

Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований

© С. П. Левашов^{1,2}, Н. А. Якимчук^{1,2}, И. Н. Корчагин³, 2012

¹Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, Украина

²Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, Киев, Украина

³Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

Поступила 7 мая 2012 г.

Представлено членом редколлегии В. Н. Шуманом

Главное — это не поддаваться господствующим стереотипам мышления.

В. Н. Страхов

Проаналізовано результати практичного застосування неklasичних геоелектричних методів становлення короткоімпульсного поля (СКИП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) для вирішення різних геолого-геофізичних завдань пошукового характеру. Результати експериментальних досліджень свідчать, що площинне знімання СКИП дає змогу оперативно виявляти та картувати аномальні зони типу «нафта», «газ», «водоносний горизонт», «золото», «уран» та ін. Методом ВЕРЗ у розрізі з високою точністю визначають глибини залягання і потужності аномально поляризованих пластів відповідного типу. Польові роботи пошукового характеру виконують методами СКИП і ВЕРЗ достатньо оперативно та швидко. Методи СКИП і ВЕРЗ роблять істотний внесок у становлення нової парадигми геофізичних досліджень, у рамках якої здійснюють «прямий» пошук конкретної фізичної речовини: газу, нафти, газогідратів, води, рудних мінералів і порід (золота, платини, срібла, цинку, урану, алмазів, кімберлітів тощо.). Ефективність геофізичних методів, що ґрунтуються на принципах цієї парадигми, суттєво вища за ефективністю традиційних методів.

The results of the practical application of non-classical geoelectric methods of forming a short-pulsed field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) for various geological and geophysical problems of exploratory character solving are discussed. The experimental results show that the areal survey by FSPEF method allows to detect and map operatively the anomalous zones of the «oil», «gas», «aquifer», «gold», «uranium» type etc. The depth of lying and thicknesses of anomalous polarized layers of the appropriate type are determined with high accuracy by VERS sounding. Field works of such character are often executed very quickly and easily. The FSPEF and VERS methods make a significant contribution into emergence of a new paradigm of geophysical investigation, in which the «direct» searching for a specific physical matter are realized: gas, oil, gas hydrates, water, metallic minerals and rocks (gold, platinum, silver, zinc, uranium, diamonds, kimberlites, etc.). The effectiveness of geophysical methods, based on the principles of this paradigm, is much higher than traditional ones.

Введение. Мобильные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЕРЗ) (экспресс-технология СКИП—ВЕРЗ) уже более 10 лет успешно применяются для оперативного решения широкого класса геолого-геофизических задач, в том числе поисков рудных и горючих полезных ископаемых [Левашов и др., 2002; 2003; 2008; Vokovoу

et al., 2003; Levashov et al., 2004; Шуман и др., 2008; Yakymchuk et al., 2008]. При этом, в соответствии с новой парадигмой проведения геофизических исследований, внимание сосредоточивается не на выделении в разрезе определенных структурных элементов и определении физических свойств слагающих их пород, а на обнаружении и картировании в верхней части разреза вполне конкретного вещества — нефти, газа, водоносных горизон-

тов, золота, платины, урана и других рудных полезных ископаемых.

Отличительные особенности и возможности технологии СКИП—ВЭРЗ. Геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ базируются на частотно-резонансных принципах электромагнитных зондирований. Они ориентированы на изучение структуры приземного слоя атмосферы, формируемого ионами разных знаков, зон поляризации на границах раздела геологических неоднородностей разреза и естественного электромагнитного фона Земли. Используемый подход позволил создать: а) компактную малогабаритную измерительную аппаратуру, легкую для транспортировки и удобную в обслуживании; б) методику оперативного проведения полевых измерений (в пешем порядке, с автомобиля, с летательного аппарата); в) эффективную технологию решения широкого класса экологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и геолого-геофизических задач. В целом, технология СКИП—ВЭРЗ — сверхоперативна по затратам времени на проведение полевых работ и малозатратной по финансовым ресурсам. Она дает возможность получить предварительные результаты исследований непосредственно в поле, при проведении полевых работ. Отметим при этом следующее.

1. Технология СКИП—ВЭРЗ в целом и отдельные геоэлектрические методы являются экспериментальными, прошедшими лишь начальную стадию становления. Выполненные с помощью этих методов исследования целесообразно считать научно-исследовательскими.

2. Результаты съемки СКИП используются и интерпретируются на качественном (аномальном) уровне. В перспективе построение формализованной математической модели процесса становления поля с учетом приземного атмосферного слоя позволит существенно расширить информативность и разрешающую способность метода. Исключительная особенность метода СКИП — его оперативность. При поисковых работах на нефть, газ, воду и рудные полезные ископаемые в каждой конкретной точке измерений оператор мгновенно получает информацию о том, принадлежит эта точка контуру аномалии типа «залежь» (АТЗ) соответствующего типа или нет. Указанная особенность метода позволяет в процессе выполнения съемки оптимизировать априори принятую систему наблюдений.

3. Метод ВЭРЗ — важная компонента технологии СКИП—ВЭРЗ. Он предоставляет

возможность оперативно выделять в разрезе отдельные стратиграфические элементы и с удовлетворительной точностью определять глубины их залегания. Отличительная особенность метода состоит в том, что выделяемые отдельные аномально поляризованные пласты (АПП) типа «нефть», «газ», «вода», «соль», «кристаллический фундамент» и др., а также мощности и глубины их залегания определяются не путем решения обратных задач, как это обычно делается практически во всех геофизических методах, а находятся в процессе измерений непосредственно по экспериментально обоснованной технологической схеме измерений вдоль длинных линий. В итоге применение технологии ВЭРЗ в пределах закартированных методом СКИП аномалий типа «залежь» дает возможность оценивать глубины залегания и мощности АПП типа «нефть», «газ», вода и др. (причем как отдельных АПП, так и суммарные мощности АПП разреза во всех интервалах). При этом глубины залегания основных перспективных горизонтов определяются непосредственно в поле, в процессе выполнения зондирований.

В настоящее время активно проводятся работы по теоретическому обоснованию геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ, например, в статье [Шуман и др., 2008] и в других публикациях В. Н. Шумана.

Феноменологическое описание базовых принципов технологии зондирования ВЭРЗ изложено также в международном патенте [Weaver, Warren, 2004].

