

С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Р.И. Кутас, Д. Майцин, Д.Н. Божежа

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Представлены результаты апробации неклассических геоэлектрических методов становления короткоимпульсного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ), а также технологии частотно-резонансной обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в пределах известной зоны развития геотермальных источников. Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют, что площадной съемкой СКИП участки с геотермальными источниками могут быть оперативно обнаружены и закартированы. Метод ВЭРЗ позволяет определять в разрезе глубины залегания и мощности горизонтов с термальной водой, а также водонасыщенных коллекторов. Полевые работы поискового характера выполняются методами СКИП и ВЭРЗ достаточно оперативно и быстро. Технология частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ также может использоваться для обнаружения и картирования зон развития геотермальных вод. Апробированные мобильные геофизические методы вносят существенный вклад в становление новой парадигмы геофизических исследований, в рамках которой осуществляется “прямой” поиск конкретного физического вещества: газа, нефти, газогидратов, воды (в том числе термальной), рудных минералов и пород. Эффективность геофизических методов, базирующихся на принципах этой парадигмы, существенно выше эффективности традиционных методов.

**Ключевые слова:** геоэлектрическая съемка, электрорезонансное зондирование, аномалия типа “залежь”, водоносный горизонт, гидротермальный источник, водный поток, скважина, температура воды.

**Введение.** Эффективность решения разнообразных геолого-геофизических задач (таких как поиски и разведка рудных и горючих полезных ископаемых, обнаружение и картирование водоносных коллекторов, проведение инженерно-геологических изысканий под строительство жилых зданий, производственных сооружений и объектов транспортной инфраструктуры) может быть существенно повышена при более широком применении в геологоразведочном процессе мобильных и оперативных геофизических технологий. Об этом свидетельствует более чем 10-летний опыт практического применения неклассических геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (экспресс-технология СКИП–ВЭРЗ) [1, 2, 10, 11]. В частности, многочисленные примеры практического применения этих методов для поисков водоносных горизонтов (в том числе с различной минерализацией), обнаружения и картирования подземных фильтрационных потоков естественного и техногенного происхождения, изучения инженерно-геологических условий на участках строительства приводятся в публикациях [1–6, 9–11]. В статье [10] наряду с результатами теоретического обоснования методов СКИП и ВЭРЗ представлены также примеры их применения при поисках и разведке скоплений углеводородов.

Результаты 10-летней практики использования методов СКИП и ВЭРЗ для оперативного решения задач приповерхностной геофизики (инженерно-геологических, в частности) анализируются в статье [9]. В ней наиболее конкретно сформулированы характерные (отличительные) особенности отдельных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ, а также впервые вводится и рассматривается понятие о новой парадигме проведения геофизических исследований – “вещественной”. В рамках этой парадигмы акцент ставится не на выделение в разрезе отдельных структурных элементов и определение физических свойств слагающих их пород, а на обнаружение и картирование в верхней части разреза вполне конкретного вещества – нефти, газа, воды, золота, платины, урана и других полезных ископаемых. Эффективность геофизических методов, базирующихся на принципах указанной парадигмы (геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ в том числе), существенно выше традиционных.

Начиная с 2010 г. практические возможности наземной геоэлектрической технологии СКИП–ВЭРЗ в плане оперативности проведения поисковых работ были значительно расширены за счет включения в наземный мобильный геофизический комплекс оригинальной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью обнаружения и картирова-

ния аномалий типа “залежь нефти”, “залежь газа”, “водоносный горизонт”, “зона золоторудной минерализации” и др. Этот метод также “работает” в рамках “вещественной” парадигмы геофизических исследований. Совместное использование метода обработки и интерпретации данных ДЗЗ и технологии СКИП–ВЭРЗ на различных этапах геолого-геофизических исследований позволяет оптимизировать и ускорять поисковые и изыскательские этапы геофизических работ.

Для изучения возможности и целесообразности применения перечисленных выше отдельных мобильных методов, а также технологии в целом для решения конкретных геолого-геофизических задач авторами постоянно проводятся полевые экспериментальные исследования на представляющих поисковый интерес объектах и площадях. Ниже приводятся и анализируются некоторые результаты такого рода экспериментальных работ, выполненных с целью изучения возможности применения геоэлектрической технологии СКИП–ВЭРЗ и метода частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ для обнаружения и картирования геотермальных источников. Полевые эксперименты выполнялись в достаточно хорошо изученной и практически освоенной зоне развития геотермальных источников (вод).

