

## ТЕХНОЛОГИЯ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ДЗЗ: РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПОИСКАХ И РАЗВЕДКЕ РУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

С.П. Левашов<sup>1,2</sup>, Н.А. Якимчук<sup>1,2</sup>, И.Н. Корчагин<sup>3</sup>, Д.Н. Божежа<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина

<sup>2</sup>Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина

<sup>3</sup>Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина, e-mail: korchagin@karbon.com.ua

Анализируются результаты экспериментальной апробации и практического применения мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью “прямых” поисков полезных ископаемых различного вида на рудных месторождениях и перспективных площадях. Поисковые исследования с ее применением проведены в рудных районах в Республике Казахстан, Украине, Камеруне, Судане и Канаде. Многие обнаруженные аномальные зоны типа “зона золоторудного оруденения” заверены детальными геолого-геофизическими работами и бурением. Показано, что для обнаружения и картирования мелких объектов (рудных жил) необходимо проводить обработку данных ДЗЗ в крупном масштабе – 1 : 2000 и крупнее. На локальном поисковом участке в районе известного рудного поля Klondike Gold Fields материалы обработки и интерпретации данных ДЗЗ сопоставляются с результатами исследований традиционными геофизическими и геохимическими методами. Включение прямопоисковой технологии в традиционный комплекс поисковых геолого-геофизических методов будет способствовать как минимизации финансовых затрат на решение конкретных поисково-разведочных задач, так и существенному сокращению времени на их практическую реализацию.

**Ключевые слова:** прямые поиски, частотно-резонансная обработка, рудное месторождение, спутниковые данные, золото, медь, серебро, цинк, свинец, железо, геофизические и геохимические исследования.

**Введение.** Для повышения оперативности и эффективности поискового процесса на рудные и горючие полезные ископаемые в последнее время активно разрабатываются и целенаправленно применяются прямопоисковые геофизические технологии и методы. Особенно существенное сокращение времени на проведение поисковых и разведочных работ предоставляют прямопоисковые технологии, которые базируются на обработке и интерпретации (дешифрировании, декодировании) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с космических аппаратов (спутниковых снимков). Такого рода технологии позволяют получать значительный объем информации о перспективах нефтеносности (рудноносности) изучаемых площадей и объектов без проведения полевых работ, в камеральных (лабораторных) условиях. В принципе, эти методы (технологии) можно считать супероперативными!

Отметим также, что разработаны и постоянно совершенствуются технологии обработки и интерпретации данных ДЗЗ в рамках “вещественной” парадигмы геолого-геофизических исследований, сущность которой состоит в “прямых” поисках

конкретного вещества: нефти, газа, золота, серебра, платины, цинка, железа, воды и др. [7]. К таким технологиям можно отнести “Инфоскан”, “Томко” [11] “Поиск” [1] и др. В целом можно считать, что эффективность геофизических методов, основанных на принципах “вещественной” парадигмы, выше традиционных.

Разработанные и активно используемые авторами мобильные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [2–4, 7] также базируются на принципах “вещественной” парадигмы геофизических исследований. Эти методы уже на протяжении многих лет успешно применяются для оперативного решения широкого класса геолого-геофизических задач, в том числе поисков рудных и горючих полезных ископаемых.

Начиная с 2010 г. мобильная прямопоисковая экспресс-технология СКИП–ВЭРЗ дополнена (расширена) частотно-резонансным методом обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ [5–7]. В этом методе обработки данных ДЗЗ полезный сигнал из спутниковых снимков

выделяется частотно-резонансным способом. Для различных полезных ископаемых (нефть, газ, уран, золото, вода, цинк и др.) на их образцах определены характерные для них резонансные частоты, которые используются при обработке и дешифрировании данных ДЗЗ.

Ниже в статье анализируются результаты апробации этой супермобильной технологии при поисках и разведке рудных полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Однако прежде чем приступить к описанию результатов решения конкретных практических задач, рассмотрим изложенные ниже аспекты.

**Практическая апробация технологии.** Отметим вначале, что как сам метод частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ в целом, так и методические вопросы его применения при решении конкретных практических задач разрабатывались (отрабатывались) в экспериментальном режиме на поисковых площадях и объектах в регионах с различными структурно-тектоническими условиями. В Украине эта мобильная технология применялась (а также апробировалась) при поисках различных полезных ископаемых – газа, газового конденсата, нефти, угля, питьевой, минеральной и геотермальной воды, урана, золота, серебра, меди, цинка, свинца, янтаря.

Авторы активно проводили и проводят в настоящее время геофизические исследования (в том числе апробацию технологии) на различные полезные ископаемые в других странах на разных континентах. Это Россия – нефть, газ, газовый конденсат, газогидраты, алмазы, золото; Беларусь – нефть, газ, газовый конденсат; Республика Казахстан – нефть, газ, золото, цинк; Турция – нефть, газ, газовый конденсат, золото, платина, геотермальная вода; Колумбия – нефть, газ, газовый конденсат, уголь; район Антарктического полуострова (Украинская антарктическая станция на о-ве Галиндез, экспедиции 2004, 2006, 2012 гг.) – газогидраты, нефть, газ, картирование ледников, мощности ледовых отложений; шельф Фолклендских островов – нефть, газ; Монголия – нефть, газ, железные и урановые руды, геотермальная вода; Болгария – нефть, газ; США – нефть, газ; Англия – газ, нефть; Австралия – медь, золото; Мексика – золото; Чили – медь; Эквадор – нефть, газ; Гайана – золото, марганец; Судан – нефть, газ, золото; Иран – нефть, газ; Узбекистан – нефть, газ; Туркменистан – нефть, газ; Индонезия – нефть, газ (шельф); Португалия – золото; Ливия – нефть, газ (шельф и суша); Афганистан – нефть, газ; Гана – нефть, газ (шельф); Тунис – нефть, газ; Камерун – золото; ЮАР – нефть, газ (шельф и суша); Намибия – нефть, газ; Мадагаскар – золото; Словакия – геотермальная вода; ОАЭ – нефть, газ; Литва – нефть, газ; Польша – нефть, газ; Румыния –

нефть, газ; Армения – нефть, газ; Грузия – нефть, газ; шельф Арктического региона – нефть, газ; Норвегия – нефть, газ (шельф); Венесуэла – нефть, газ (шельф); Тринидад и Тобаго – нефть, газ (шельф); шельф Мексиканского залива – нефть, газогидраты; Вьетнам – титаномагнетит; Камбоджа – нефть, газ (шельф), золото, рубины.

Значительный объем экспериментальных исследований с использованием частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ выполнен в 2014 г. с целью поисков и разведки промышленных скоплений углеводородов (УВ) в различных регионах. Так, в начале года проведена оперативная оценка перспектив нефтегазоносности локального участка бурения параметрической и двух поисковых скважин на лицензионной площади в северо-западной части Республики Казахстан. В том же году проведены детальные исследования с использованием частотно-резонансного, а также наземных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ [2–4, 7] на месторождении нефти в Украине, находящемся на поздней стадии разработки; оперативно выполнена оценка перспектив нефтегазоносности четырех крупных по площади участков проведения сейсмических работ 3D в норвежской части бывшей “серой” зоны Баренцева моря; реализовано несколько проектов демонстрационного характера в различных регионах мира: Ливии, США, России (п-ов Ямал, Ханты-Мансийский округ – Югра, Московская синеклиза), Грузии.