Обнаружение и картирование водоносных коллекторов и геотермальных источников. Методы СКИП и ВЭРЗ 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. [Левашов и др., 2003; 2011; Vokovoy et al., 2003; Levashov et al., 2004; Yakumchuk et al., 2010].

В октябре 2009 г. на территории расположения базы отдыха в пгт Межгорье проведены экспериментальные работы с целью определения возможности оценки методами СКИП и ВЭРЗ относительной минерализации подземных вод. Здесь по данным площадной съемки СКИП на территории поисков установлено пять небольших по площади подземных водных потоков (рис. 1). В их пределах фильтрация подземной воды происходит вдоль тектонических нарушений (зон дробления пород



Рис. 1. Карта зон фильтрационных водных потоков на территории базы отдыха в пгт Межгорье: 1 — шкала увлаженности грунтов; 2 — направление миграции подземных водных потоков; 3 — пункт ВЭРЗ; 4 — точки, рекомендуемые для бурения поисковых скважин.

карпатского флиша). Глубины расположения потоков установлены зондированием ВЭРЗ в пределах от 5—6 до 15—25 м. По результатам работ определено четыре места для бурения поисковых скважин. Наиболее оптимальное из них расположено в районе пункта ВЭРЗ № 12.

По степени минерализации потоки условно разделены следующим образом; г/дм³: 1) максимальная (поток № 5) — $M=1,5$; 2) минимальная (поток № 1) — $M=0,2$; 3) средняя (потоки № 2—4) — $M=0,6, 0,8, 0,4$.

В пределах достаточно хорошо изученной зоны развития гидротермальных источников (вод) экспериментально изучены возможность и целесообразность применения методов СКИП и ВЭРЗ для их поисков и картирования. В принципе при решении такого рода задач дополнительно оценивается температура воды в отдельных коллекторах, а также максимальная температура воды в разрезе в точках измерений на поверхности.

На участке обследования съемка методом СКИП выполнялась, в основном, вдоль дорог. На карте-схеме (рис. 2) изучения одного фрагмента зоны показаны траектории движения автомобиля, где выделены точки измерений в пределах аномальных зон. Дополнительно нанесены схематические маршрутные карты температур геотермальной воды, построенные по результатам обработки данных измерений. Кроме того, построены три дополнительно схематические карты, размеры которых составляют 47,5×31,0, 141,0×31,0 и 22,4×36,2 км соответственно (здесь не представлены).

При проведении полевых работ аномальные зоны были приурочены в большинстве случа-

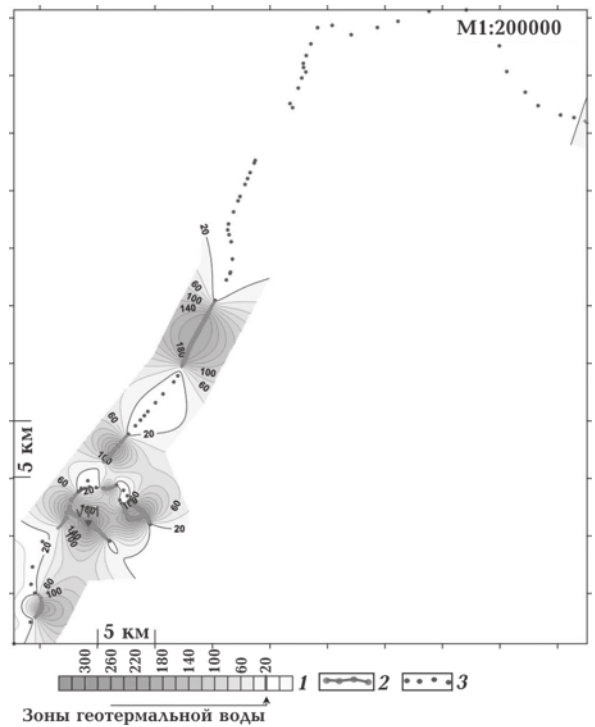


Рис. 2. Схематическая карта аномальных зон типа «источник гидротермальных вод» в районе маршрутных измерений методом СКИП вдоль дорог: 1 — шкала температуры воды (в градусах Цельсия); точки измерений методом СКИП; 2 — температура >20 °С; 3 — температура <20 °С.

ев к участкам расположения скважин с геотермальной водой. Это обстоятельство можно считать дополнительным подтверждением эффективности и работоспособности мобильного метода СКИП в плане обнаружения и картирования зон распространения геотермальных вод и источников.

Зондирование ВЭРЗ в интервале 500—3000 м выполнено в одной точке (рис. 2) обследованной зоны, которая расположена в зоне максимальных значений температуры воды. Здесь в интервале глубин 1235—3000 м (рис. 3) выделено 8 горизонтов геотермальной воды различной мощности и температуры: 1) глубина пласта (коллектора) — 1235 м; мощность пласта — 28 м; температура воды — 160°; 2) 1367 м, 13 м, 200°; 3) 1599 м, 11 м, 220°; 4) 1722 м, 18 м, 240°; 5) 2045 м, 56 м, 320°; 6) 2195 м, 80 м, 320°; 7) 2455 м, 205 м, 320°; 8) 2805 м, 111 м, 340°. Отметим, что с увеличением глубины залегания пластов повышается 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 показано две диаграммы (кривые) зондирования. Кривая 1 фиксирует положение водоносных горизонтов, в том числе с геотермальной водой, диаграмма 2 характеризует тип пород разреза. Целесообразно отметить, что практически на всех интервалах глубин расположения водоносных горизонтов эти две диаграммы совпадают — одна указывает на наличие воды, другая — на наличие коллектора.

Результаты экспериментов в пределах известной и изученной зоны распространения геотермальных источников, а также многолетний практический опыт применения мобильных методов СКИП и ВЭРЗ для поисков воды позволяют констатировать, что они могут быть использованы также для обнаружения и картирования зон развития геотермальных вод. Съёмкой методом СКИП участки и зоны геотермальных источников могут быть опера-

тивно обнаружены и оконтурены. В пределах закартированных аномальных могут быть оценены максимальные температуры геотермальных вод в разрезе. Зондирование ВЭРЗ позволяет оценить глубины залегания и мощности коллекторов геотермальной воды. Температура геотермальной воды в отдельных коллекторах определяется и при зондировании. Апробированные в пределах известной зоны широкого развития геотермальных источников мобильные геофизические методы рекомендуются для практического применения при проведении поисковых исследованиях на геотермальные ресурсы.

