошелевского вулканического массива [4]. На врезке показан район работ: 1, 2 – эффузивные и пирокластические образования нижнечетвертичных вулканов: 1 – вулкан Дед и Баба ( $\alpha\beta QI$ ); 2 – вулкан Третья Речка ( $\alpha\beta QII$ ); 3-8 – эффузивные и пирокластические образования Кошелевского вулканического массива: 3 – вулкан Древний ( $\alpha QII$ ); 4 – вулкан Западный ( $\alpha QIII$ ); 5 – вулкан 1545 (Валентин) ( $\alpha Q2III$ ); 6 – вулкан Восточный ( $\beta QIII-IV$ ); 7 – вулкан Центральный ( $\alpha\beta QIII-IV$ ); 8 – образования Активного кратера: *a* – лавовые потоки ( $\beta QIV$ ), *b* – отложения направленного взрыва ( $QIV$ ); 9 – рыхлые отложения различного генезиса ( $QII-QIV$ ); 10 – экструзии голоценового возраста: *a* – дациандезитов и дацитов ( $\alpha\gamma QIV$ ), *b* – базальтов ( $\beta QIV$ ); 11 – субвулканические интрузии долеритов; 12 – субвулканические интрузии долеритов ( $\beta QIII-IV$ ); 13 – дочетвертичные эффузивы ( $\alpha N1-N2$ ); 14 – разрывные нарушения: *a* – прослеженные и расшифрованные по аэрофотоснимкам, *b* – под рыхлыми отложениями; 15 – *a* – кальдеры; *b* – эродированные кратеры и воронки взрывов; 16 – кратеры эффузивных и шлаковых конусов; 17 – *a* – Нижне-Кошелевская т/а; *b* – Верхне-Кошелевская т/а; 18 – термальные источники.

В основании изученного разреза залегает многофазное интрузивно-субвулканическое тело диоритов – диоритовых порфиритов, окруженное зоной мегабрекчий. Интрузивно-субвулканический комплекс перекрывается вулканогенно-осадочной толщей, вероятно, неогенового возраста. Считается, что лавы и экструзии среднего (до кислого) состава четвертичного возраста служат верхним водоупором для гидротермальной системы [14], см. рис. 3. Описание Нижне-Кошелевской т/а приводится в ряде работ [9, 10, 15, др.].

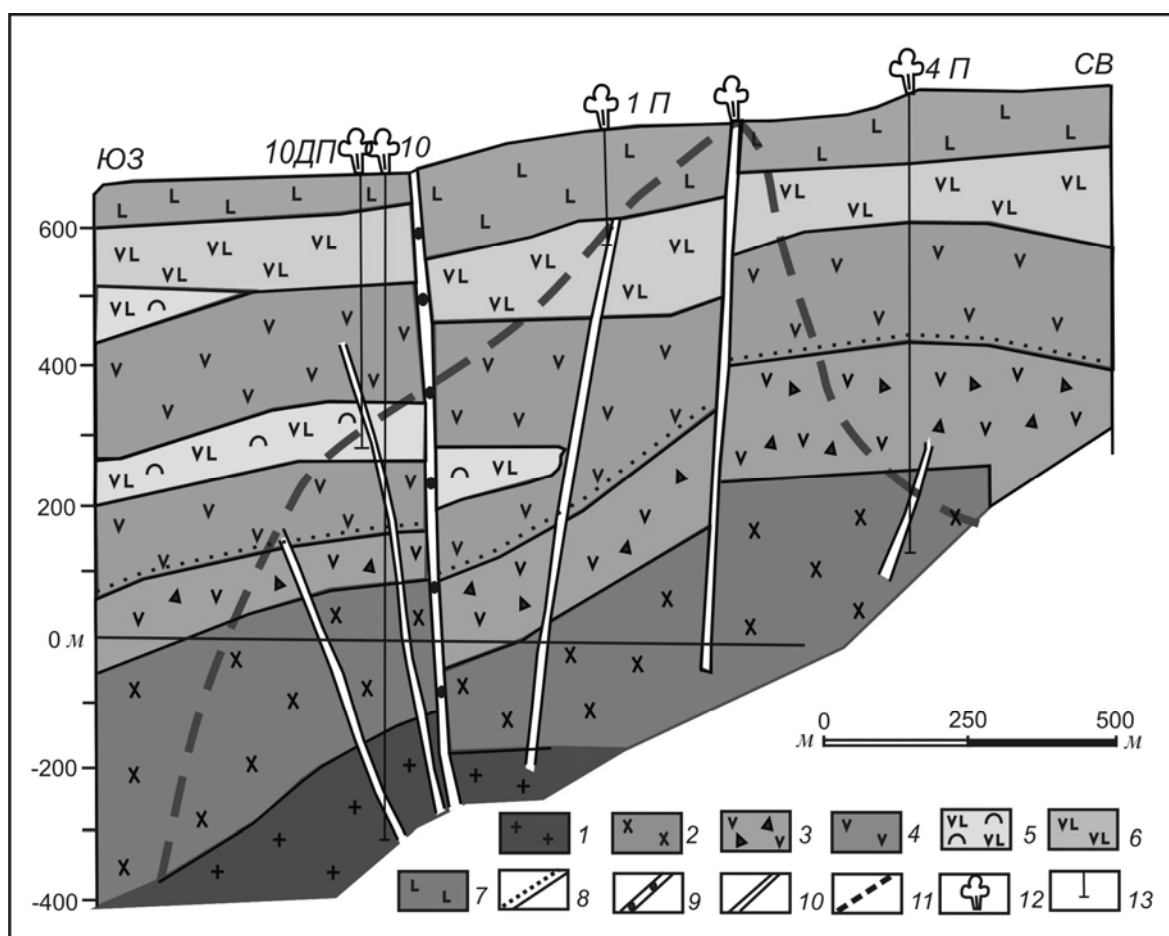


Рис. 3. Геологический разрез Нижне-Кошелевского геотермального месторождения (составлен М.В. Писаревой на основании поисково-разведочных работ и гидродинамических испытаний (1975-84 гг.): 1 – диориты; 2 – диоритовые порфириты; 3 – субинтрузивные ксенобрекчии; 4 – андезиты; 5 – туфы андезибазальтов; 6 – лавы андезибазальтов; 7 – лавы дациандезитов; 8 – граница интрузивно-субвулканического комплекса; 9 – древние разломы, залеченные вторичными минералами; 10 – открытые разломы и трещины; 11 – верхняя граница пара; 12 – разгрузка пара; 13 – скважина и ее номер.