Важное значение, по мнению авторов, имеют результаты экспериментального применения технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ для обнаружения и картирования в зонах распространения сланцевых пород локальных участков скопления повышенных концентраций УВ (нефти, газа, газоконденсата). С использованием этой технологии обработаны спутниковые снимки крупных поисковых участков и блоков на территориях распространения сланцевых комплексов в Украине, Польше, Румынии, Англии и США [9].

В последнем квартале 2014 г. обработаны спутниковые снимки достаточно крупного блока в районе пробуренной скважины-открывательницы нефтегазоконденсатного месторождения “Университетская-1” в пределах одноименной структуры в Карском море (Арктика, Россия), а также участка расположения газового месторождения F-O на южном шельфе ЮАР [10].

Для всех регионов получены интересные результаты, заслуживающие внимания специалистов нефтяных компаний, сервисных геофизических компаний, а также представителей академической науки. К сожалению, к полученным материалам пока относятся настороженно, во многих случаях их просто не принимают во вни-

мание. Как правило, новые технологии, изменяющие правила игры, проходят длинный путь становления и признания нефтегазовым сектором. Основные причины такого “неприятия” инноваций в нефтегазовой сфере сформулированы в статье [12, с. 37]: “История показывает, что ... успешные, существенно изменяющие правила игры технологии ... часто переживают сравнительно трудные времена становления. Фактически, сообщество потребителей услуг стремится отвергать их, иногда из незнания, иногда из страха, **но в большей степени в силу того, что такие технологии в большинстве случаев нарушают статус-кво. Они часто, в наилучшем значении этого слова, являются разрушающими технологиями**”.

Целесообразно добавить к указанному, что проверка перспективных объектов (аномальных зон типа “нефть” и “газ”) бурением – длительный и дорогостоящий процесс. С данной точки зрения проверка рудных аномальных зон производится намного быстрее и во многих случаях требует незначительных финансовых затрат. В связи с этим возникла объективная необходимость в демонстрации работоспособности и эффективности прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных на обследованных с ее использованием рудных объектах. Добавим, что в 2014 г. частотно-резонансная технология обработки данных ДЗЗ активно использовалась при поисках месторождений золота и других рудных полезных ископаемых в различных регионах мира: Судане, Мексике, Гайане, Камеруне, Колумбии, на Мадагаскаре. На многих обследованных объектах обнаруженные аномальные зоны заверены горно-геологическими работами и бурением. Есть основания считать, что демонстрация работоспособности частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ (и частотно-резонансного принципа выделения полезного сигнала, в принципе) на рудных объектах будет способствовать также повышению внимания к этой технологии и специалистов нефтегазового сектора, а также сервисных геофизических компаний.

**Об аномалиях типа “залежь”.** Так сложились обстоятельства, что с самого начала работ (исследований) над мобильными методами “прямых” поисков скоплений УВ (а также других полезных ископаемых) авторы ввиду сложившейся традиции начали использовать термин (выражение) “аномалия типа залежь” (АТЗ) для обозначения картируемых этими методами аномалий (перспективных объектов). Напомним, что термин был введен в геолого-геофизическую терминологию исследователями на начальном этапе становления так называемых прямых методов поисков и разведки скоплений УВ.

Другую терминологию предлагают использовать авторы технологии “Томко” [11], которые

считают, что разработанный ими метод квантово-оптической фильтрации данных ДЗЗ позволяет напрямую (в самом настоящем смысле данного термина) обнаруживать и картировать участки скопления УВ. В связи с этим картируемые с помощью технологии “Томко” аномалии получили название “прогнозируемые залежи (скопления) УВ”. В принципе, такой подход можно считать достаточно логичным и закономерным.

Поскольку частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ также регистрируются аномальные эффекты на резонансных частотах “большого количества” [11] конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества (нефти, газа, золота, урана, меди и др.), имеет смысл считать (называть) картируемые им аномалии проекциями на земную поверхность “прогнозируемых месторождений (скоплений) УВ (нефти, газа, конденсата)” или “прогнозируемых зон оруденения (золота, меди, урана, цинка и др.)”.

**О координатной привязке результатов исследования.** Для проведения частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ в большинстве случаев используются спутниковые снимки из открытых источников на различных веб-сайтах. Точность координатной привязки таких снимков зависит от многих параметров, а также от использования наземных контрольных точек. Точность привязки может варьировать в достаточно широких пределах и в среднем достигать 10–50 м [<http://ntns.nasa.gov/search.jsp?R=19850012193>].

Полученные в результате обработки снимков результаты относятся (или привязаны) к изображенной поверхности на снимке, и поэтому приведенные на результативных рисунках координаты могут не всегда адекватно (с ошибкой привязки) идентифицировать местоположение обнаруженных и закартированных аномальных зон. Более точная привязка полученных результатов на местности может быть осуществлена при проведении наземных геоэлектрических работ. Вследствие этого заверку достоверности результатов обработки данных ДЗЗ целесообразно проводить вдоль профилей, проложенных через максимумы обнаруженных аномалий перпендикулярно к их простиранию. Интервал обследования в одну и другую сторону от центра аномалии примерно может составлять: 3–5 м × (ширина аномалии).

**Рудные объекты и месторождения в Республике Казахстан.** На начальных этапах становления технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ активно апробировалась на рудных объектах и перспективных на рудную минерализацию участках в Республике Казахстан. Вкратце остановимся на некоторых обследованных участках, в пределах которых впоследствии были проведены детальные геолого-геофизические исследования.

1. В 2010 г. для одного из перспективных золоторудных участков была выполнена частотно-резонансная обработка данных ДЗЗ (рис. 1). На его площади планировалось проведение детальных геолого-разведочных работ и бурения. Исходными данными для исследований были координаты планируемого участка работ, а также координаты точки, в районе которой добычу золота проводили старатели. Взятая в ней проба на золото показала содержание 25 г/т породы. Полученные в пределах этой площади материалы использовались в дальнейшем для определения окончательного контура участка детальных поисковых работ и бурения.

В процессе проведения детального опробования участка были пройдены и опробованы каналы. Визуально в пробах пород обнаружили золото и серебро. Выполнен анализ отобранных образцов золотосодержащих пород. На участке проведены гравиметрические и магнитометрические исследования в масштабах 1 : 5000 и 1 : 2000, а также электроразведочные работы ДЭП–ВП. В результате построена гравимагнитная модель участка и выделены аномалии поляризуемости, что позволило спрогнозировать разрез, благоприятный для продолжения золоторудного оруденения на глубину.

Результаты анализов и построенные разрезы дают возможность выбрать точки заложения наклонных скважин глубиной 70–100 м, проследить бурением золоторудные тела на вхождении в скальные породы, определить по ним точки заложения скважин глубиной до 300 м.

Обратим внимание на следующее. Масштаб обработки данных ДЗЗ на рассматриваемом участке достаточно мелкий – 1 : 50 000. На рис. 1 показаны также точки регистрации аномальных откликов – на начальном этапе апробации технологии это проводилось по неравномерной сетке.