**Основания для проведения экспериментальных работ.** Геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ уже более 10 лет активно применяются для обнаружения и картирования водоносных горизонтов и коллекторов, подземных водных потоков естественного и техногенного происхождения, залежей минеральных вод и др. В частности, примеры использования технологии СКИП–ВЭРЗ для поисков питьевой воды приведены в [12], опыт их применения для картирования залежей минеральных вод на известном месторождении анализируется в работах [3, 13]. В публикациях [1, 4, 5] демонстрируется эффективность методов СКИП и ВЭРЗ при обнаружении и картировании зон повышенного увлажнения грунтов, подземных фильтрационных водных потоков естественного и техногенного происхождения, что особенно важно для выделения оползнеопасных участков и зон развития карстовых процессов.

Заслуживают также особого внимания результаты применения этого комплекса оперативных геофизических методов для изучения инженерно-геологических условий на участках строительства новых линий метро приповерхностного залегания в г. Киеве, а также над уже построенными и работающими его участками [5]. С использованием этих методов обследованы практически все приповерхностные участки метрополитена города.

Авторами также проведены полевые экспериментальные работы для определения возможности оценки с помощью методов СКИП и ВЭРЗ

относительной минерализации подземных вод – результаты экспериментов представлены в работах [6, 14].

Несмотря на то, что метод частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ [7, 8] используется для решения конкретных практических задач недавно, тем не менее имеются примеры его успешного применения для обнаружения и картирования фильтрационных водных потоков и водоносных горизонтов. В частности, метод использовался для прослеживания техногенных водных потоков в условиях городской застройки на участках, труднодоступных для опосредованного наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ.

В работе [8, рис. 7] приведен успешный пример обнаружения и картирования по результатам обработки данных ДЗЗ зон и участков, перспективных для поисков водоносных горизонтов. Здесь на обследованной площади выявлены и околонтурены три достаточно крупные аномалии типа “зона водонасыщенных коллекторов”. Дополнительно обнаружены и прослежены зоны тектонических нарушений, в пределах которых могут иметь место фильтрационные водные потоки трещинно-порового типа. Эти зоны шириной до 40–50 м также перспективны для поисков воды. Дальнейшие наземные детализационные работы с целью поисков водоносных горизонтов и коллекторов геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ (или же другими методами) целесообразно проводить в первую очередь в пределах закартированных аномалий типа “зона водонасыщенных коллекторов” и (или) выделенных и прослеженных зон тектонических нарушений.

Результаты применения метода частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ для поисков фильтрационных водных потоков на участке “Верховина” в Ивано-Франковской обл. представлены на рис. 1 (нанесены на спутниковый снимок местности). Положение фильтрационных потоков схематически обозначено контурами красного и светло-зеленого цвета, направление потоков – стрелками. В процессе обработки данных ДЗЗ осуществлялась также оценка значений средней минерализации воды в пределах каждого фильтрационного потока. Всего на площади обследования обнаружено и протрассировано три водных потока. Левый поток (№ 1) характеризуется средней минерализацией 3,8–4,2 г/дм<sup>3</sup>, Центральный (№ 2) – 2,3–3,8, правый (№ 3) – 0,6–0,4 г/дм<sup>3</sup>. Потоки № 1, 2 – это минерализованные воды, поток № 3 – питьевые.

Вполне понятно, что определенный научный и практический интерес для авторов представляло изучение возможности и целесообразности применения мобильных геофизических методов для поисков и картирования зон геотермальных источ-



Рис. 1. Схема расположения зон фильтрационных водных потоков на участке “Верховина”, Ивано-Франковская обл., на спутниковом снимке местности (по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ). Стрелками показано направление фильтрации водных потоков

ников (вод). В принципе, при решении такого рода задач необходимо дополнительно оценивать температуру воды в отдельных коллекторах, а также максимальную температуру воды в разрезе в точках измерений на поверхности. С учетом изложенного выше, а также опыта решения других поисковых задач авторы нисколько не сомневались в решении такого рода задач с помощью описанных мобильных геофизических методов. Тем не менее окончательную точку в этом вопросе должен был поставить полевой эксперимент. И такие экспериментальные исследования были проведены.