### **Геологическая характеристика Паужетского геотермального месторождения.**

Паужетское геотермальное месторождение, в отличие от Нижне-Кошелевского, относится к вододоминирующему типу. Оно расположено в крупной кальдере [7] (рис. 4).

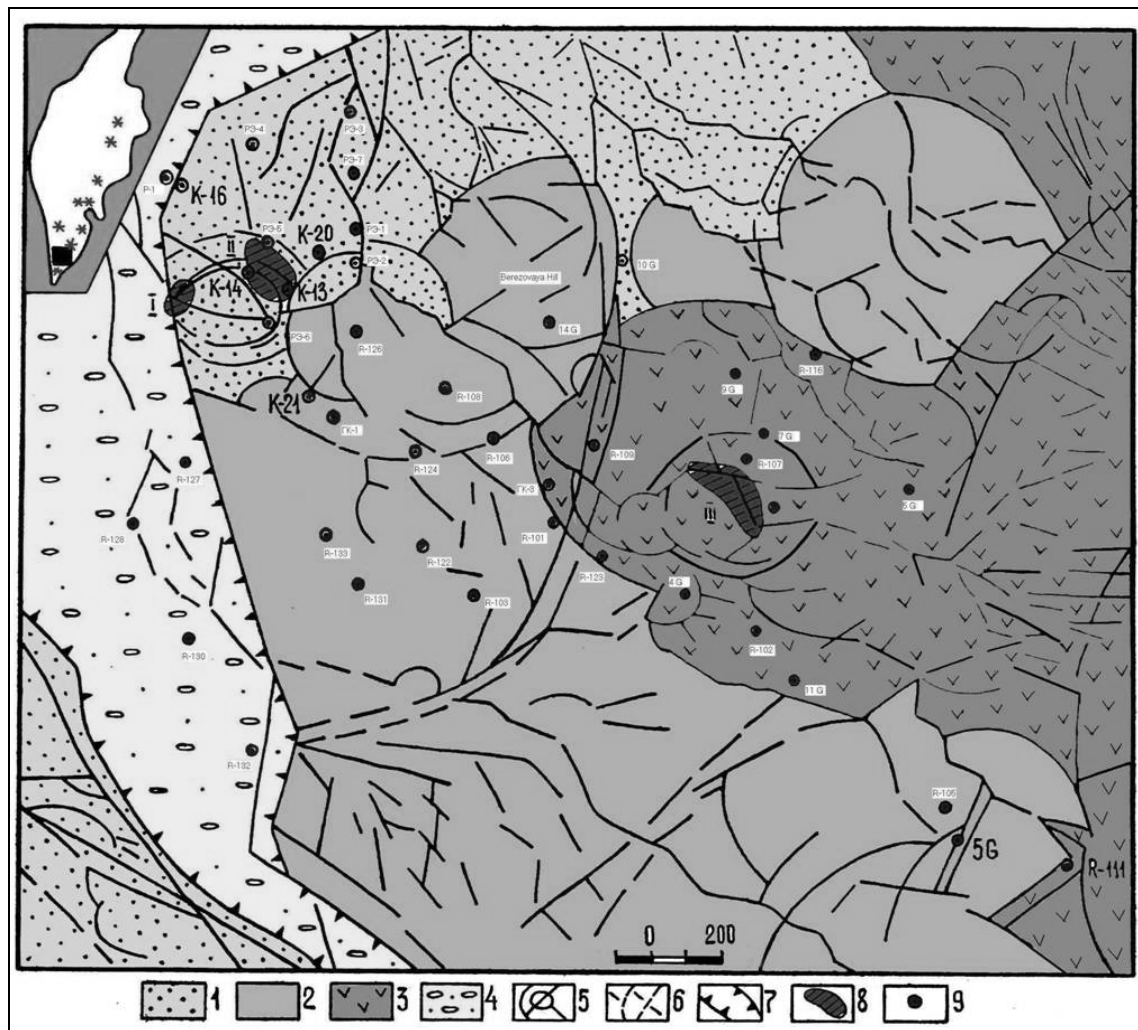


Рис. 4. Схема геологического строения Паужетского геотермального месторождения [17]. 1 – вулканогенно-осадочные породы Верхне-Паужетской подсветы; 2 – лавы андезидацитов Камбального хребта; 3 – лавы андезибазальтов Камбального хребта; 4 – современный Паужетский грабен; 5, 6 – кольцевые и линейные тектонические нарушения; 5 – отдешифрованные в рельефе и подтвержденные геолого-геофизическими, геохимическими и другими материалами, 6 – предполагаемые; 7 – границы Паужетского грабена; 8 – термальные поля; I – Южное, II – Верхнее, III – Восточное; 9 – скважины колонкового бурения и их номера.

В строении месторождения принимают участие осадочные, вулканические и вулканогенно-осадочные породы от основного до кислого

состава [17]. В строении верхней части разреза, представляющей повышенный интерес для наших исследований, принимают участие потоки лав андезидацитов и андезибазальтов, образованные на этапе формирования тектоно-магматического поднятия Камбального хребта, туфы и туффиты верхнепаужетской подсвиты и верхнечетвертичные отложения Паужетского грабена.