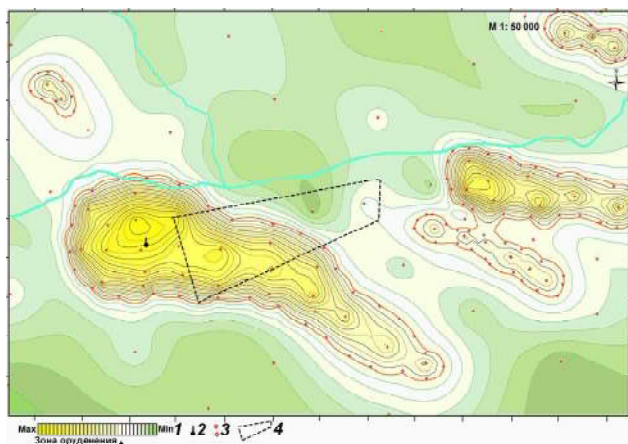


Рис. 1. Карта аномалий типа “зона золоторудного оруденения” на участке проведения детальных поисковых работ. Республика Казахстан: 1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – точка с содержанием золота 25 г/т; 3 – пункты регистрации аномального отклика; 4 – контур участка детальных работ

2. На другом поисковом участке золото было обнаружено в скважине, пробуренной на уран (рис. 2). На начальном этапе обработки спутникового снимка участка были выделены зоны гидротермально-метасоматической проработки пород, а в их пределах – аномальные участки типа “зона золоторудного оруденения”.

На данном участке также были проведены детальные поисковые работы. В районе западной спутниковой аномалии золота (одиночной, круглой, рис. 2) выделено крутопадающее столбообразное золоторудное тело с хорошим содержанием золота (около 2 г/т). По результатам работ подсчитаны запасы золота в пределах этой локальной аномальной зоны.

На восточной цепочке аномалий при сгущении сети скважин обнаружить золоторудные тела не удалось. К сожалению, масштаб обработки данных ДЗЗ участка 1 : 12 500 также относительно мелкий.

3. Выполнена обработка данных ДЗЗ и на участке расположения известного месторождения золота, на котором проводились детальные геолого-геофизические исследования с целью подсчета его запасов (рис. 3). Исходными данными для исследований служили координаты контура поискового участка, а также материалы скважины в его пределах, в которой выделены золотосодержащие интервалы в разрезе. Спутниковый снимок был подготовлен для обработки в масштабе 1 : 10 000. В результате обработки выделена аномальная зона типа “золоторудная залежь”. Еще одна аномальная зона такого же типа, но меньших размеров обнаружена и закартирована в северо-западной части обследованного участка (рис. 3).

В районе этого месторождения дополнительно проведена обработка данных ДЗЗ более крупного по площади участка в масштабе 1 : 70 000. В результате в его пределах выявлены еще четыре аномальные зоны типа “золоторудная залежь” примерно таких же размеров, что и аномалия в

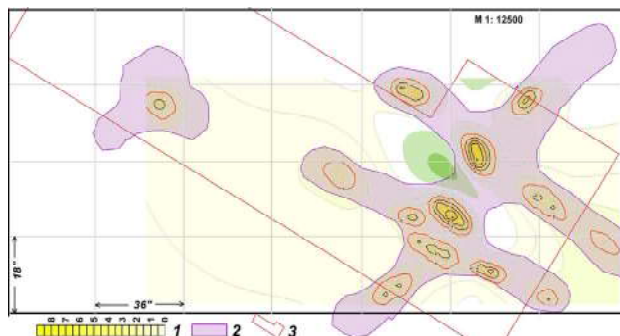


Рис. 2. Карта аномалий типа “зона золоторудного оруденения”, построенная по результатам обработки спутниковых данных в пределах поискового участка (золоторудное оруденение в коренных породах). Республика Казахстан: 1 – шкала интенсивности аномального отклика (в условных единицах); 2 – зона гидротермально-метасоматической проработки; 3 – контур участка

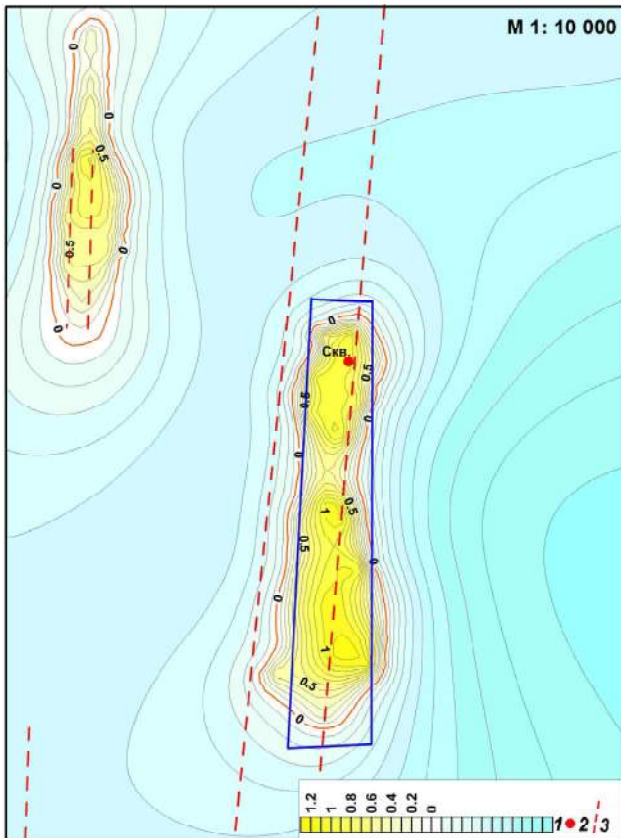


Рис. 3. Карта аномальных зон типа “золоторудная залежь” в районе разрушенной рудной жилы. Республика Казахстан: 1 – шкала интенсивности аномального отклика (в условных единицах); 2 – скважина (эталон); 3 – тектоническое нарушение (по результатам обработки данных ДЗЗ)

северо-западном углу рис. 3. Одна из таких аномалий расположена юго-западнее месторождения.

По результатам детальных работ в контуре самой крупной аномалии золота (рис. 3) подсчитаны запасы золота. Выявленные другие аномальные зоны свидетельствуют о возможном приросте запасов на обследованном участке.

**Поисковый участок в Украине.** Выше отмечалось, что апробация технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ активно и целенаправленно проводилась в Украине. Остановимся вкратце на результатах использования этой технологии для выделения аномальных зон типа “зона полиметаллического оруденения” на локальном поисковом участке в Западной Украине.

Обследованный участок имеет форму прямоугольника, его общая площадь 16,0 км<sup>2</sup> (рис. 4). С севера на юг участок пересекает река (River – условное название). В центре участка максимальная высотная отметка равна 1023 м. В долине реки высотные отметки колеблются в интервале 500–520 м.

В 1952–1984 г. в пределах участка проводились поисковые геолого-разведочные работы на полиметаллические руды. По результатам исследований построена геологическая карта местности, пробурены скважины, в которых выявлены руды меди, серебра, свинца, железа и цинка.

При подготовке к проведению работ по частотно-резонансному и спектральному анализу данных ДЗЗ были изучены образцы пород (руды), отобранных на участке обследования. Далее с использованием эталонных (резонансных) частотных характеристик, установленных на образцах руды, выделялись и картировались зоны рудопоявлений меди (Cu), серебра (Ag), золота (Au), свинца (Pb), цинка (Zn), железа (Fe). По результатам спектрального (глубинного) вертикального сканирования данных ДЗЗ выполнена оценка возможных интервалов глубин поиска рудных объектов.

Для проведения детальных работ поисковый участок разделен на четыре фрагмента: северо-западный, северо-восточный, юго-восточный и юго-западный. Для каждого фрагмента подготовлены спутниковые снимки (планшеты для последующей обработки) в относительно крупном масштабе – 1 : 8000. В пределах каждого планшета обнаружены и закартированы аномальные зоны типа “рудная залежь”, а также выполнена оценка интенсивности аномального отклика. По результатам обработки построены карты аномальных зон типа “залежь полиметаллических руд” в масштабе 1 : 8000 для каждого фрагмента обследованного участка. Для крупных по размерам и интенсивности аномальных зон определены координаты центральных точек. В этих точках проведено вертикальное сканирование разреза до глубины 200 м, установлены интервалы глубин перспективного поиска рудных залежей.