**Объект изучения, задачи исследований и методика работ.** Экспериментальная апробация мобильных геофизических технологий осуществлялась в достаточно хорошо изученной и освоенной зоне развития геотермальных источников. Полевые исследования с использованием геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ проведены в феврале 2012 г.

В процессе выполнения полевых и камеральных экспериментальных работ решались следующие основные задачи.

1. Возможность обнаружения и картирования аномалий типа “зона геотермальных вод” съемкой методом СКИП, а также получения оценок температуры воды в пределах обнаруженных аномальных зон.
2. Определение глубин залегания и мощностей аномально поляризованных пластов (АПП) типа “пласт геотермальной воды” методом ВЭРЗ; оценка температуры воды в отдельных АПП типа “пласт геотермальной воды”.
3. Картирование зон распространения геотермальных вод по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ; оценка максимальных значений температуры воды в пределах закартированных аномалий.

Съемка методом СКИП в протяженной зоне развития геотермальных источников проводилась с движущегося автомобиля. Измерения выполнялись, в основном, вдоль дорог. Обнаруженные аномальные зоны детально не оконтуривались.

Метод ВЭРЗ применен только в одной точке, в пределах обнаруженной аномальной зоны с относительно высокой температурой геотермальной воды.

Апробация метода частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ выполнялась после завершения полевых работ в камеральных условиях, причем только на одном, относительно небольшом фрагменте аномальных зон, закартированных в процессе наземной съемки методом СКИП.

**Результаты экспериментальных работ.** В силу того что измерения при проведении съемки методом СКИП выполнялись, в основном, вдоль дорог, была принята следующая схема представления результатов измерений. На картах-схемах показаны траектории движения автомобиля, причем точки измерений в пределах аномальных зон выделены красным цветом. Дополнительно на карты траекторий движения вынесены схематические маршрутные карты температур геотермальной воды, построенные по результатам обработки данных измерений. Результаты измерений в пределах одного фрагмента обследованной зоны развития геотермальных источников представлены на рис. 2. Ввиду маршрутного характера измерений отдельные локальные аномальные зоны полностью не прослежены и не оконтурены.

Отметим, что на рис. 2 показана только примерно пятая часть обследованной территории. Результаты измерений на других участках представлены на дополнительных трех схематических картах, размеры которых составляют 47,5×31,0, 141,0×31,0 и 22,4×36,2 км соответственно. В целом, это дает полное представление об общей площади обследованной геотермальной зоны. На дополнительных картах характер обнаруженных аномальных зон такой же, как и на рис. 2.

Целесообразно отметить, что при измерениях в районах аномальных зон визуально наблюдались скважины с геотермальной водой и действующие лечебницы. В принципе, это обстоятельство можно считать дополнительным подтверждением эффективности и работоспособности мобильного геоэлектрического метода СКИП в плане обнаружения и картирования зон распространения геотермальных вод и источников.

При проведении полевых измерений зондирование ВЭРЗ в интервале 500–3000 м выполнено в точке vГ1, положение которой показано на рис. 2. Точка зондирования расположена в зоне максимальных значений температуры воды. Результаты зондирования представлены на рис. 3.