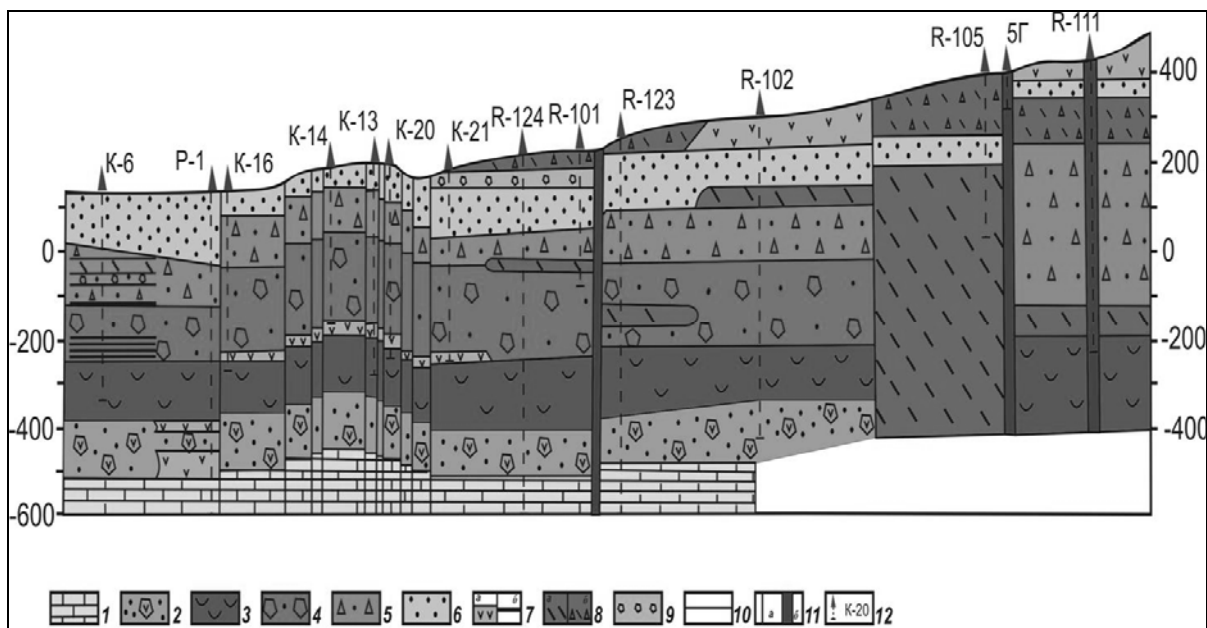


Рис. 5. Геологический разрез Паужетского геотермального месторождения и структура приподнятого блока в районе Верхнего термального поля [17].  
 1 — вулканомиктовые песчаники основания разреза, анавайская серия; 2 — агломератовые туфы (туфобрекчии) андезибазальтового состава, алнейская серия; 3 — риолитовые кристаллолитовитрокластические псефитовые туфы, голыгинская свита; 4 — грубообломочные литовитрокластические туфы андезитов, нижнепаужетская подсвита; 5 — псефитовые туфы андезидацитов, среднепаужетская подсвита; 6 — туфогенно-осадочные отложения кислого и среднего состава, верхнепаужетская подсвита; 7 — андезиты и андезибазальты Камбального хребта: а — крупные тела лав и субинтрузивных образований — микродиоритов, б — дайки; 8 — экструзии (а) и лавы (б) дацитов; 9 — лавобрекчии оснований потоков лав и краевых частей экструзивных тел; 10 — литологические и интрузивные границы; 11 — тектонические нарушения: а — разломы, б — зоны разломов; 12 — поисковые и разведочные скважины.

Термальные поля приурочены к приподнятым тектоническим (тектоно-магматическим ?) блокам, по которым происходит подъем к дневной поверхности высокотемпературных гидротерм и смешение термальных вод с инфильтрационными метеорными водами (рис. 5). Вероятно, такие структуры в недрах Паужетского месторождения контролируют геотер-

мальные процессы и, более того, с ними могут быть связаны источники тепла для Паужетской гидротермальной системы. Этот вопрос является принципиальным, поскольку традиционно считается, что источник тепла для этой системы является наведенным (находится в недрах Камбального хребта, по В.В. Аверьеву и др. [12], или в структуре Кошелевского вулканического массива, по В.А. Воронкову [5]). Продолжение геофизических исследований, начатых нами, вероятно, в будущем позволит ответить и на этот вопрос.

### ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНАЯ АППАРАТУРА

Для проведения электроразведочных работ применялась следующая аппаратура:

– *электроразведочный генератор ВП-1000 (ООО «Элгео»)*

Генератор предназначен для выработки в нагрузке разнополярных прямоугольных импульсов тока и может работать в двух режимах. В режиме РПИ-1 генератор вырабатывает разнополярные прямоугольные импульсы тока без пауз (режим переменного тока). В режиме РПИ-2 генератором вырабатываются разнополярные прямоугольные импульсы тока с паузами, длительность которых равна длительности импульсов. Генератор позволяет работать на частотах от 4.88 до 0.08 Гц. Допустимый диапазон напряжений на выходе – 50-800 В. Максимальная выходная мощность в импульсе тока 1000 Вт. Прибор оснащен ЖК-дисплеем, управление функциями осуществляется с помощью кнопочного интерфейса. Питание генератора осуществляется от внешнего источника переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Масса генератора -10 кг [6].

– *инверторный бензогенератор Yamaha EF2000iS*

Генератор обладает номинальной выходной мощностью переменного тока в 1600 Вт и максимальной выходной мощностью тока 2000 Вт. Имеет компактный размер и вес около 20 кг. На миниэлектростанции имеется



указатель уровня топлива, система предупреждения, которая предотвращает повреждение двигателя и обеспечивает работу. Автоматический выключатель предотвращает повреждение инверторного генератора при перегрузке [19].

– *многофункциональный электроразведочный измеритель МЭРИ-24* (ООО «Северо-Запад»).

Прибор позволяет проводить работы методом сопротивлений (КС), вызванной поляризации (ВП), частотного зондирования (ЧЗ), электрической томографии (ЭТ), естественных полей (ЕП). Измеритель состоит из двух основных узлов: усилителя постоянного тока с АЦП и формирователем сигнала калибровки, а также блока управления. Аппаратура снабжена графическим жидкокристаллическим индикатором и клавишным модулем управления. Питание осуществляется от блока аккумуляторных батарей с выходным напряжением 10.5-14.5 В. Прибор может работать в широком диапазоне частот от 0.15 до 680 Гц. Измеритель оснащен встроенной памятью данных на 16 Мбайт. Сброс данных осуществляется через USB-порт. Измеритель обладает компактным размером и весом около 3 кг [8].

– *штыревые электроды*

Для устройства заземлений в питающей линии (AB) были использованы стальные штыревые электроды. В приемной линии (MN) использовались штыревые латунные электроды.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Электрическое зондирование – это модификация метода сопротивления, позволяющая изучить вертикальный геоэлектрический разрез. Метод позволяет определять мощности и удельное сопротивление отдельных геоэлектрических горизонтов в слоистых разрезах с углами падения  $< 20^{\circ}$ .