По результатам работ на четырех фрагментах поискового участка построена общая схема расположения аномальных зон в масштабе 1 : 15 000 (рис. 4). Контуры обнаруженных аномальных зон нанесены на карту рельефа местности, геологическую карту и на спутниковый снимок участка.

В целом, в результате исследований на поисковом участке выделены зоны возможного скопления полиметаллических руд. По эталонным спектральным характеристикам на участке опре-

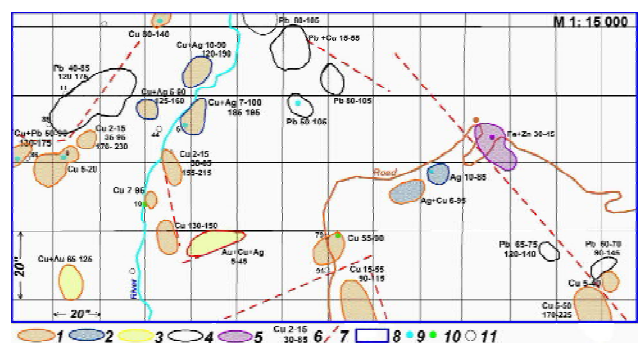


Рис. 4. Контуры зон рудопоявлений на обследованном участке. Украина. Зоны оруденения: 1 – меди, 2 – серебра, 3 – золота, 4 – свинца, 5 – железа и цинка; 6 – поисковые интервалы зон оруденения (рудных тел) до глубины 200 м; 7 – тектоническое нарушение; 8 – участок обследования; скважины: 9 – с полиметаллическим оруденением, 10 – с медным колчеданом, 11 – пробуренные в 1952–1984 гг.

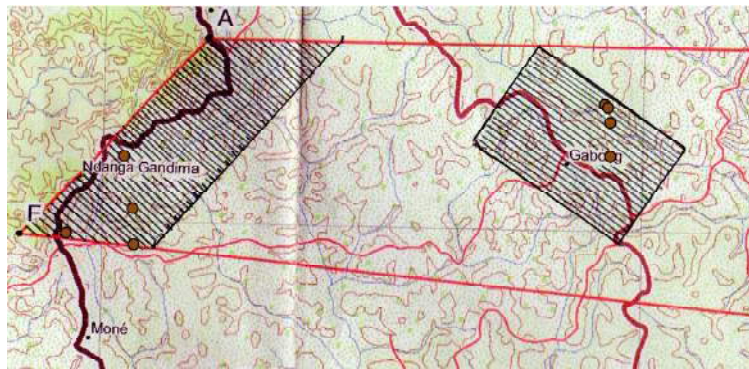


Рис. 5. Карта-схема расположения геофизических профилей и участков работы старателей в пределах поисковых блоков Ndanga Bandima и Gabong. Камерун. Коричневыми точками указаны места работы старателей

делено 14 зон типа “медно-колчеданные руды”, 7 зон типа “руды свинца” (галенит), 2 зоны типа “золоторудные залежи”, 2 зоны типа “залежи серебра” и 1 зона типа “железоцинковые руды”. Названия закартированных зон условные, поскольку каждая из них может включать в себя кроме обозначенной руды (минерала) и другие рудные образования.

Для проведения детальных поисково-разведочных работ по результатам дешифрирования данных ДЗЗ наиболее перспективны аномальные зоны Cu-1a, Cu-2, которые расположены вдоль левого берега реки, а также аномалия Cu-1 на ее правом берегу.

Для поиска золоторудных отложений и залежей серебра наиболее предпочтительными следует считать аномальные зоны Au-1, Ag-1, Ag-2.

Поиски свинцовых руд могут быть проведены в первую очередь в пределах аномальных зон Pb-1, Pb-2.

**Поисковые участки в Камеруне.** На рис. 5 в пределах лицензионного блока Ndokayo (471 км<sup>2</sup>) показано положение двух локальных участков, на площади которых запланировано проведение аэромагнитных исследований. Для демонстрации возможностей частотно-резонансной технологии обработки и декодирования данных ДЗЗ в пределах локальных участков выполнена обработка спутниковых снимков с целью обнаружения и картирования зон золоторудного оруденения. Локальные участки для обработки подобраны таким образом, чтобы в них попали все пункты добычи золота старателями. При подготовке снимков для последующей обработки на них вынесены все показанные на рис. 5 пункты добычи золота.

В результате обработки подготовленных снимков с использованием резонансных частот золота в пределах обследованных локальных участков выявлены и закартированы аномальные зоны типа “зона золоторудного оруденения”. Результаты обработки одного из обследованных участков показаны на рис. 6. Обнаруженные аномальные зоны наиболее перспективны для проведения детальных поисковых работ на золото.

Целесообразно обратить внимание на то, что практически все участки работы старателей попадают в выявленные аномальные зоны.

**Поисковые площади в Судане.** В последние годы в Судане поисковые работы на золото ведутся достаточно активно. Значительный объем исследований на золото в этой стране выполнен также с использованием технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ. Некоторые ре-

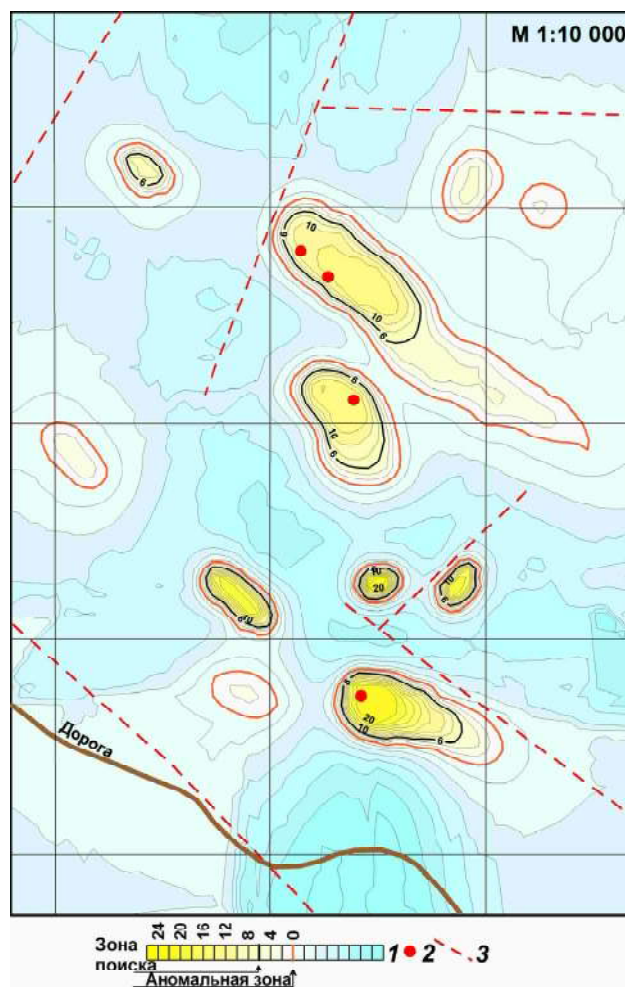


Рис. 6. Карта аномальных зон типа “зона золоторудного оруденения” на старательском поисковом участке Gabong. Камерун: 1 – шкала интенсивности резонансного отклика; 2 – эталонная точка (шурф?, копанка?); 3 – тектоническое нарушение