Выявление и оконтуривание зон уранового оруденения. В 2009 г. проводились геоэлектрические работы с целью выделения и картирования участков скопления газа и газоконденсата в районе Новокоптяковской зоны разломов (Кировоградский рудный район). В это время была опробована отдельная модификация технологии СКИП—ВЭРЗ, предназначенная для обнаружения и картирования зон уранового оруденения по площади и определения глубин залегания и мощностей отдельных рудных тел в разрезе [Левашов и др., 2010а]. В процессе проведения такого рода работ экспериментально были подобраны соответствующие частотные характеристики генераторной и приемной антенн и частоты резонансного отклика от зоны залегания урановых руд. По данным экспериментальной съёмки методом СКИП построена схематическая карта геоэлектрических аномалий, обусловленных зонами уранового оруденения в пределах участка работ.

Съёмкой СКИП выявлена и закартирована также локальная аномалия типа «зона уранового оруденения», в пределах которой выполнено зондирование ВЭРЗ по профилю 1 (рис. 4, 5). Закартированная локальная зона возможного скопления руды не разбурена. Наличие рудных залежей в пределах этой аномалии подтверждается также методом ядерно-магнитного резонанса [Ковалев и др., 2010].

По результатам работ на Новокоптяковском месторождении урановых руд показана принципиальная возможность использования методов СКИП и ВЭРЗ для «прямых» поисков урановых руд: площадная съёмка методом СКИП позволяет выявлять и картировать геоэлектрические аномальные зоны типа «зона уранового оруденения», а зондирование ВЭРЗ — определять в пределах закартированных АПП залегания и мощности аномально поляризованных пластов типа «урановая залежь».

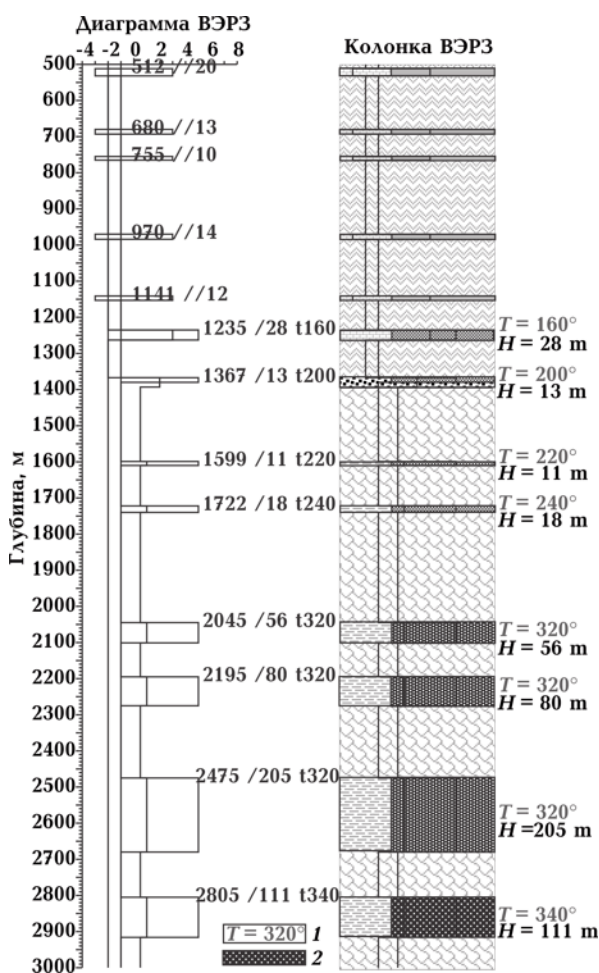


Рис. 3. Результаты вертикального электрорезонансного зондирования в точке VT1: 1 — температура воды; 2 — АПП типа «пласт геотермальной воды».

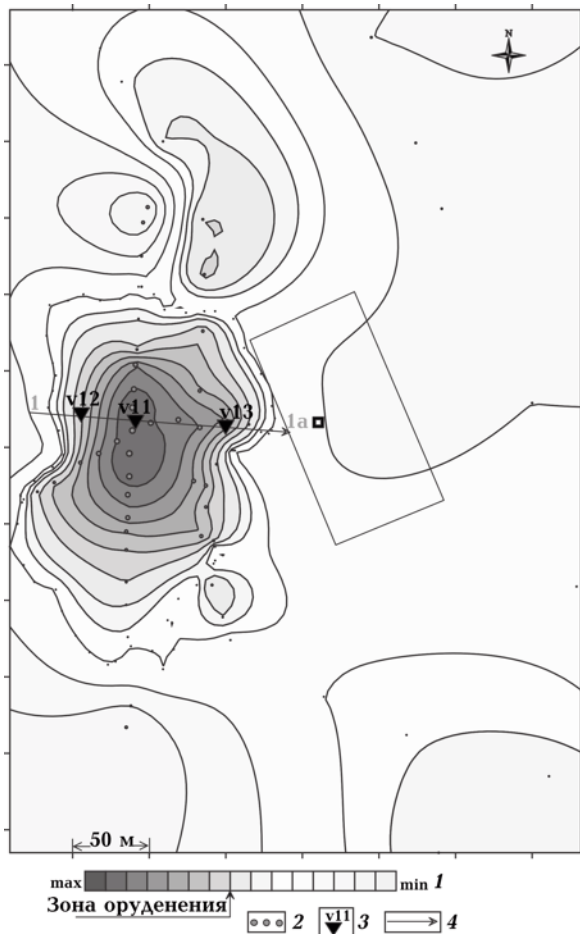


Рис. 4. Локальная аномалия типа «зона уранового оруденения» на площади работ: 1 — шкала интенсивности аномалий; 2 — отдельные пункты съемки СКИП; 3 — пункт ВЭРЗ; 4 — линия разреза.

Поиски объектов с золоторудной минерализацией. На начальном этапе поисков выполнена обработка данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью обнаружения и картирования аномалий типа «зона золоторудной минерализации» [Левашов и др., 2010в]. В пределах участка обработки выделено и закартировано 12 аномалий типа «зона золоторудной минерализации» различных размеров и интенсивности. Полученные результаты использовались при планировании маршрутов наземной съемки методом СКИП.