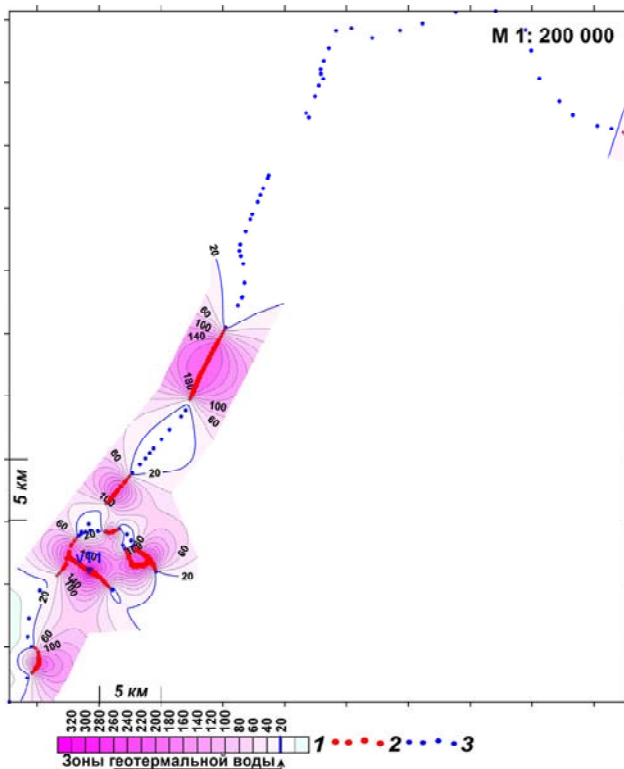


Рис. 2. Схематическая карта аномальных зон типа "источник гидротермальных вод" в районе маршрутных измерений методом СКИП вдоль дорог: 1 – шкала температуры воды (в градусах Цельсия); точки измерений методом СКИП: 2 – температура > 20 °С; 3 – температура < 20 °С

Зондированием в интервале 1235–3000 м выделено восемь горизонтов геотермальной воды различной мощности и температуры: 1) глубина пласта (коллектора) – 1235 м, мощность пласта – 28 м, температура воды – 160 °С; 2) 1367 м, 13 м, 200 °С; 3) 1599 м, 11 м, 220 °С; 4) 1722 м, 18 м, 240 °С; 5) 2045 м, 56 м, 320 °С; 6) 2195 м, 80 м, 320 °С; 7) 2455 м, 205 м, 320 °С; 8) 2805 м, 111 м, 340 °С (рис. 3). Отметим, что с увеличением глубины залегания пластов растет температура воды.

В верхней части разреза в интервале глубин 500–1200 м зондированием дополнительно выделено пять водоносных горизонтов с невысокой температурой воды: 1) глубина горизонта – 512 м, мощность пласта – 20 м; 2) 680 м, 13 м; 3) 755 м, 10 м; 4) 970 м, 14 м; 5) 1141 м, 12 м.

Обратим внимание также на то, что на рис. 3 в левой его части показано две диаграммы зондирования: диаграммой (кривой) голубого цвета фиксируется в разрезе положение водоносных горизонтов, в том числе с геотермальной водой; другая диаграмма серого цвета характеризует тип пород разреза. Важно отметить, что практически на всех интервалах глубин расположения водоносных горизонтов эти диаграммы совпадают – одна указывает на наличие воды, другая – на наличие коллектора.

После завершения полевых работ в камеральных условиях дополнительно выполнены обработка и интерпретация данных ДЗЗ фрагмента