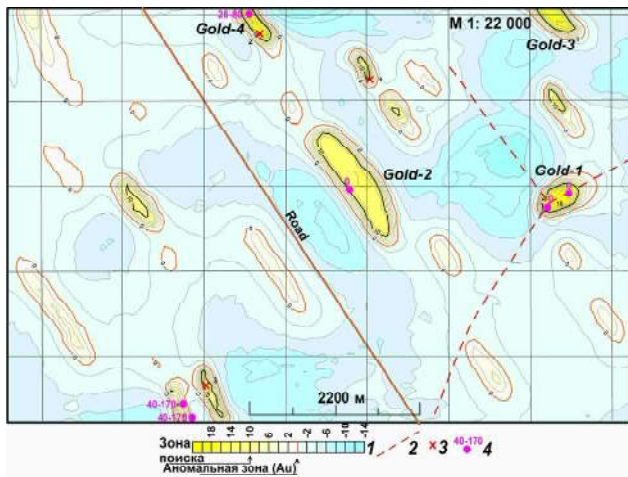


Рис. 7. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “золоторудное месторождение” (по результатам декодирования спутникового снимка). Судан: 1 – шкала интенсивности аномального отклика; 2 – зона повышенной фильтрации подземных вод (тектонического разлома); 3 – участки отбора проб 1–3; 4 – точка опробования (бурения) и обнаруженное содержание золота в породе

зультаты проведенных работ анализируются в публикации [8]. В 2014 г. проведены исследования еще на нескольких поисковых участках как рекогносцировочного характера, так и детализационные. На некоторых площадях обнаруженные аномальные зоны типа “зона золоторудного оруденения” заверены бурением.

В частности, на рис. 7 представлены результаты обработки данных ДЗЗ одного из обследованных участков в мелком (рекогносцировочном) масштабе. Из рисунка следует, что не во всех точках опробования обнаружены золотосодержащие породы. Одна из причин этого – спутниковый снимок обработан в мелком масштабе, что не позволяет уверенно попадать при бурении в рудные жилы. Кроме того, рудосодержащие породы могут быть расположены глубже.

Для демонстрации влияния на результаты масштаба обработки спутниковых снимков обратимся к рис. 8. На рисунке показаны результаты обработки небольшого фрагмента поискового участка в крупном масштабе 1:1000. Спутниковый снимок всей площади (4 км<sup>2</sup>) обработан в масштабе 1:4000. Напомним, что с увеличением масштаба обработки шаг регистрации аномальных откликов на резонансных частотах искомого вещества уменьшается, что дает возможность фиксировать аномальные эффекты от более мелких объектов поиска. Согласно анализу крупномасштабных результатов и их сопоставлению с результатами обработки в масштабе 1:4000 (контуры аномалий в этом масштабе также приведены на рис. 8) установлено следующее: а) площади аномальных зон значительно уменьшились; б) общее количество аномалий увеличилось; в) дополнительно обнаружены две небольшие по площади

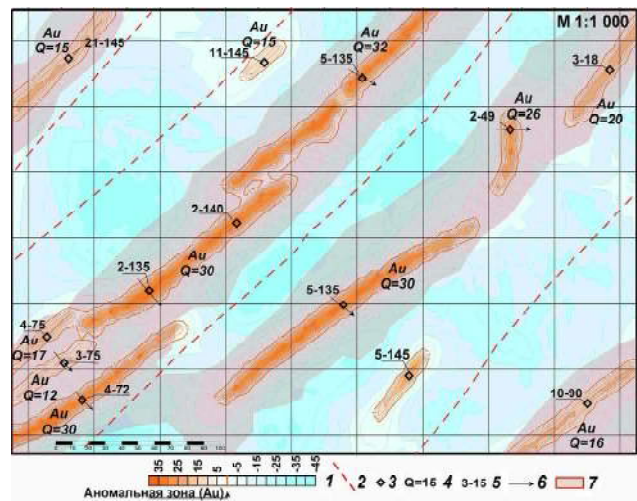


Рис. 8. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “золоторудное оруденение” на поисковой площадке. Центральный участок Au-2, зона детализации в масштабе 1:1000. Судан: 1 – шкала интенсивности аномального отклика (Q – условные единицы); 2 – зона повышенной фильтрации подземных вод (тектонически нарушенная зона); 3 – точка вертикального сканирования данных ДЗЗ; 4 – максимальное значение величины аномального отклика; 5 – поисковый интервал по глубине, м; 6 – поисковый профиль; 7 – зона оруденения, выделенная в масштабе 1:4000

аномальные зоны; г) существенно изменилась конфигурация двух крупных аномальных зон в центре участка – они распались на несколько фрагментов, их площади уменьшились. Результаты вертикального сканирования данных ДЗЗ в отдельных точках аномалий являются оценками интервалов глубин поиска рудных жил.

Отметим, что в Судане на многих участках золоторудное оруденение связано с маломощными кварцевыми жилами. Попаст в такие жилы при бурении скважин достаточно сложно. Поэтому на рис. 8 в отдельных точках аномальных зон показаны поисковые профили, вдоль которых целесообразно проводить “заверку” обнаруженных аномальных зон бурением или горными работами.

#### Район золоторудного поля Клондайк (Канада).

В начале 2015 г. для демонстрации потенциальных возможностей мобильной технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ авторы приняли решение обработать спутниковый снимок в пределах известного и достаточно хорошо изученного золоторудного участка традиционными геохимическими и геофизическими методами. Для решения этой задачи были проанализированы доступные в Интернет материалы золотопоисковых работ в различных золоторудных районах мира с целью выбора наиболее подходящего участка для последующей оценки его перспектив золотоносности частотно-резонансным методом обработки и декодирования данных ДЗЗ. В результате была выбрана локальная поисковая площадь (ЛПП) в районе Klondike Gold Fields (Канада), лицензией на изучение и разработку которой владеет Канадская компания (название