На следующем этапе поисковых работ проведены наземные полевые работы в пределах закартированных аномальных зон. Всего выполнено 61,6 км съемки СКИП и 17 пунктов ВЭРЗ в интервале глубин 0—500 м (рис. 6).

Съемкой СКИП по горным дорогам в пределах участка обследования выделено и закартировано 8 АТЗ типа «зона золоторудного оруденения». В целом все АТЗ зафиксированы в

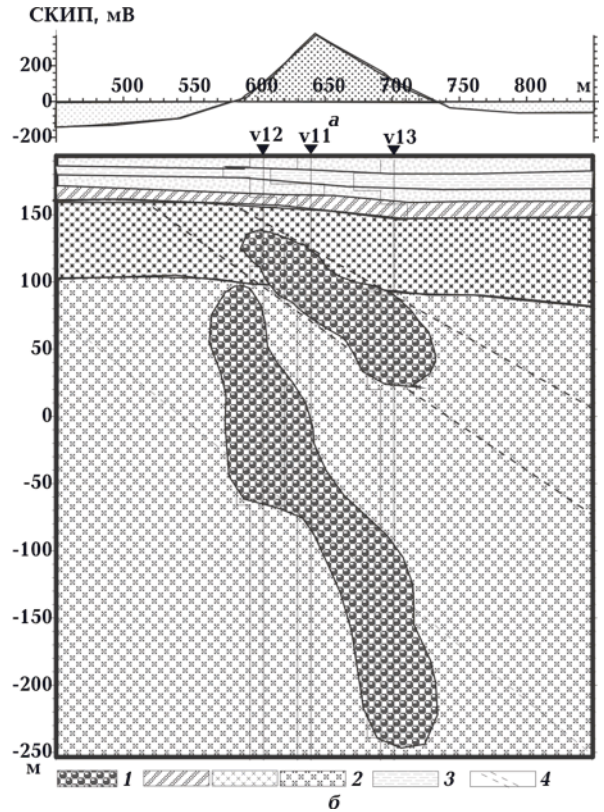


Рис. 5. Вертикальный разрез аномальной зоны типа «урановое оруденение», профиль 1: 1 — зоны АПП типа «урановое оруденение»; 2 — гранитоиды; 3 — обводненный горизонт; 4 — тектонические нарушения.

районах расположения аномалий, выделенных по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ. Наиболее крупные по площади и интенсивности аномалии — зоны 2—5. В северной части района работ за пределами участка отдельными маршрутами обнаружены дополнительно две небольшие аномальные зоны.

Зондированием ВЭРЗ в разрезе выделены зоны АПП типа «золоторудный пласт» и «метаморфические породы». По данным зондирования в каждой точке построены диаграммы и колонки (рис. 7).

По результатам выделения в разрезе АПП типа «золоторудный пласт» построена карта суммарной мощности АППа. Максимальные суммарные мощности АПП типа «золоторудный пласт» зафиксированы в пределах аномальных зон 2—5. Зоны максимальных мощностей АППа — наиболее перспективны для бурения поисковых скважин на золото в пределах участка работ.

В целом для АТЗ на участке работ наиболее оптимальными пунктами для заложения поисковых скважин на золото являются следующие станции ВЭРЗ: 1) v14 (суммарное зна-

чение АППа=96 м); 2) v16 (АППа=60 м); 3) v09 (АППа=44 м); 4) v17 (АППа=40 м). Первую скважину целесообразно закладывать в аномальной зоне 6 в районе пунктов ВЭРЗ v16, v17.

Проведение поисковых исследований на нефть и газ. В марте—апреле 2009—2011 гг. проводились экспериментальные исследования методами СКИП—ВЭРЗ на пяти лицензионных участках в районе Ванкорского нефтегазового месторождения, расположенных в зоне развития многолетнемерзлых пород (Красноярский край) [Кринин и др., 2011]. Основные задачи: а) обнаружение и картирование АТЗ в пределах лицензионных участков методом СКИП; б) выделение в разрезе, а также определение глубин залегания и мощностей АПП типа «нефть» и «газ» по данным ВЭРЗ в пределах АТЗ; в) оценка возможностей определения мощности и изучения внутреннего строения криогенной зоны методом ВЭРЗ; г) подготовка предложений и рекомендаций по применению методов СКИП и ВЭРЗ для

поисков нефти и газа в условиях Западно-Сибирской плиты.

На Туколандском участке выполнено 216 км маршрутной съемки методом СКИП. Зондирование ВЭРЗ проведено в 50 пунктах для интервала глубин 2000—4000 м и в 66 точках в интервале 0—1000 м. По полученным данным построены: а) карта аномальных зон типа «залежь» участка работ по данным съемки методом СКИП (рис. 8); б) карты суммарной мощности АПП типа «нефтегазовый пласт», «нефтяной пласт» и «газовый пласт» в интервале глубин 2000—4000 м; в) карта мощности зоны мерзлоты; г) карта мощности обводненного горизонта под зоной мерзлоты; д) карта глубин подошвы зоны мерзлоты; е) карта опорного геоэлектрического горизонта М1; ж) графики диаграмм и колонки зондирования ВЭРЗ в 15 пунктах; з) вертикальные разрезы ВЭРЗ по 10 профилям (рис. 9).

По результатам ВЭРЗ установлено, что отражающий сейсмический горизонт I_d-0 в интервале глубин 3350—3550 м практически на всей площади работ попадает в выделенный на этих глубинах геоэлектрический горизонт. В верхней части интервала зондирования на глубинах 2000—2200 м по данным ВЭРЗ уверенно выделяется и прослеживается по площади дополнительный геоэлектрический маркирующий горизонт М1 (см. рис. 9).

Результаты геоэлектрических работ на лицензионных участках показали, что технология СКИП—ВЭРЗ может успешно применяться при поисках и разведке скоплений УВ в тектонических и геологических условиях Сибирской платформы [Кринин и др., 2011].

Оценка значений пластового давления флюидов в продуктивных коллекторах разреза. Оценка перспектив нефтегазоносности участка «Агеа-2» проводилась путем обработки и интерпретации данных ДЗЗ на первом этапе и геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ — на втором.

По результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ в пределах обследованного участка, практически в его центре выделена аномальная зона типа «залежь нефти». В ее контурах выявлен также участок с повышенными значениями среднего пластового давления.