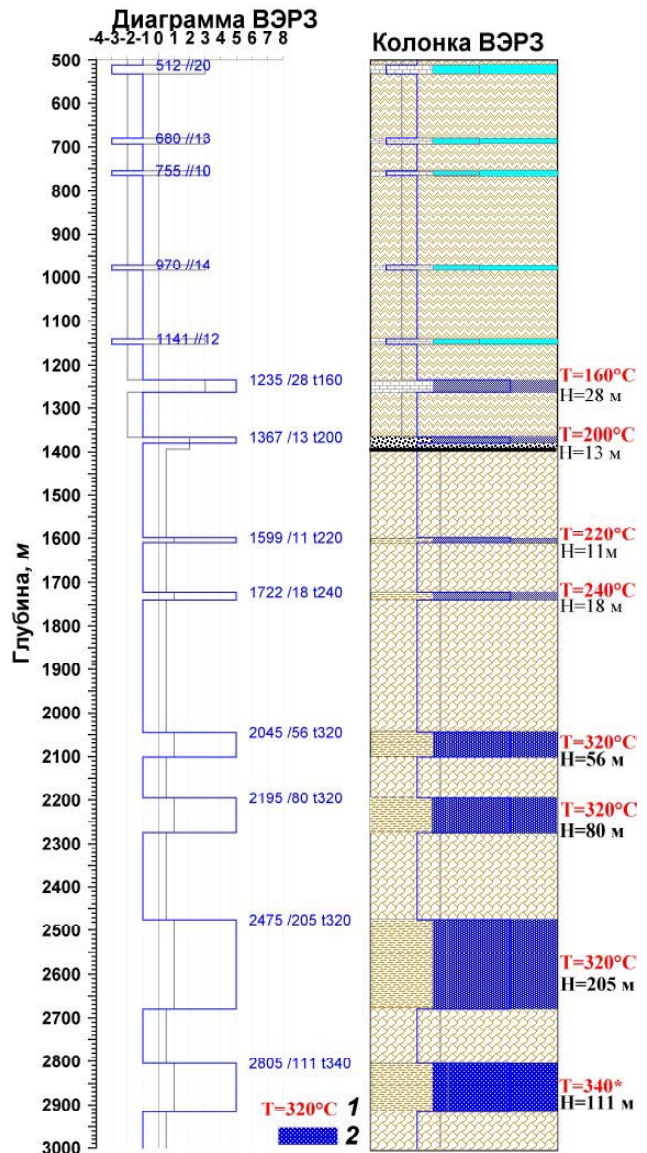


Рис. 3. Результаты вертикального электрорезонансного зондирования в точке vT1: 1 – температура воды; 2 – АПП типа "пласт геотермальной воды"

аномалий, показанных в левом нижнем углу на рис. 2. Основная задача обработки – детальное картирование выявленных аномальных зон по площади. Результаты обработки представлены на рис. 4. В процессе обработки данных ДЗЗ участка были обнаружены две системы тектонических нарушений – северо-восточного и северо-западного простираний. Характерная особенность – зона разломов северо-западного простирания прослежена только в юго-западной части площади, а северо-восточного простирания – только в северо-восточной части участка.

Практически в центре участка, в зоне пересечения центральных разломов, выделен участок максимальных температур геотермальной воды. В пределах зоны расположена единственная точка зондирования – vT1 (рис. 4).

В целом, совместный анализ материалов наземных измерений методом СКИП и результатов

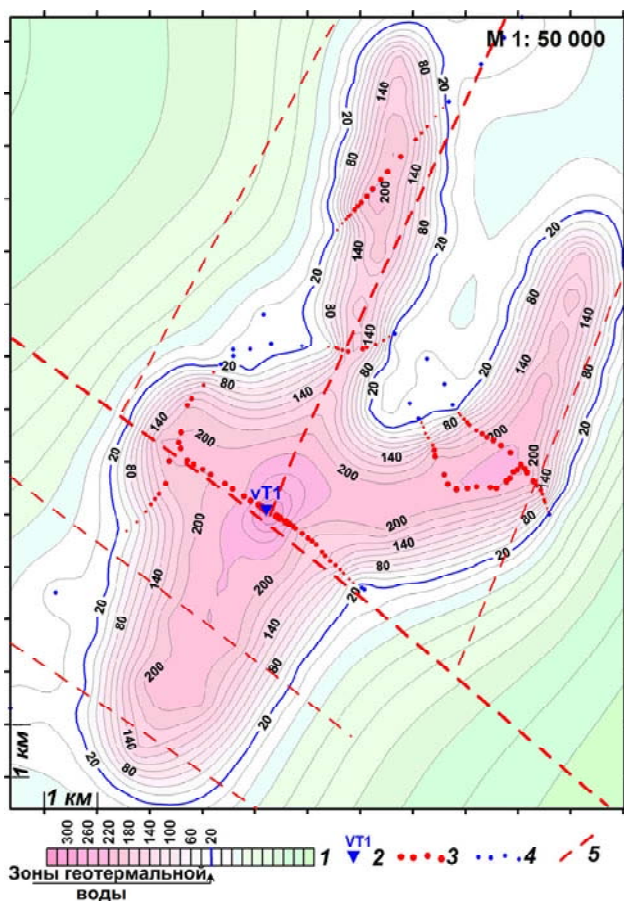


Рис. 4. Карта аномальных зон типа “источник гидротермальных вод”, построенная по результатам съемки методом СКИП (см. рис. 1), а также обработки и интерпретации данных ДЗЗ: 1 – шкала температуры воды (в градусах Цельсия); 2 – точка зондирования методом ВЭРЗ; точки измерений методом СКИП: 3 – температура > 20 °С; 4 – температура < 20 °С; 5 – зоны тектонических нарушений

обработки и интерпретации данных ДЗЗ позволяет предположить, что в закартированной аномальной зоне вполне возможна вертикальная миграция геотермальной воды на участке максимальных температур воды (в зоне пересечения разломов). В дальнейшем геотермальная вода мигрирует вдоль разломов и заполняет коллекторы.