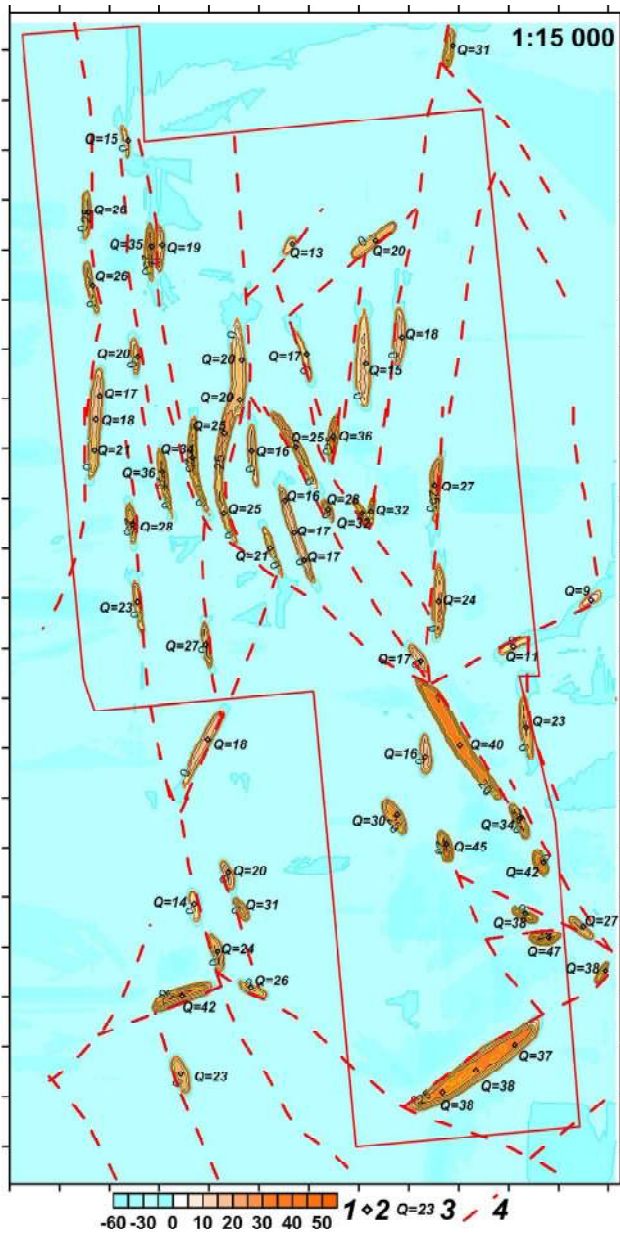


Рис. 9. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “золоторудное оруденение” на локальной поисковой площади в районе Klondike Gold Fields (по результатам частотно-резонансного декодирования спутникового снимка). Канада: 1 – шкала интенсивности аномального отклика ( $Q$  – условные единицы); 2 – точка оценки значений аномального отклика; 3 – значение аномального отклика в точке; 4 – зона повышенной фильтрации подземных вод (тектонически нарушенная зона)

компании и информация о ее веб-сайте в статье не приводятся). Выбор для изучения этой поисковой площади обусловлен следующим:

- 1) в презентациях на сайте компании представлена необходимая геолого-геофизическая информация об участке, достаточная для проведения запланированных исследований;
- 2) поисковый участок расположен в районе знаменитого золоторудного поля Клондайк [13];
- 3) на сайте Компании приведены также материалы геохимических, электромагнитных и магнитометрических исследований на отдельных участках площади;

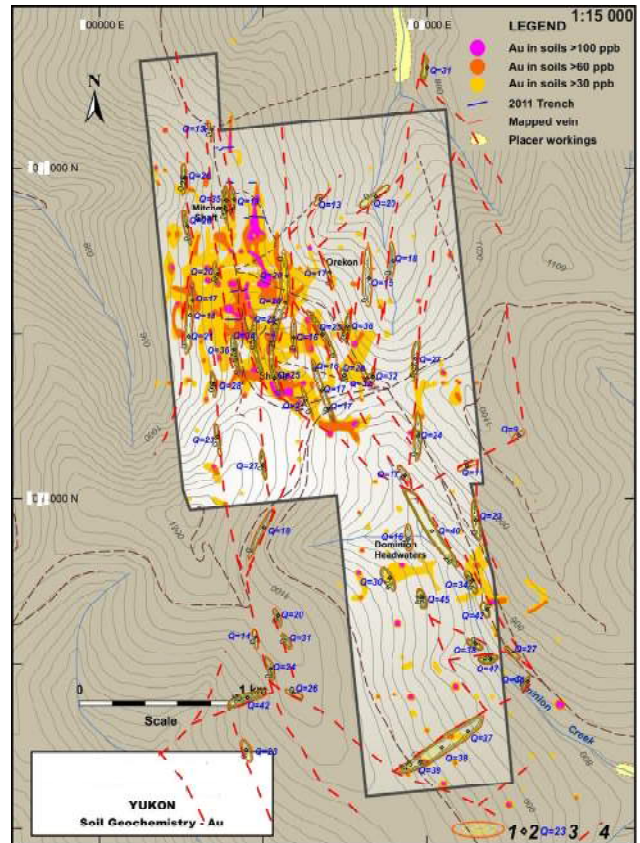


Рис. 10. Карта аномальных зон типа “золоторудное оруденение” на локальной поисковой площади в районе Klondike Gold Fields на карте геохимических аномалий. Канада: 1 – изолинии интенсивности аномального отклика ( $Q$  – условные единицы); 2 – точки оценки значений аномального отклика; 3 – значение аномального отклика в точке; 4 – тектонически нарушенные зоны

- 4) результаты исследований в пределах локального поискового участка иллюстрируются графически.

*Исходная информация и результаты обработки.* Сведения о геологическом строении рудного поля Клондайк приводятся в источнике [13]. Информация, необходимая для проведения обработки данных ДЗЗ и сопоставления полученных результатов с материалами традиционных геофизических методов, заимствована из веб-сайта Компании.

Площадь лицензионного участка примерно  $4 \times 1,8$  км<sup>2</sup>, спутникового снимка – несколько больше. Для увеличения масштаба обработки (а следовательно, и детальности) участок был разбит на три фрагмента, спутниковые снимки которых обрабатывались отдельно в масштабе 1 : 5000. В дальнейшем результаты обработки были “сшиты” в один рисунок (рис. 9). Они также нанесены на спутниковый снимок, сопоставлены с геохимическими аномалиями (рис. 10), магнитным полем (рис. 11) и аномалиями вызванной поляризации (рис. 12, 13).

Геологические сведения регионального характера свидетельствуют в пользу крупного месторождения золота “глубинного” генезиса. Участок ЛПП расположен вблизи одного из региональных



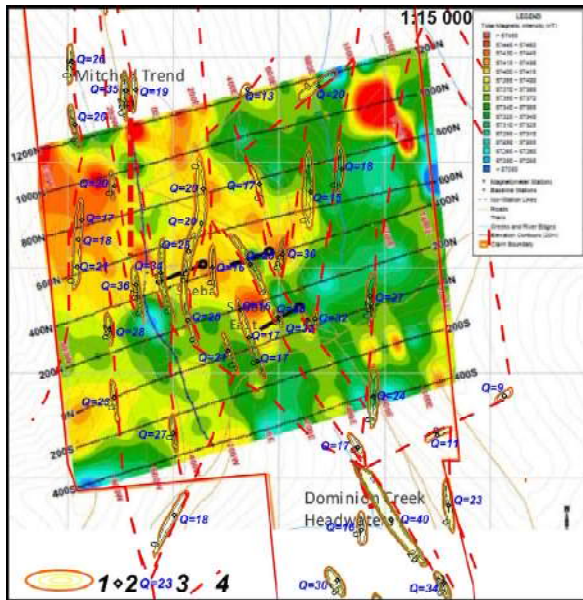


Рис. 11. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “золоторудное оруденение” на локальной поисковой площади на карте магнитных аномалий. Канада. Условные обозначения см. на рис. 10

надвигов, которые считаются важнейшими элементами золоторудных полей глобального масштаба. Восточный Клондайк мало изучен.

Отличительная черта участка ЛПП – наличие крупной и интенсивной геохимической аномалии золота в почве на значительной части его площади (см. рис. 10). Аномалии серебра, мышьяка и свинца хорошо соотносятся с аномалиями золота в почве. Основная часть аномалии золота имеет размеры 1,6×1,0 км<sup>2</sup>, она оказалась одной из крупнейших в золоторудном поле Клондайка. На сегодня бурением проверена только небольшая часть аномалии.