Наземной съемкой методом СКИП эта аномальная зона обследована несколькими маршрутами (рис. 10). По данным съемки построена схематическая карта типа «залежь углеводородов». Площадь аномальной зоны в пределах лицензионного участка $5 \times 2 = 10 \text{ км}^2$ (общая),

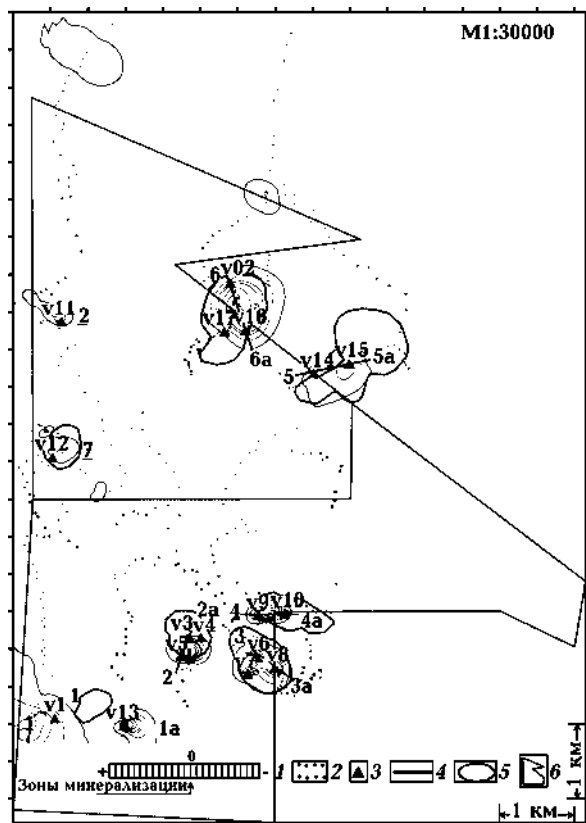


Рис. 6. Карта геоэлектрических аномалий типа «зона золоторудного оруденения» на участке «АР» (по данным съемки СКИП): 1 — шкала интенсивности поля СКИП; 2 — точки съемки СКИП; 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — положение профилей №№ 1—6 по данным ВЭРЗ; 5 — зоны золоторудного оруденения по спутниковым данным; 6 — контуры участка работ.

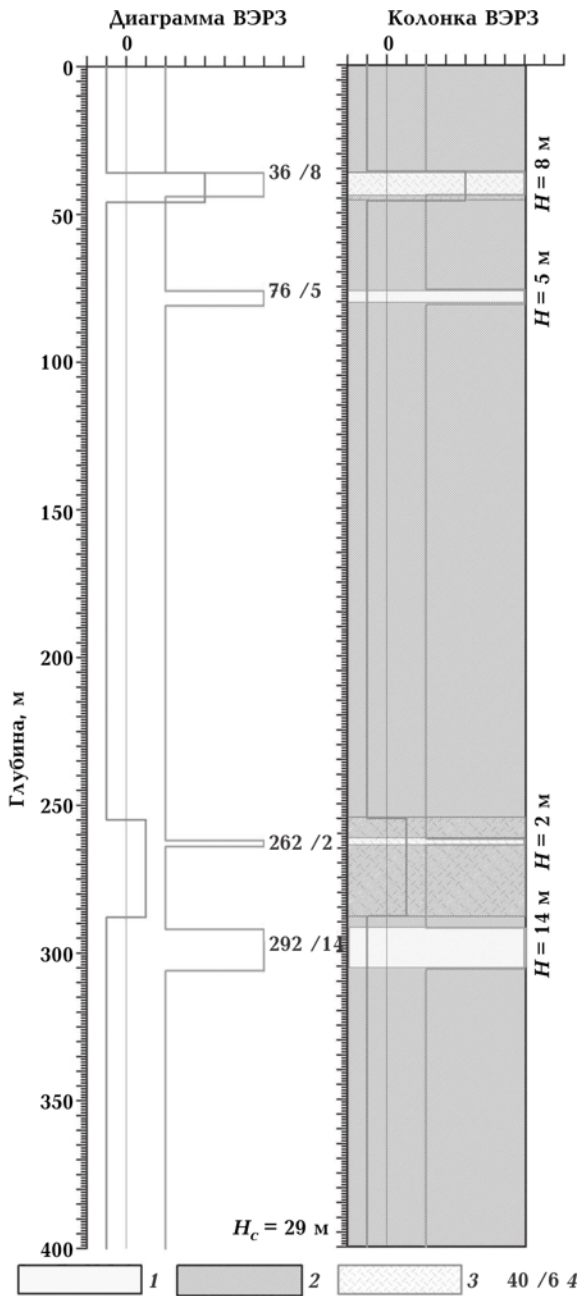


Рис. 7. Результаты зондирования ВЭРЗ на участке «АР». Аномальная зона № 2. Пункт № v04 (интервал глубин $H=0\div 400$ м): 1 — АППа типа «золоторудный пласт»; 2 — коренные породы (зоны метаморфизма и окварцевания); 3 — зоны окварцевания; 4 — глубина кровли АППа/мощность АППа.

$3 \times 1,73 = 5,18 \text{ км}^2$ (с повышенными пластовым давлением).

Зондирование ВЭРЗ проведено в шести пунктах аномальной зоны. Для каждой точки зондирования построены диаграммы и колонки ВЭРЗ. По данным ВЭРЗ построены карты: а) суммарной мощности АПП типа «нефть»; б) суммарной мощности АПП типа «газ»;

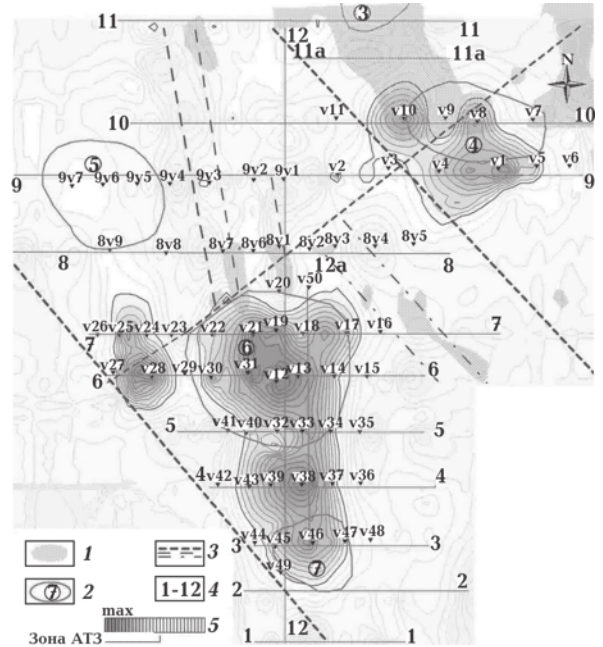


Рис. 8. Карта АТЗ лицензионного участка: 1 — зоны геохимических аномалий; 2 — поднятия; 3 — зоны тектонических нарушений; 4 — номера профилей измерений; 5 — шкала значений поля СКИП.