**Экспериментальный участок в Словакии.** Так получилось, что до проведения полевых работ в известной зоне развития геотермальных источников была выполнена обработка данных ДЗЗ на одном из участков в Словакии, по результатам которой построена схематическая карта максимальной температуры геотермальных вод (рис. 5). Обработка данных ДЗЗ на участке проводилась без анализа и учета имеющихся геолого-геофизических материалов. В процессе обработки данных ДЗЗ в северо-западной части участка обследования выделены две зоны разломов – северо-восточного и северо-западного простираний. На пересечении этих зон по результатам обработки установлены максимальные значения температуры термальной воды (рис. 5).

Отметим, что зона разломов северо-восточного простирания известна по имеющимся геолого-геофизическим данным, о разломах северо-западного простирания сведения отсутствуют.

В связи с этим и с учетом результатов выполненных позже экспериментальных исследований в пределах известной зоны распространения геотермальных вод целесообразно детально проанализировать имеющиеся геолого-геофизические материалы в зоне максимальных температур гео-

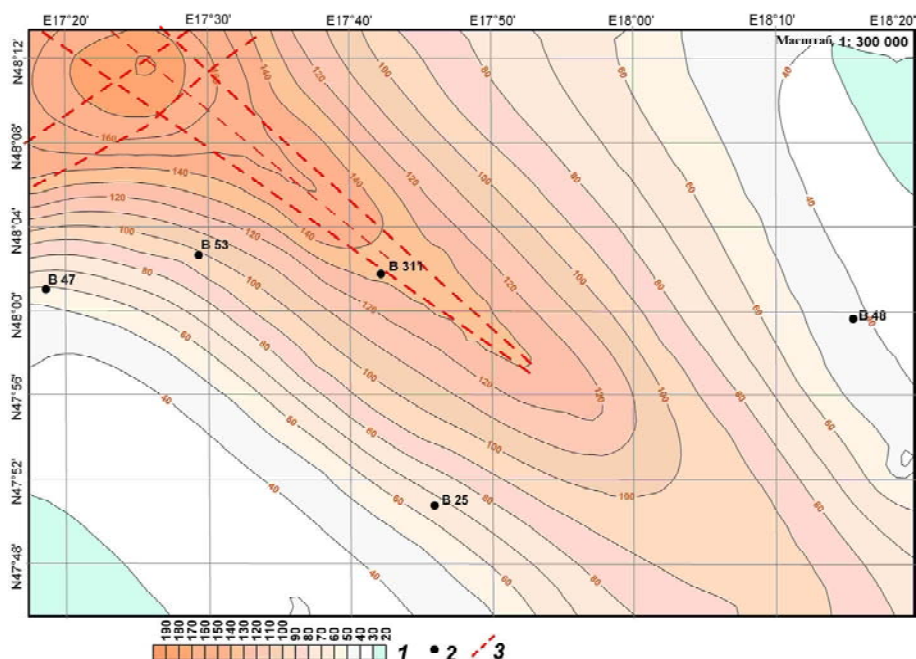


Рис. 5. Карта-схема температуры гидротермальных вод на участке поисков термальных источников в центральной части Дунайской впадины (Словакия), по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ: 1 – шкала максимальных значений температуры термальной воды (в градусах Цельсия); 2 – скважины; 3 – зоны тектонических нарушений

термальной воды, обнаруженной и закартированной по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ отдельного участка (рис. 5). Важность такого анализа обусловлена следующими моментами.