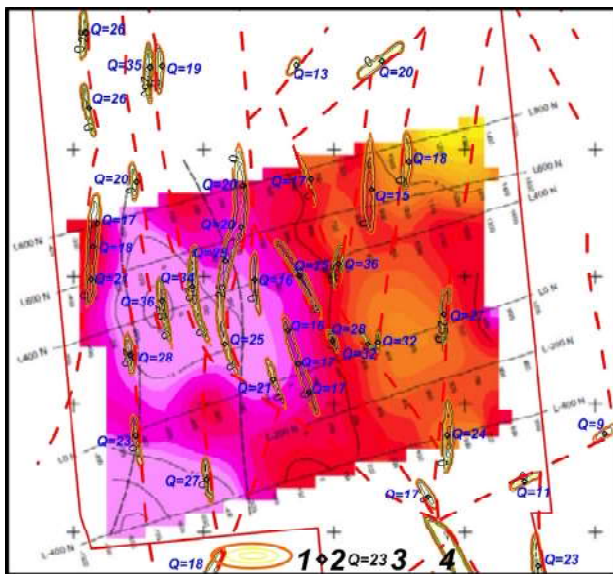


Рис. 12. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “золоторудное оруденение” на локальной поисковой площади на карте аномалий вызванной поляризации. Канада. Условные обозначения см. на рис. 10

Наземные магнитные исследования 2012 г. указывают на общее увеличение намагниченности к северу и к западу от мест бурения в 2013 г. (см. рис. 11). Показательно, что породы мафического состава могут быть развиты и дальше от разбуренных участков. В районе локального участка Mitchell Trend магнитное поле сильно дифференцировано. Этот участок является приоритетным для дальнейших детальных исследований.

В 2011 г. методом вызванной поляризации была обнаружена крупная аномалия протяженностью 1,2 км (рис. 12). Основные поляризованные объекты открыты (обнаружены) на севере, юге и на глубине. Они коррелирует с геохимическими аномалиями в почве.

Съемкой методом вызванной поляризации 3D в 2012 г. в пределах участка ЛПП обнаружено несколько аномалий поляризуемости (см. рис. 13). Специальной методикой съемки изучался разрез в интервале глубин 130–500 м. Бурением в 2013 г. исследована главная аномалия поляризуемости в районе Sheba Vein System и восточнее от нее. Пробурены три скважины. Направление бурения – запад–юго-запад, интервал глубин – 500–550 м, длина скважин – примерно 400 м.

В более крупном масштабе спутниковые снимки отдельных фрагментов участка не обрабатывались.

В пределах обнаруженных аномальных зон не проводилась оценка интервалов глубин поиска золоторудных жил. Ее целесообразно выполнять в пределах аномальных зон, закартированных при обработке данных ДЗЗ в более крупном масштабе.

При обработке отдельных фрагментов участка в более крупном масштабе здесь могут быть вы-

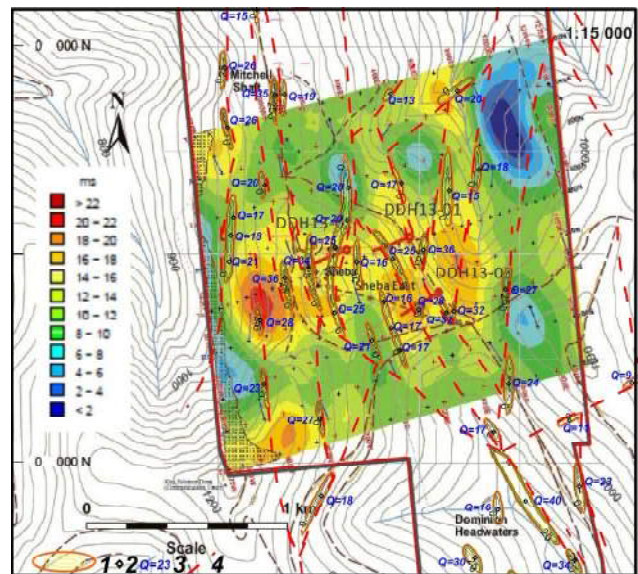


Рис. 13. Карта геоэлектрических аномальных зон типа “золоторудное оруденение” на локальной поисковой площади на карте 3D аномалий вызванной поляризации (на глубине 250 м). Канада. Условные обозначения см. на рис. 10

явлены небольшие пропущенные аномалии, а контуры обнаруженных будут уточнены.

*Основные выводы.* Анализ результатов обработки (см. рис. 9) и их сопоставление (см. рис. 10–13) с материалами традиционных геофизических исследований в пределах ЛПП позволяют резюмировать следующее.

1. Новую информацию о золотоносности поискового участка нет смысла сопоставлять с ранее полученной, а следует рассматривать как дополняющую известную. Достоверность новой информации может быть повышена при обработке данных ДЗЗ в более крупном масштабе.
2. Затраченное время и материальные ресурсы на получение новой информации несопоставимы с затратами на ранее проведенные традиционные геофизические и геохимические исследования.
3. Компания получает значительный объем новой информации о золотоносности участка бесплатно. Она может проводить детализационные исследования в пределах обнаруженных аномалий традиционными геофизическими методами. При этом временные и материальные затраты на детализационные работы будут значительными.
4. Исследования детального характера могут быть также проведены в сжатые сроки с использованием частотно-резонансного метода обработки и интерпретации данных ДЗЗ.
5. Аналогичные исследования могут быть выполнены с использованием частотно-резонансного метода обработки и интерпретации данных ДЗЗ и на соседних участках компании – Dominion Mountain и Gold Run, расположенных южнее обследованного. Информация об этих участках приводится в презентациях на веб-сайте Компании.
6. Авторы исследований получили достаточно представительный материал о потенциальных возможностях супермобильной и малозатратной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ при поисках рудных полезных ископаемых в сопоставлении с результатами традиционных геофизических методов.
7. Принципиальные отличия результатов исследований с использованием прямопоискового метода частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ от материалов традиционных геофизических легко может увидеть каждый заинтересованный читатель из анализа рис. 10–13. Однако акцентируем внимание на следующем. В работе [13] в одном из пунктов выводов авторов констатируется следующее: “Наши исследования в 2006 г. подтверждают мнение о том, что 13+ млн ун-

ций россыпного золота, извлеченного из россыпных месторождений Клондайка, были сформированы почти целиком из золота кварцевых жил «орогенного» (гидротермально-метасоматического) типа. Там нет никаких признаков того, что внедрение интрузии либо выветривание (преобразование) ультраосновных горных пород способствовало накоплению значительных объемов золота в россыпях, как это было предложено некоторыми авторами”. В связи с этим есть основания констатировать, что результаты выполненных экспериментальных исследований (и только рекогносцировочного характера!) в пределах участка ЛПП в целом подтверждают данные выводы. По материалам традиционных геофизических исследований такие выводы сделать однозначно не представляется возможным.

**Об обработке данных ДЗЗ в крупном масштабе при поисках УВ.** Выше, а также в работе [8] продемонстрировано, что частотно-резонансная обработка данных ДЗЗ в крупном (детализационном) масштабе позволяет обнаруживать и картировать небольшие, перспективные на наличие искоемых руд (минералов) объекты. Во введении также отмечается, что демонстрация работоспособности и потенциальных возможностей технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ на рудных поисковых объектах может способствовать тому, что на нее обратят внимание (хотя бы в какой-то степени) и специалисты нефтегазового сектора. В этом плане заслуживает внимания и рассмотрения следующий практический пример применения технологии при поисках скоплений УВ. Так, в январе 2015 г. авторами выполнена обработка данных ДЗЗ небольшого участка в Карпатах, в пределах которого расположены четыре старые (заброшенные) скважины (рис. 14). Особенность исследований состоит в том, что масш-

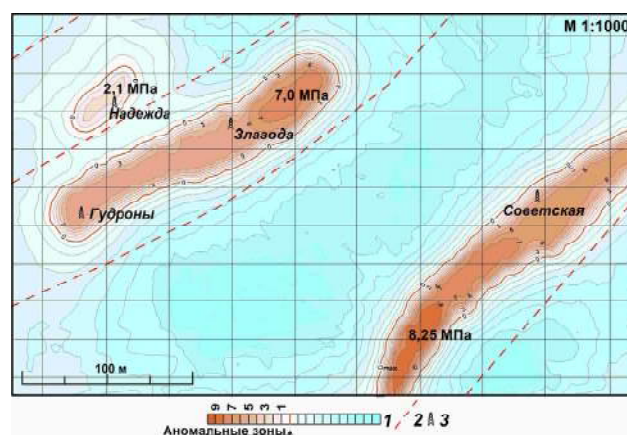


Рис. 14. Карта аномальных зон типа “нефтяная залежь” на локальном участке расположения старых скважин (по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных). Карпаты, Украина: 1 – шкала максимальных значений комплексного значения пластового давления, МПа; 2 – зона тектонического нарушения по спутниковым данным; 3 – положение старой (польской) скважины

таб обработки здесь очень крупный (супердетальный) – 1 : 1000. Обработка данных ДЗЗ в таком масштабе при поисках скоплений УВ ранее авторами не проводилась.