в) глубин кровли пород фундамента в пределах фрагмента лицензионного блока. По данным зондирований в отдельных пунктах вдоль трех профилей построены вертикальные геоэлектрические разрезы.

В результате в пределах обследованного лицензионного участка «AREA-2» обнаружена и закартирована аномальная зона типа «залежь углеводородов». Выделенный участок с повышенными значениями пластового давления наиболее перспективен для заложения поисковых скважин.

По результатам зондирования ВЭРЗ на месторождении в Полтавской обл. с использованием усовершенствованной методики, оценены значения пластовых давлений в отдельных АПП типа «газ» и «нефть» (рис. 11).

О новой парадигме геофизических исследований. Приведенные выше результаты, а также материалы исследований на других объектах [Левашов и др., 2002; 2003; 2008; Vokovoy et al., 2003; Levashov et al., 2004; Шуман и др., 2008; Yakymchuk et al., 2008] демонстрируют эффективность геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ при решении широкого класса поисковых геофизических, инженерно-геологических, гидрогеологических задач. Многолетний опыт их практического применения позволяет констатировать следующее.

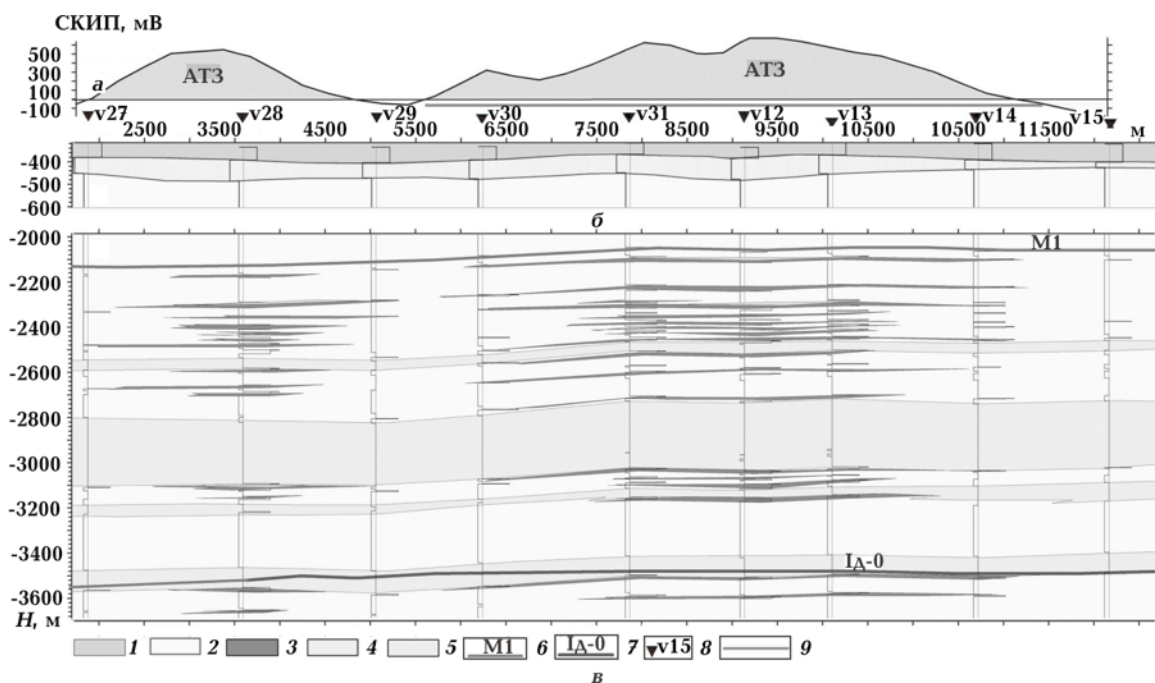


Рис. 9. Вертикальный геоэлектрический разрез через аномальные геоэлектрические зоны и структурное поднятие вдоль профиля геоэлектрических измерений № 6: а — график поля СКИП; б — подошва мерзлого слоя и мощность слоя талых вод; в — АПП в интервале глубин 2000—3680 м (1 — АПП типа «мерзлый слой»; 2 — АПП типа «таялая вода»; 3 — АПП типа «нефть»; 4 — АПП типа «газ»; 5 — АПП типа «плотные породы (аргиллиты, алевролиты)»; 6 — маркирующий геоэлектрический горизонт; 7 — отражающий сейсмический горизонт I_Δ-0; 8 — пункты ВЭРЗ; 9 — зона локального поднятия по сейсмическим данным).

1. Результатами применения классических геофизических методов являются схемы, модели, разрезы распределения различных физических свойств горных пород — скорости распространения сейсмических волн, плотности, магнитной восприимчивости (интенсивности намагничивания), сопротивления (проводимости) и др. Такие модели (распределения) строят обычно по результатам решения обратных задач геофизики или же компьютерного моделирования в режиме решения прямых задач (ручного подбора). В результате последующей геологической интерпретации полученных распределений физических свойств разрез изучаемых объектов и площадей наполняется соответствующими структурными элементами и горными породами, с которыми могут быть связаны определенные типы рудных и горючих полезных ископаемых, водоносные коллекторы, подземные водные потоки и др.