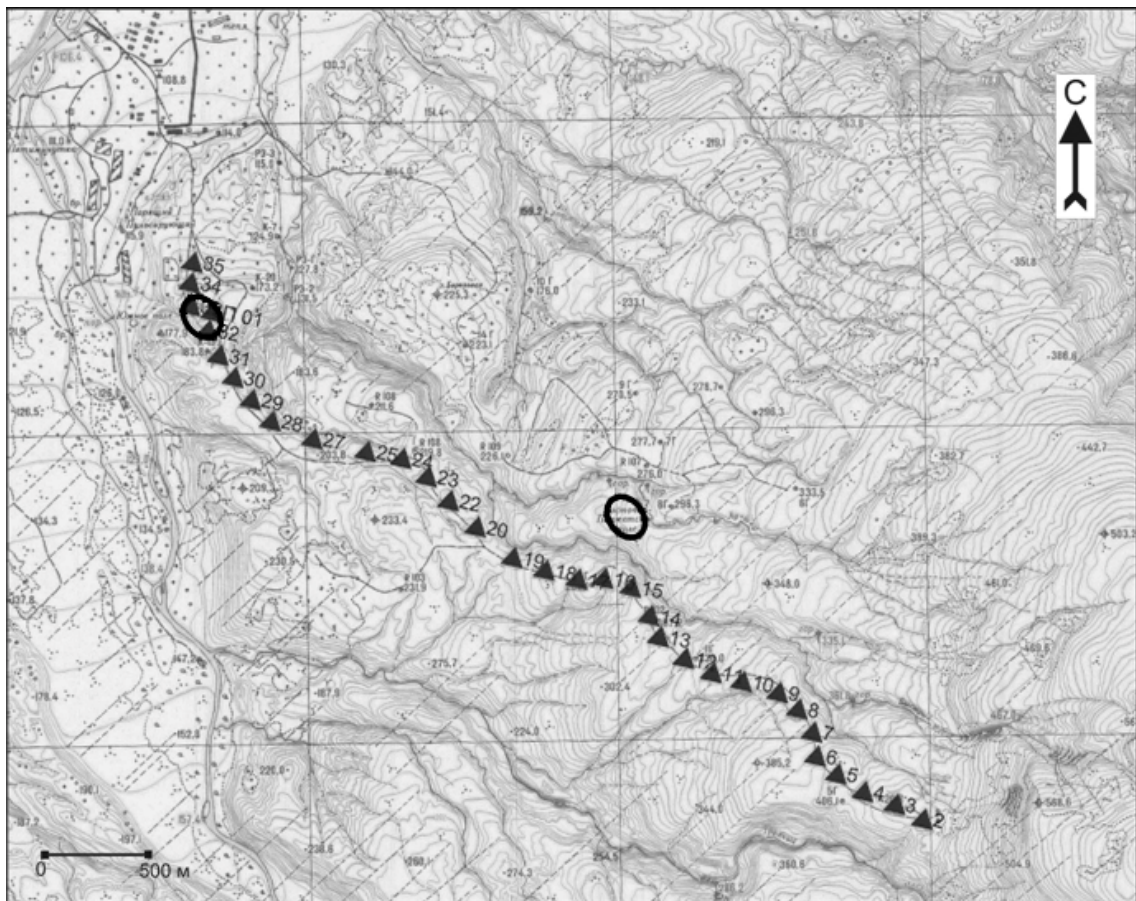
Электроразведочные работы проводились методом (ВЭЗ) с симметричной четырехэлектродной расстановкой Шлюмберже. Величина линии MN остается постоянной, а расстояния между питающими электродами

(АВ) (расстановка) постепенно увеличиваются в геометрической прогрессии. Отметки расстояний расстановки питающей линии предварительно маркируются на кабеле.

ВЭЗ выполняются следующим образом. У точки зондирования устанавливаются электроразведочный измеритель и генератор. На небольшом расстоянии друг от друга (первый разнос) устраиваются заземления приемной линии. Затем вдоль направления линии MN располагается первый разнос питающей линии. Далее подают ток в питающую линию и измеряют разность потенциалов в приемной линии, силу тока ( $I$ ) в АВ и рассчитывают кажущееся удельное сопротивление среды по формуле:  $\rho_k = k(\Delta U/I)$ , где  $k$  – геометрический коэффициент расстановки. Далее питающие электроды переносятся на следующий разнос и снова определяется  $\rho_k$ . При отношениях АВ/MN больше 20 разность потенциалов становится слишком малой и помимо увеличения силы питающего тока приходится увеличивать и длину разноса приемной линии. При этом MN всегда должно быть меньше 1/3 АВ. Разносы питающей линии составили от 5 до 1040 м, а приемной линии от 2 до 50 м. Это позволяет изучить геоэлектрические свойства пород на глубину до 300 м. Для получения перекрытий на кривых ВЭЗ замеры на двух линиях MN проводятся при двух разносах АВ. По окончании работ проводят контрольные измерения в 5 % объеме и определяют среднюю относительную погрешность съемки. Полученные значения сопротивлений строят в виде кривых на логарифмическом бланке [18]. Дальнейшая обработка производится в программе IPI2WIN (кафедра геофизики МГУ, А.А. Бобачев, И.Н. Модин, В.А. Шевнин). Принцип обработки полученных кривых сводится к подбору слоев и параметров сопротивления для них с максимальным совпадением теоретической кривой с практической. Коэффициент корреляции для кривых составил около 5 %. По результатам обработки данных строятся псевдоэлектрический и геоэлектрический разрезы на глубину до 300 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*На Паужетском геотермальном месторождении* в 2012 г. проведены ВЭЗ по профилю из 32 точек, пересекающему центральную часть Паужетского геотермального месторождения с юго-востока на северо-запад. Протяженность профиля составила около 3 км (рис.6). Средний интервал между точками ВЭЗ 100 м. Профиль проходит через Верхне-Паужетское термальное поле (овал в С-З части) и в непосредственной близости от Восточно-Паужетского термального поля (овал в центральной части). Средняя относительная погрешность съемки составила 3 %.



○ – контуры термальных полей; ▲ – пикеты съёмки.

Рис. 6. Схема профиля пунктов ВЭЗ в районе Паужетского геотермального месторождения.

По полученным данным в программе IPI2WIN построены псевдо-электрический и геоэлектрический разрезы на глубину до 300 м (рис. 7).