1. На обследованном участке (рис. 5) максимальные значения температуры термальной воды установлены по результатам обработки данных ДЗЗ в зоне пересечения разломов.
2. Примерно такая же ситуация наблюдается и на участке распространения термальных вод (см. рис. 4). Высокие значения температур подтверждены также наземными измерениями методами СКИП и ВЭРЗ.
3. В зоне высоких температур (см. рис. 5) вода может находиться в породах фундамента, на глубине. Естественно, скважинами эти горизонты здесь не раскрыты.

Практический опыт свидетельствует, что при обработке данных ДЗЗ более крупного масштаба зоны развития геотермальных вод могут быть закартированы более уверенно и достоверно. В связи с этим целесообразно провести обработку данных ДЗЗ более крупного масштаба на рассматриваемом участке. Он также может быть обследован наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. При этом зондирование ВЭРЗ позволит оценить глубины залегания и мощности коллекторов геотермальных вод.

**Выводы.** Результаты экспериментальных исследований в пределах известной и достаточно изученной зоны распространения геотермальных источников, а также многолетний практический опыт применения мобильных геофизических технологий для поисков воды позволяют констатировать следующее.

1. Наземные мобильные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ могут быть использованы для оперативного обнаружения и картирования зон развития геотермальных вод. Съемкой методом СКИП участки и зоны геотермальных источников могут быть оперативно обнаружены и окартированы. В пределах закартированных аномальных зон могут быть оценены максимальные температуры геотермальных вод в разрезе.
2. Зондирование ВЭРЗ позволяет оценить глубины залегания и мощности коллекторов геотермальной воды. Температура геотермальной воды в отдельных коллекторах также оценивается при проведении зондирования.
3. Метод частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ позволяет обнаруживать и картировать зоны развития геотермальных вод. Максимальные температуры геотермальной воды в каждой точке закартированных аномальных зон также могут быть оценены.

4. Совместное применение наземных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ с технологией частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ позволяет ускорить и оптимизировать процесс поисков и разведки геотермальных источников.
5. Апробированные в пределах известной зоны широкого развития геотермальных источников мобильные геофизические методы рекомендуются для практического применения при проведении поисковых исследований на геотермальные ресурсы.

1. *Боковой В.П.* Картирование оползневых участков и зон повышенного обводнения грунтов комплексом геофизических методов на склоне р. Днепр в г. Киев / В.П. Боковой, С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Докл. НАН Украины. – 2003. – № 11. – С. 96–103.
2. *Левашов С.П.* Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геол. журн. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
3. *Левашов С.П.* Изучение площадей распространения минеральных вод геоэлектрическими методами / Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М. / Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Материалы 33-й сес. Междунар. семинара им. Д.Г. Успенского, г. Екатеринбург, 30 янв. – 4 февр. 2006. – Екатеринбург, 2006. – С. 198–202.
4. *Левашов С.П.* Оперативное обследование и мониторинг участков развития карстовых процессов геофизическими методами / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Ю.М. Пищаный, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2008. – № 4. – С. 63–68.
5. *Левашов С.П.* Эффективность оперативных геофизических технологий при изучении инженерно-геологических условий на участках метрополитена приповерхностного залегания / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Ю.М. Пищаный // Там же. – 2009. – № 2. – С. 30–47.
6. *Левашов С.П.* Поиски и картирование водоносных горизонтов различной минерализации геоэлектрическими методами / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, М.С. Зейгельман, Ю.М. Пищаный // Там же. – 2010. – № 2. – С. 19–25.
7. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2010. – № 3. – С. 2243.
8. *Левашов С.П.* Оперативное решение задач оценки перспектив рудоносности лицензионных участков и территорий в районах действующих промыслов и рудных месторождений / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Там же. – 2010. – № 4. – С. 23–30.