2. В неклассических геоэлектрических методах СКИП и ВЭРЗ акцент делается не на измерении соответствующих компонент геоэлектрических (электромагнитных) полей и определение по измеренным значениям полей физических свойств разреза (сопротивления, проводимости), а на выделении и картировании с использованием частотно-резонансного

принципа АТЗ и АПП сугубо определенного типа. Так, площадной съемкой методом СКИП выделяются и картируются АТЗ типа «залежь УВ», «залежь нефти», «залежь газа», «золоторудная залежь», «водоносный горизонт» и др. Зондированием методом ВЭРЗ в разрезе изучаемых площадей выделяются АПП типа «нефтеносный пласт», «газоносный пласт», «водоносный пласт», «соленосный пласт», «кристаллический фундамент», «пласт с золоторудной минерализацией», «пласт с платиновой минерализацией», «пласт с урановой минерализацией» и др. Глубины залегания и мощности АПП определяются при этом с приемлемой точностью.

3. В процессе выполнения съемки методом СКИП оператор мгновенно получает информацию о положении каждой точки регистрации находится ли он в пределах АТЗ или нет. Это позволяет оперативно оптимизировать проведение измерений, с одной стороны, а также эффективно и в полном объеме оконтуривать АТЗ, с другой. Более того, выделение АТЗ непосредственно в поле, в процессе проведения съемки СКИП предоставляет возможность для оптимального размещения пунктов зондирования методом ВЭРЗ в дальнейшем, на следующем этапе полевых работ. Еще одним

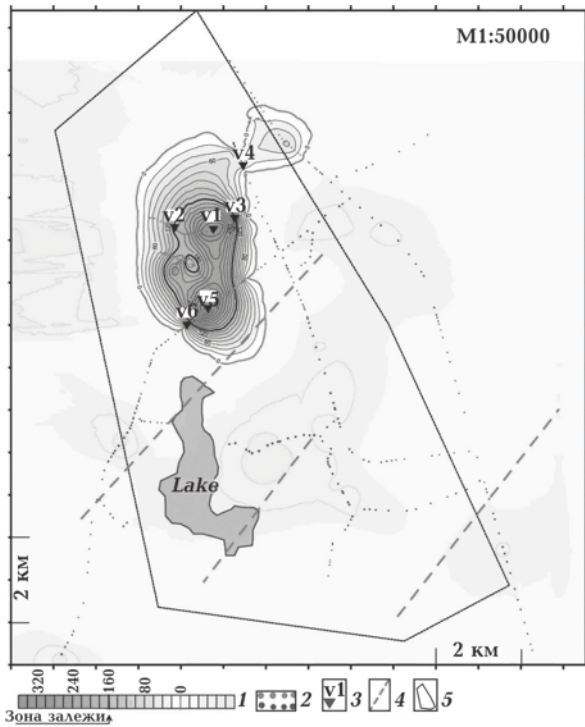


Рис. 10. Карта аномальных зон типа «залежь углеводородов» в пределах лицензионного блока «Агеа-2» в Южной Америке (по данным наземной съемки СКИП): 1 — шкала интенсивности аномального отклика в единицах среднего пластового давления (атмосферы); 2 — точки съемки СКИП; 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — тектонические нарушения; 5 — контуры участка.

важным достоинством технологии СКИП—ВЭРЗ является то обстоятельство, что зондированием ВЭРЗ глубины залегания и мощности АПП конкретного типа также определяются в процессе измерений, непосредственно в поле. В принципе, это позволяет оперативно и эффективно, с минимальными затратами времени проследить по площади глубины залегания в разрезе и мощности, представляющих практический поисковый интерес, горизонтов и пластов, установленных бурением, зондированием ВЭРЗ в базовых точках или же другими геофизическими методами.

4. На данном этапе применения геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ в последовательности этапов — полевые наблюдения, обработка данных измерений, интерпретация полученных материалов — не применяются традиционно используемые алгоритмы, методы и компьютерные технологии решения прямых и обратных задач геоэлектрики (геофизики). Основной вклад в эффективность и оперативность этих методов **вносят технические средства** — оригинальные аппаратурные

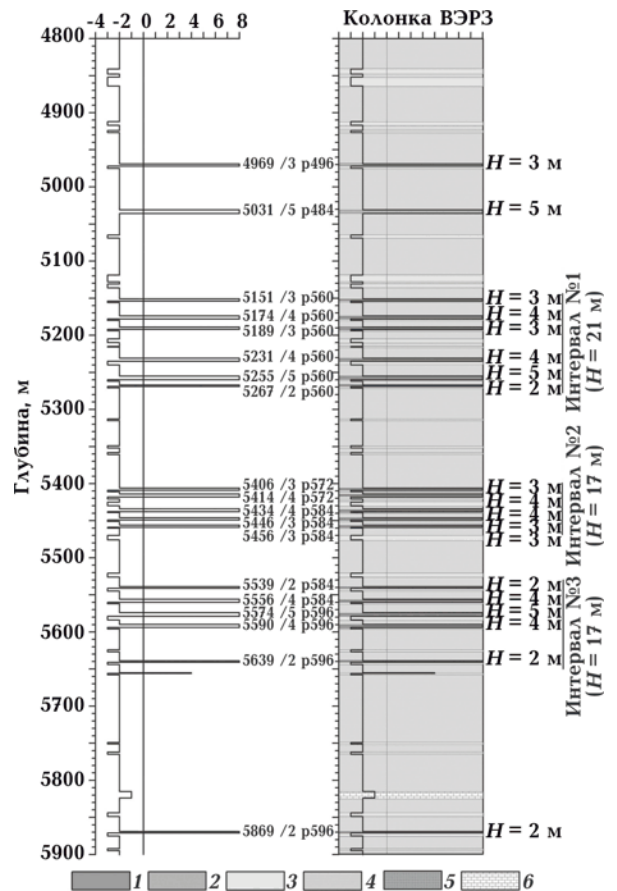


Рис. 11. Результаты зондирования ВЭРЗ в пункте V1 (месторождение в Полтавской обл., Украина). Аномально-поляризованный пласт типа: 1 — «газ»; 2 — «газ с небольшим пластовым давлением»; 3 — «вода»; 4 — «аргиллит-алевролит»; 5 — «песчаник» (коллектор газа и воды); 6 — «известняк». 5869 / 2 p596 — глубина залегания АПП типа «газ», его мощность и значение пластового давления в атмосферах соответственно.

разработки (комплекс антенн, генераторов, регистраторов), а также программное обеспечение регистрации и обработки данных измерений непосредственно в поле. В перспективе возможности этих методов при решении практических геолого-геофизических задач могут быть расширены за счет включения в графы проведения исследований этими методами интерпретационных этапов решения прямых и обратных задач геоэлектрики.