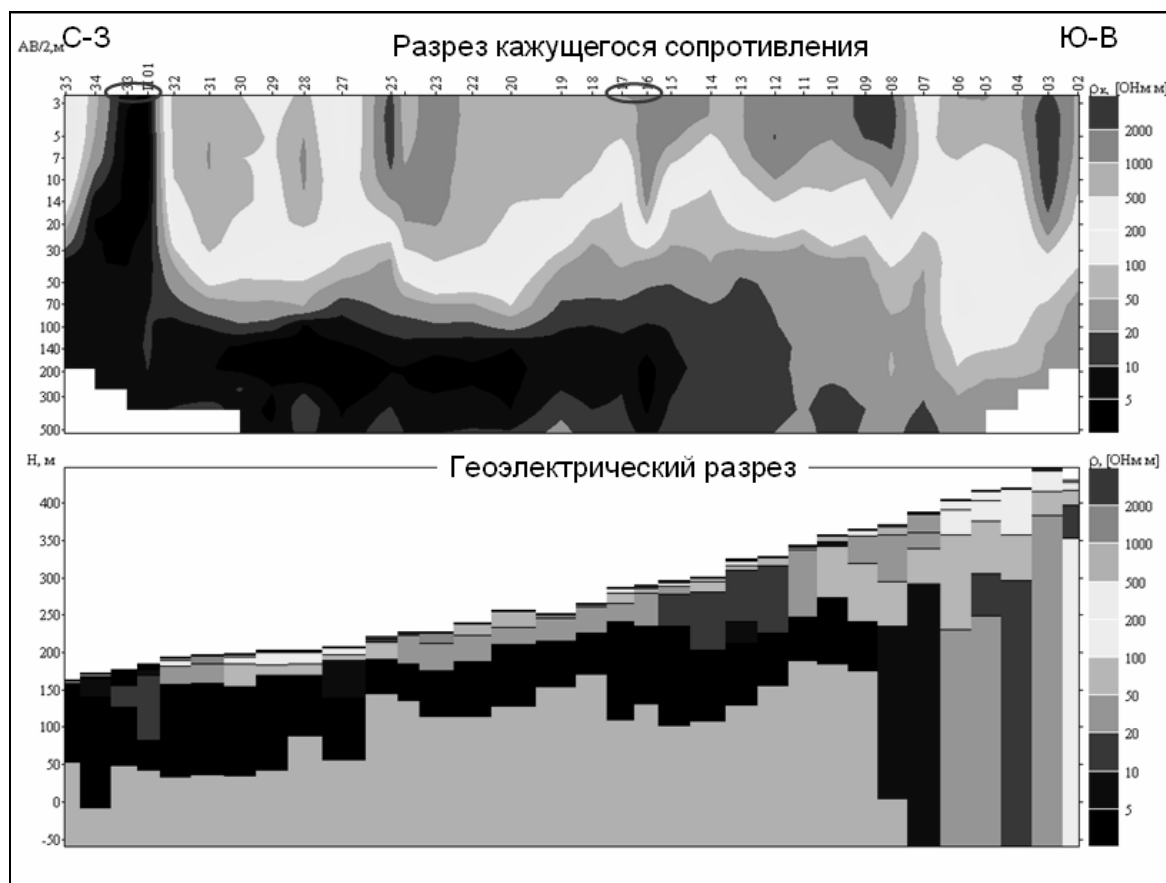


Рис. 7. Псевдоэлектрический (вверху) и геоэлектрический (внизу) разрез по секущему профилю на Паужетском геотермальном месторождении.

По построенным разрезам можно сказать, что выделяется четыре горизонта пород, различных по удельному сопротивлению. Первый горизонт - высокоомный горизонт пород с сопротивлениями 200–1200 Омм и мощностью от 0–20 м в С-3 части профиля и до 60 м в Ю-В части. Второй горизонт - горизонт с сопротивлениями 30–60 Омм и мощностью от 5–40 м до 60 м в Ю-В части профиля. Глубина залегания верхней кромки которого составляет 12–20 м. Третий горизонт - горизонт пород, выходящий на поверхность в районе Верхне-Паужетского термального поля и его верхняя кромка уходит на глубину до 90 м в Ю-В части профиля. Удельное сопротивление от 2–5 Омм, в верхней части - 5–15 Омм. Мощность этого горизонта варьирует от 45–50 м до 130 м на участке поверхностной разгрузки парогидротерм. Четвертый горизонт - подстилающий пласт с удельным сопротивлением 700–900 Омм, верхняя кромка которого расположена на

глубине от 80 до 180 м. В Ю-В части профиля верхняя кромка этого пласта нами не выделена в виду недостаточно длинных разносов питающей линии из-за больших перепадов высот.

Проводящий горизонт имеет три чашеобразные области, предположительно, связанные с тектоническим строением Паужетского геотермального месторождения.

Верхне-Паужетское термальное поле характеризуется низкими удельными сопротивлениями до глубины 130 м. Глубже находятся породы с высоким удельным сопротивлением 700–900 Омм.

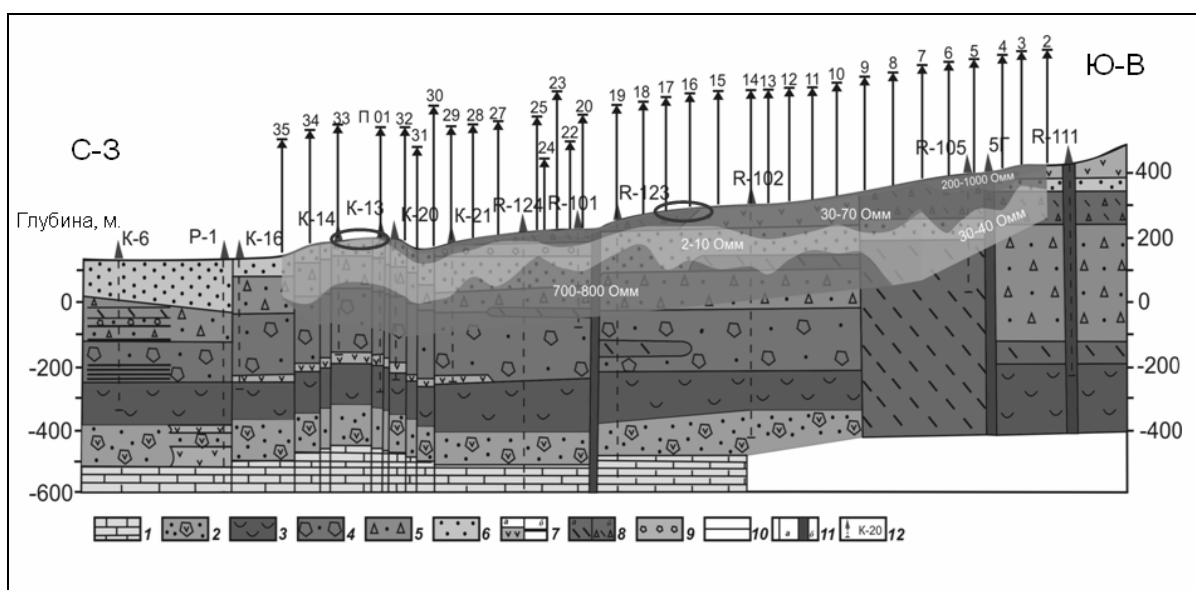


Рис. 8. Геологический разрез Паужетского геотермального месторождения, совмещенный с полученным геоэлектрическим разрезом. Подписные подписи - см. рис.2.