9. *Левашов С.П.* Оперативное решение практических задач приповерхностной геофизики: от применения неклассических геоэлектрических методов до новой парадигмы геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоинформатика*. – 2011. – № 1. – С. 22–31.
10. *Шуман В.Н.* Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспективы / В.Н. Шуман, С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
11. *Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. et al.* Electric-resonance sounding method and its application for the ecological, geological-geophysical and engineering-geological investigations [Electronic recourse] / 66<sup>th</sup> EAGE Conf. & Exhibition. – Paris, France, 2004. – Extended Abstracts P035. – 4 p. – Access: <http://www.earthdoc.org/detail.php?pubid=2051>
12. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. et al.* The searching and mapping the water-saturated rock by geoelectric methods [Electronic recourse] / 67<sup>th</sup> EAGE Conference & Exhibition, Extended Abstracts P335. 4 p. – Access: <http://www.earthdoc.org/detail.php?pubid=1129>
13. *Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N.* Express technology of geoelectric investigation for exploring mineral water deposits [Electronic recourse] / The 5<sup>th</sup> Congr. of Balkan Geophys. Society. Geophysics at the Cross-Roads. Int. Conf. and Technical Exhibition. 10–16 May, 2009. – Belgrade, Serbia, 2009. – Extended Abstracts compact disk. – 4 p. – Access: <http://www.earthdoc.org/detail.php?pubid=21005>
14. *Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N. et al.* Prospecting and mapping of aquiferous stratum of different mineralization by geoelectric methods [Electronic recourse] / Near Surface 2010 – 16<sup>th</sup> Eur. Meet. of Environmental and Engineering Geophysics, Zurich, Switzerland, 6–8 Sept. 2010: Extended Abstracts. – P18. – 6 p. – Access: <http://www.earthdoc.org/detail.php?pubid=40996>

*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, Украина*

*Поступила в редакцию 05.03.2012 г.*

*Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, Киев, Украина*

*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина*

*Геофизический институт Словацкой АН, Братислава, Словакия*

*С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагін, Р.І. Кутас, Д. Майцин, Д.М. Божежа*

## **МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ І КАРТУВАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ**

Наведено результати апробації неklasичних геоелектричних методів становлення короткоімпульсного поля (СКІП) та вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ), а також технології частотно-резонансної обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у межах відомої зони розвитку геотермальних джерел. Результати проведених експериментів свідчать, що площинною зйомкою СКІП ділянки з геотермальними джерелами можуть бути оперативно виявлені та закартовані. Метод ВЕРЗ дає змогу визначати в розрізі глибини залягання і потужності горизонтів з термальною водою, а також водонасичених колекторів. Польові роботи пошукового характеру виконуються методами СКІП і ВЕРЗ досить оперативно і швидко. Технологію частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних ДЗЗ також можна використовувати для виявлення і картування зон розвитку геотермальних вод. Апробовані мобільні геофізичні методи роблять істотний внесок у становлення нової парадигми геофізичних досліджень, у рамках якої здійснюється “прямий” пошук конкретної фізичної речовини: газу, нафти, газогідратів, води (у тому числі термальної), рудних мінералів і порід. Ефективність геофізичних методів, що ґрунтуються на принципах цієї парадигми, суттєво вища за ефективність традиційних методів.

**Ключові слова:** геоелектричне знімання, електрорезонансне зондування, аномалія типу “поклад”, водоносний горизонт, гідротермальне джерело, водний потік, свердловина, температура води.

**ABOUT POSSIBILITY OF MOBILE GEOPHYSICAL METHODS APPLICATION FOR THE GEOTHERMAL SOURCES DETECTION AND MAPPING**

Discussed in the article are the results of testing of non-classical geoelectric methods of forming a short-pulsed electromagnetic fields (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS), as well as technology of frequency-resonance processing of remote sensing (RS) data within a certain area of geothermal sources development. The experimental results show that the areas with geothermal sources can be operatively detected and mapped by areal survey of FSPEF method. The VERS sounding allows to define in the cross-section the bedding depths and thicknesses with thermal water horizons, as well as water-saturated reservoir. Field works of the searching character are executed by the FSPEF and VERS methods very quickly and easily. The technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing data can also be used for detecting and mapping areas of geothermal waters. The proven mobile geophysical methods make a significant contribution into emergence of a new paradigm of geophysical investigation in which the "direct" searching for a specific physical matter is realized: gas, oil, gas hydrates, water (thermal including), metallic minerals and rocks. The effectiveness of geophysical methods based on principles of this paradigm is much higher than traditional ones.

**Keywords:** geoelectric survey, electric-resonance sounding, anomaly of reservoir type, aquifer, hydrothermal source, water flow, well, water temperature.