5. Положительные результаты решения разнообразных практических задач неклассическими геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ свидетельствуют об их существенном вкладе в становление новой, «**вещественной**», парадигмы геофизических исследований [Левашов и др., 2011], в рамках которой осуществляется «**прямой**» поиск **конкретного физического вещества**: газа, нефти, газогидратов,

воды, рудных минералов и пород (золото, платина, серебро, цинк, уран, алмазы, кимберлиты и др.). Начальным этапом в становлении этой парадигмы можно считать первые исследования и разработки по «прямым» методам поисков нефти и газа. В это же время в геолого-геофизическую терминологию было введено известное и широко используемое в настоящее время (в том числе авторами) выражение — аномалия типа «залежь» (АТЗ). Эффективность геофизических методов, базирующихся на принципах этой парадигмы, существенно выше традиционных.

6. Определенный вклад в становление «вещественной» парадигмы геофизических исследований вносит и частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ, практическая апробация которого проводится авторами начиная с 2009 г. [Левашов и др., 2010б; 2010в]. Этот метод также ориентирован на обнаружение и картирование по спутниковым данным аномалий типа «залежь нефти», «залежь газа», «водоносный горизонт», «зона золоторудной минерализации» и др. Совместное использование метода обработки и интерпретации данных ДЗЗ и технологии СКИП—ВЭРЗ на различных этапах геолого-геофизических исследований позволяет существенно оптими-

зировать и ускорить поисковые и изыскательские этапы геофизических работ.

Выводы. Мобильные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ в комплексе с технологией частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли могут быть использованы для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности и рудоносности крупных по площади и труднодоступных районов и территорий. Авторами сформулированы методические принципы применения этого комплекса методов для оперативной оценки перспектив обнаружения скоплений УВ в различных нефтегазоносных регионах Украины. Оперативное проведение работ оценочного характера на территории Украины позволит получить новую и независимую информацию, которая может быть использована для выбора первоочередных объектов для детального изучения, привлечения инвесторов для проведения поисковых геолого-геофизических работ и опытной разработки перспективных объектов. Привлечение к решению проблемы поисков и разведки скоплений УВ небольших инвестиционных компаний и отдельных инвесторов будет способствовать существенному увеличению объемов поисковых геологоразведочных работ.

Список литературы

- Ковалев Н. И., Гох В. А., Иващенко П. Н., Солдатова С. В. Опыт практического использования аппаратуры комплекса «Поиск» для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений // Геоинформатика. — 2010. — № 4. — С. 46—51.
- Кринин В. А., Проскуряков А. Л., Пьявко А. М., Червоний Н. П., Левашов С. П. Применение геоэлектрических методов СКИП—ВЭРЗ для поисков нефти и газа в районе Ванкорского месторождения // Нефт. хоз-во. — 2011. — № 11. — С. 18—21.
- Левашов С. П., Гуня Д. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Пищаный Ю. М. О возможности прогнозирования зон повышенной газонасыщенности углей и вмещающих пород геоэлектрическими методами // Докл. НАН Украины. — 2002. — № 10. — С. 118—122.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. Электро-резонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии // Геол. журн. — 2003. — № 4. — С. 24—28.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Червоний Н. П. Экспресс-технология прямых поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами // Нефт. хоз-во. — 2008. — № 2. — С. 28—33.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Рагин Д. В., Юзленко А. Т. О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах // Геоинформатика. — 2010а. — № 1. — С. 22—32.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков // Геоинформатика. — 2010б. — № 3. — С. 22—43.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Божежа Д. Н. Оперативное решение задач оценки перспектив рудоносности лицензионных участков и территорий в районах действующих промыслов и рудных месторождений // Геоинформатика. — 2010в. — № 4. — С. 23—30.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. Оперативное решение практических задач приповерхностной геофизики: от применения не-

- классических геоэлектрических методов до новой парадигмы геофизических исследований // Геоинформатика. — 2011. — № 1. — С. 22—31.
- Шуман В. Н., Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспективы // Геоинформатика. — 2008. — № 2. — С. 22—50.
- Bokovoy V. P., Levashov S. P., Yakymchuk M. A., Korchagin I. N., Yakymchuk Ju. M. Mudslide area and moistening zones mapping with geophysical methods on the slope of the Dniper river in Kyiv // 65nd EAGE Conference and Technical Exhibition. Stavanger, Norway, 2—5 June 2003. Poster presentations. Absr. P208. — CD-ROM Abstracts volume. — 4 p.
- Levashov S. P., Yakymchuk M. A., Korchagin I. N., Pyschaniy Ju. M., Yakymchuk Ju. M. Electric-resonance sounding method and its application for the ecological, geological-geophysical and engineering-geological investigations // 66th EAGE Conf/ and Exhibition: Extended Abstracts. — 2004. — P035. — 4 p.
- Solovyov V. D., Bakhmutov V. G., Korchagin I. N., Levashov S. P., Yakymchuk N. A., Bozhezha D. N. Gas Hydrates Accumulations on the South Shetland Continental Margin: New Detection Possibilities. Hindawi Publishing Corporation // J. Geol. Res. — V. 2011. — Art. ID 514082. — 8 p. — DOI:10.1155/2011/514082.
- Weaver Barry W., Warren Roy K. Electric power grid induced geophysical prospecting method and apparatus. Int. Patent N WO 2004/106973 A2, Dec. 9, 2004.
- Yakymchuk N. A., Levashov S. P., Korchagin I. N. Express-technology for direct searching and prospecting of hydrocarbon accumulation by geoelectric methods // Intern. petroleum technology conference, 3—5 Dec. 2008. — Kuala Lumpur, Malaysia, 2008. — Paper IPTC-12116-PP. — Conf. CD-ROM Proceed. — 11 p.
- Yakymchuk N. A., Levashov S. P., Korchagin I. N., Pyschaniy Ju. M., Bozhezha D. N. Prospecting and mapping of aquiferous stratum of different mineralization by geoelectric methods // Near Surface 2010. — 16th Eur. Meet. of Environmental and Engineering Geophysics, Zurich, Switzerland, 6—8 Sept. 2010. Extended Abstr. — 2010. — P18. — 6 p.