Геоэлектрический разрез совмещен с геологическим разрезом (рис. 8). Выделяемый нами низкоомный горизонт должен был бы соответствовать среднепаужетской подсвете, которая считается водоносным горизонтом для минерализованных термальных вод. Однако, проводящий горизонт захватывает и среднепаужетскую подсвету, и часть верхнепаужетской (т.е. часть водоупора). А в районе термального поля вся верхняя часть разреза может быть отнесена к водопроводящей или парогазонасыщенной. Этот предварительный результат представляет большой интерес с точки зрения

уточнения физических свойств (проницаемости, теплопроводности, др.), так называемого, водоносного горизонта, и водоупора.

**На Нижне-Кошелевском геотермальном месторождении** в 2013 г. проведены ВЭЗ в 17 точках (рис. 9). Пикеты располагались по неравномерной сети со сгущением в районе термальных разгрузок. Средняя относительная погрешность съемки составила 6 %.

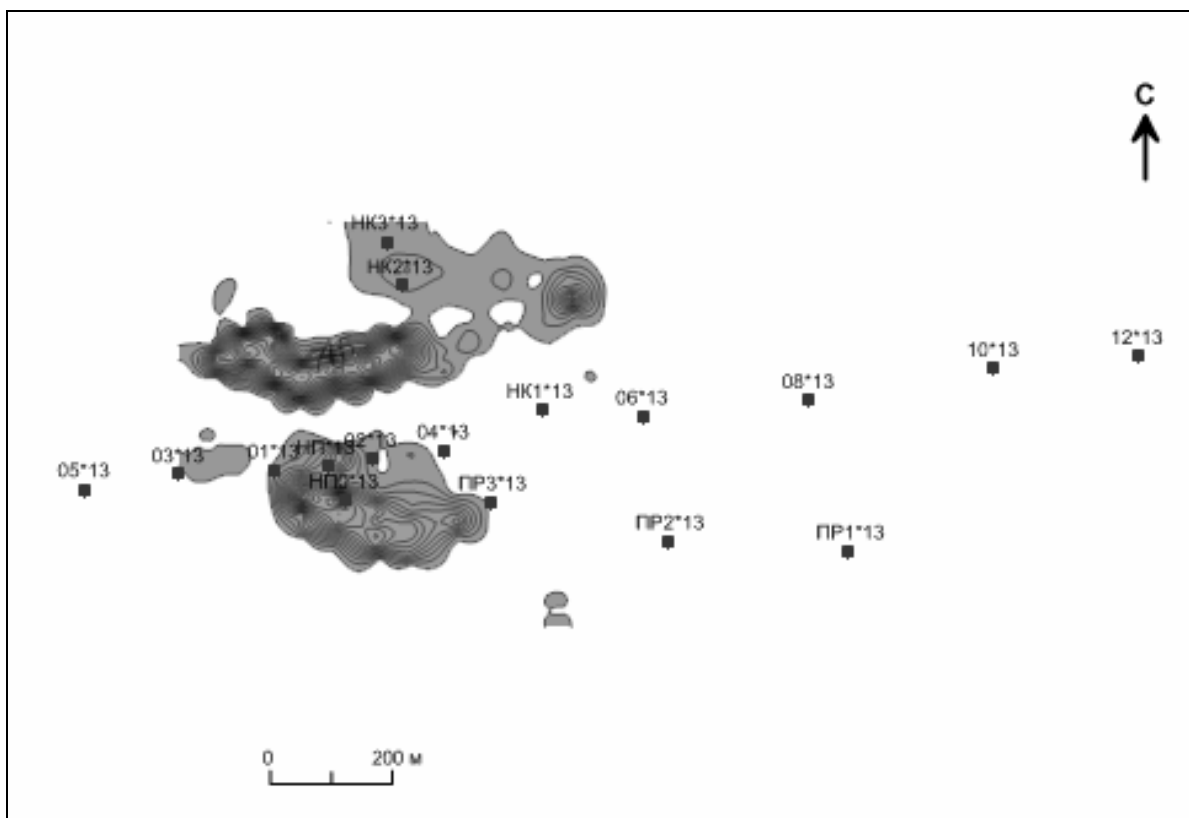


Рис. 9. Схема точек ВЭЗ. Темные области – температурные границы термальных полей по 20 град. изотерме [9]. Верхняя темная область – Нижне-Кошелевская разгрузка парогидротерм, нижняя – Нижне-Кошелевское Новое термальное поле. Черными точками показаны пункты зондирования и их номера.

По результатам проведенных электроразведочных работ построены псевдоэлектрические разрезы через основные термальные разгрузки. Первый псевдоэлектрический разрез построен по линии с запада на восток (рис. 10). Он проходит вдоль основной термоаномалии и пересекает край Нижне-Кошелевского Нового термального поля. Разрез представлен высокоомной толщей с сопротивлениями 500–2000 Ом, и проводящей областью с сопротивлениями 10–30, прорывающей эту толщу в районе Нижне-

Кошелевского Нового термального поля. Проводящий горизонт пород подходит к поверхности в районе термоаномалии.

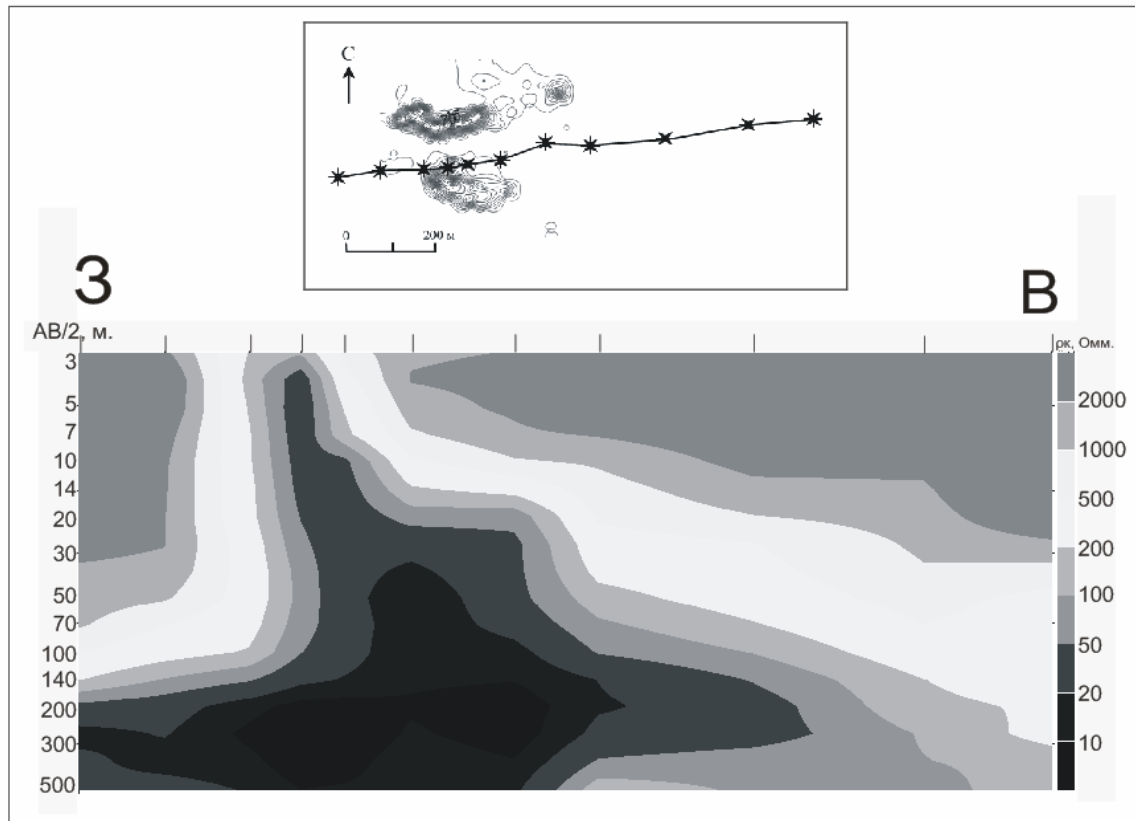


Рис. 10. Псевдоэлектрический разрез на по субширотному профилю Нижне-Кошелевском геотермальном месторождении. Вверху показано пространственное положение профиля.

Второй псевдоэлектрический разрез построен по линии с С-3 на Ю-В (рис. 11). Профиль пересекает обе термоаномалии и выходит за их границы. На разрезе выделяется высокоомный горизонт пород в приповерхностной части с сопротивлениями 500–2000 Ом. Этот комплекс пород подстилается и прорывается проводящим горизонтом пород с сопротивлениями 5–20 Ом в месте разгрузки Нижне-Кошелевских парогидротерм. На границе этих двух горизонтов прослеживается толща пород с сопротивлениями 20–50 Ом, которая выходит к поверхности в районе Нижне-Кошелевского Нового термального поля.

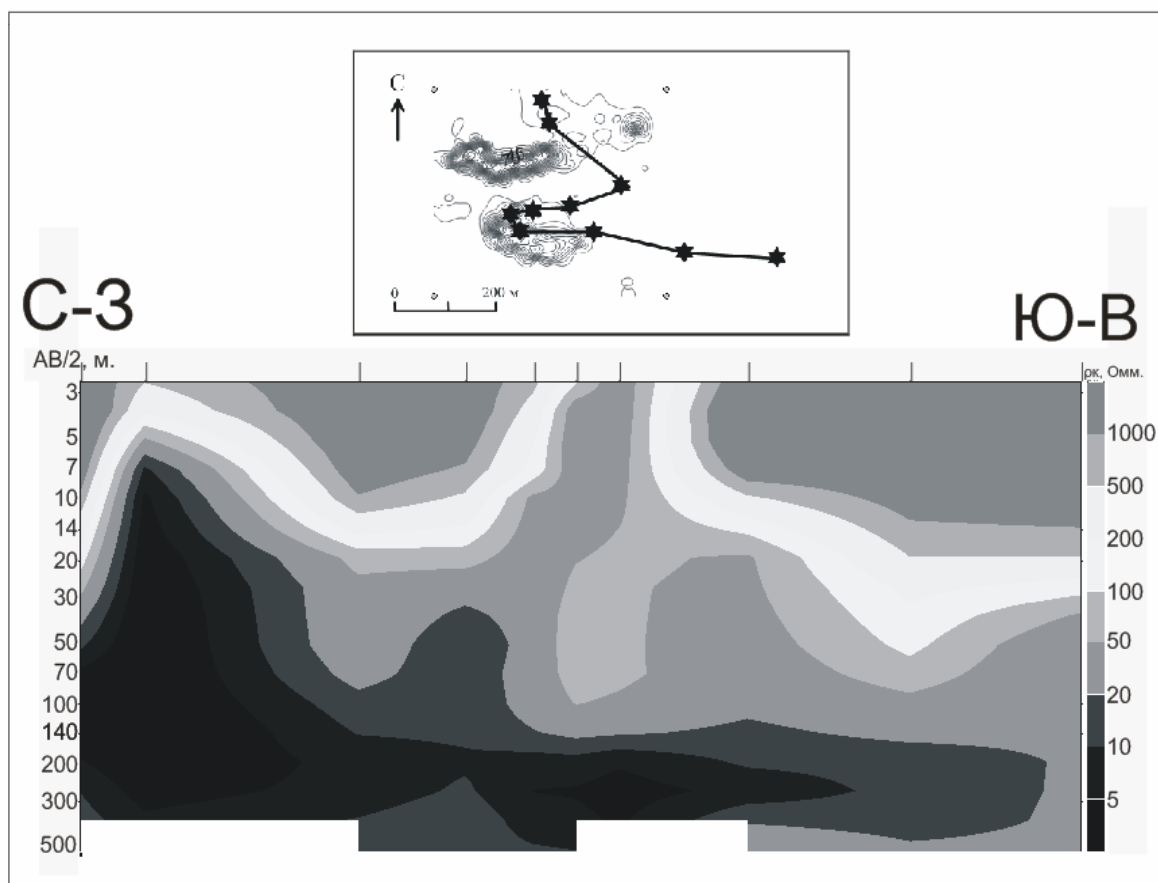


Рис. 11. Псевдоэлектрический разрез на по субмеридиональному профилю Нижне-Кошелевском геотермальном месторождении. Вверху показано пространственное положение профиля.

## ВЫВОДЫ

На Паужетском геотермальном месторождении по результатам ВЭЗ 2012 года выделено 4 основных горизонта пород, различных по удельному кажущемуся сопротивлению. Проводящая зона приурочена к водоносному горизонту (среднепаужетской подсвете) и в то же время захватывает часть верхнего водоупора (верхнепаужетская подсвета). Эти предварительные данные представляют большой интерес с точки зрения понимания (уточнения) физических свойств выделяемых ранее на Паужетском месторождении водоносных горизонтов и водоупоров.

На Нижне-Кошелевском геотермальном месторождении в верхней части разреза выделяется высокоомная толща пород с удельными кажущимися сопротивлениями от 300 до 2000 Ом.м. Ее положение согласуется с



геологическими данными, поскольку она находится в пределах лаво-экструзивного комплекса андезидацитов, который служит верхним водопором для геотермального месторождения. По нашим данным уточняются границы и строение этого комплекса. Низкоомная (пароводонасыщенная) зона распространена в центральной части Нижне-Кошелёвского месторождения на глубине более 25-30 м и поднимается к дневной поверхности в районе основной термоаномалии. Вероятно, эта зона образует субвертикальный канал под Нижне-Кошелёвским Новым термальным полем, что и обусловило прогрев пород на этой площади. Но данный вопрос остаётся открытым.

**Благодарности:**

Авторы признательны студентам КамГУ им. Витуса Беринга Н.В. Зайцеву и И.С. Улыбышеву за помощь в проведении полевых исследований, а также всем участникам Южнокамчатско-Курильской экспедиции за содействие в выполнении работ.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов Российского фонда фундаментальных исследований (12-05-31210мол\_а) и ДВО РАН.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Рылов Е.С., Феофилактов С.О.* Результаты высокоточных гравиметрических исследований на Верхне-Паужетском термальном поле. // Природная среда Камчатки // Материалы X региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». 12–13 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. 2011. С. 51–60.
2. *Абкадыров И.Ф., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Букатов Ю.Ю.* Опыт применения метода микросейсмического зондирования на геотермальных полях на примере Нижне-Кошелевской термоаномалии (Южная камчатка) // Природная среда Камчатки. Материалы IX региональной молодежной конференции «Природная среда Камчатки». 12-13 апреля 2010 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2010. С. 49-60.
3. *Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю.* Результаты высокоточных гравиметрических исследований на Нижне-Кошелевской термоаномалии // Природная среда Камчатки // Материалы IX региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». 12–13 апреля 2010г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. 2010. С. 71–80
4. *Вакин Е.А., Декусар З.Б., Сerezников А.И., Спиченкова М.В.* Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58-84.
5. *Воронков В.А.* К вопросу о схематизации гидрогеологических условий Паужетского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1983. № 5. С. 39–51.
6. Генератор ВП-1000. Руководство по эксплуатации. // С.-Петербург 2010 г, 8 с.
7. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. 170 с
8. Инструкция по эксплуатации измерителя «МЭРИ-24». // Москва, 2010 г, 24 с.
9. *Нуждаев А.А.* Новые результаты изучения Верхне- и Нижне-Кошелевской термоаномалий // Материалы VI региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле» 26-27 ноября 2008 г. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2008. С. 43-49.
10. *Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.* Современное состояние изученности строения центральной части Нижне-Кошелевского геотермального месторождения и результаты магнитной съемки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2013. № 2. Выпуск 22. С 231-241.
11. *Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.* Особенности глубинного строения Нижне-Кошелевского геотермального месторождения на основе сопоставления данных микросейсмического зондирования и гравиметрии.// Природная среда Камчатки // Материалы X региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». 12–13 апреля 2011г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. 2011. С. 119–130.
12. Паужетские горячие воды на Камчатке. М.: Наука, 1965. 208 с.

13. *Писарева М.В.* Зона природного пара Нижне-Кошелёвского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1987. № 2. С. 52-63.
14. *Поздеев А.И., Нажалова И.Н.* Геология, гидродинамика и нефтегазоносность Кошелёвского месторождения парогидротерм, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 32-45.
15. *Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В., Королева Г.П.* Характеристика приповерхностного горизонта гидротермальных глин Нижне-Кошелёвского и Паужетского геотермальных месторождений. Вестник КРАУНЦ. науки о Земле. 2008. № 2. Вып. № 12. С. 116–134.
16. *Рычагов С.Н.* Исследования Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН в Паужетско-Камбально-Кошелёвском геотермальном районе на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008 № 2. Вып. № 12. С. 203-206.
17. Структура гидротермальной системы. М.: Наука 1993. 240с.
18. *Хмелевской В.К.* Основной курс электроразведки // Издательство Московского университета. 1970. Часть 1. 241 с.
19. Yamaha EF2000iS. Inverter Generator Manual. 126 p.

STUDY OF GEOLOGICAL STRUCTURE OF PAUZHETSKY AND  
NIZHNE-KOSHELEVSKY GEOTHERMAL DEPOSITS BY VES METHOD  
(SOUTH KAMCHATKA)

*Denisov D. K.<sup>1</sup>, Feofilaktov S.O.<sup>2</sup>, Nuzhdayev I.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Kamchatsky State University names of Vaitys Bering,*

<sup>2</sup> *Institute of Volcanology and Seismology  
Far East Branch, Russian Academy of Sciences*

The results of electrical exploration works in the area of Pauzhetsky and Nizhne-Koshelevsky geothermal deposits are presented. In 2012 y. works by VES method were carried out on the profile, crossing structures of Pauzhetsky deposit which were defined earlier. Sounding was made in 35 spots. In 2013 electrical exploratory works by VES method were carried out in the area of Nizhne-Koshelevsky geothermal deposit. Souding was made in 17 spots. Preliminary data of apparent resistance allocation to depth were drawn by results of the works. The areas permeable for hydrothermal liquors or gas-vapor heat-transfer were defined.

*Key words: volcanic massif, vapor-dominant geothermal deposit, water-dominant geothermal deposit, vertical electrical sounding (VES), apparent resistance, vertical resistivity profile, permeable areas.*