Площадь участка обследования 81 000 м<sup>2</sup> (рис. 14). Площади обнаруженных в его пределах аномалий по изолиниям 0 и 7 МПа соответственно следующие (в м<sup>2</sup>): северо-западная – 785, 0; центральная – 6000, 515; юго-восточная – 6500, 1410. Суммарная площадь аномальных зон 13 285 м<sup>2</sup>, что составляет **16,4 %** площади участка обследования. Полученные результаты можно резюмировать следующим образом.

1. Исследованиями на участке расположения старых добывающих скважин и вытоков нефти на поверхность получена дополнительная информация (независимая и с прямыми признаками нефтеносности) о его нефтеносности. С методической точки зрения продемонстрирована целесообразность обработки данных ДЗЗ в крупном масштабе.
2. Практически показано, что при декодировании спутниковых снимков в крупном масштабе могут быть обнаружены относительно небольшие нефтегазоперспективные объекты. На новых площадях такие мелкие объекты обычно не представляют практического интереса. Однако на участках расположения разрабатываемых месторождений (в том числе находящихся на поздней стадии разработки) с созданной инфраструктурой для добычи УВ они уже могут перейти в категорию объектов, которые заслуживают как дополнительного изучения, так и возможного разбуривания.
3. Обращаем внимание на значительную вытянутость центральной и юго-восточной аномальных зон. Для характеристики такого типа залежей здесь уже можно использовать термин “залежь жильного (шнуркового) типа”. Если учесть, что участки с повышенными значениями пластового давления флюидов в пределах этих аномальных зон локализованы, то можно предположить их формирование за счет внедрения (субвертикального) высоконапорных флюидов в локальной зоне повышенных значений давления с последующим их горизонтальным распространением в коллекторе. Такая ситуация отслежена ранее авторами при проведении наземных геоэлектрических работ методами СКИП и ВЭРЗ с целью картирования техногенной залежи газа на газоконденсатном месторождении в Днепровско-Донецкой впадине (Полтавская обл.). Такого типа механизм формирования залежей УВ предлагается также в известных работах В.А. Краюшкина.
4. Залежи жильного (шнуркового) типа могут эффективно разрабатываться при бурении на-

клонных и горизонтальных стволов из вертикальных скважин, заложенных в зонах максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах. Дополнительная информация, необходимая для бурения наклонных и горизонтальных стволов, может быть оперативно получена при проведении наземных геоэлектрических исследований методами СКИП и ВЭРЗ.

5. Результаты обработки данных ДЗЗ в очень крупном масштабе свидетельствуют, что проведение таких же детальных работ в областях распространения нетрадиционных коллекторов – сланцев, плотных песчаников, угленосных комплексов – будет способствовать повышению эффективности поисков, разведки и освоения углеводородных ресурсов нетрадиционного типа.

**Обсуждение результатов.** Можно в очередной раз констатировать, что практические результаты апробации технологии частотно-резонансной обработки и декодирования данных ДЗЗ на поисковых площадях и известных рудных месторождениях (в том числе в районе известного Klondike Gold Fields, Канада) демонстрируют ее работоспособность и эффективность. Оценивая результаты апробации технологии, отметим следующее.

1. Выше приведена и проанализирована только незначительная часть результатов апробации и практического применения мобильной прямопоисковой технологии при поисках рудных полезных ископаемых. Рамки статьи не позволяют представить в целом все полученные материалы в различных регионах. Это можно будет (и целесообразно) сделать в отдельном информационном документе. Тем не менее, изложенные ниже основные выводы сформулированы с учетом результатов всех проведенных ранее исследований экспериментального и демонстрационного характера.
2. Согласно представленным в статье материалам, в результате частотно-резонансной обработки спутниковых снимков для всех обследованных участков и объектов оперативно получена новая (дополнительная и независимая) информация, которая свидетельствует о целесообразности осуществления детальных поисков в районах закартированных аномальных зон. Материалы работ позволяют ограничить область поисков зон с рудной (золоторудной) минерализацией на обследованных площадях, а также наметить участки первоочередного поискового обследования. Наземные детализационные работы могут быть проведены в пределах закартированных аномалий как традиционными геофизическими методами, так и с применением неклассических мо-

бильных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ.

3. Практический опыт апробации и применения прямопоисковой технологии позволил сделать следующий принципиальный вывод. Для повышения информативности и достоверности результатов обработки и декодирования данных ДЗЗ целесообразно использовать дополнительную (априорную) информацию, а именно: а) данные о геологическом строении региона и генезисе золота; б) данные о типе золотоносных пород (тип руды, самородное золото, россыпи, жилы); в) координаты ближайших к участкам обследования точек, в которых обнаружено золото; г) сведения об известных в регионе месторождениях, скважинные данные. Желательно также предоставлять исполнителям исследований образцы пород, вмещающих золото, для определения (уточнения) резонансных частот золотосодержащих пород. В процессе проведения работ определенные на образцах пород резонансные частоты могут быть заверены в окрестностях указанных точек, где обнаружено золото.

В случае отсутствия таких сведений у исполнителей могут быть использованы материалы, полученные для оценки перспектив золотоносности других поисковых блоков и участков в конкретном рудоносном регионе. Например, если у исполнителей имеется априорная информация о том, что на обследуемом участке золото находится в рудных кварцевых жилах коренных пород, то может быть реализована такая последовательность действий при обработке данных ДЗЗ: а) обнаружение и прослеживание зон тектонических нарушений, в районе которых обработка спутниковых снимков осуществляется с большей детальностью; б) обнаружение и картирование кварцевых жил путем регистрации аномальных откликов на резонансных частотах кварца; в) более тщательное обследование аномальных зон типа “кварцевая жила” с целью фиксации аномальных эффектов на резонансных частотах золота.

4. Каждую обнаруженную аномальную зону можно считать вертикальной проекцией на земную поверхность всего рудного образования в ее пределах. Интенсивность аномального отклика в контурах аномальных зон регистрируется в относительных (условных) единицах. Эта величина зависит от нескольких параметров: содержания золота в породе (жиле), глубины залегания рудоносной жилы и общей мощности золоторудного тела. В связи с этим не все наиболее интенсивные аномалии могут быть обусловлены богатыми по содержанию золота породами (жилами). Тем

не менее такие аномалии (наиболее интенсивные) являются первоочередными объектами для проведения поисковых работ.

5. Точность обнаружения и картирования аномалий по спутниковым данным не превышает расстояния в 1 см на карте определенного масштаба (в котором проводится частотно-резонансная обработка снимка). Так, для региональной карты в масштабе 1 : 3000 точность локализации аномальной зоны составляет порядка 30 м. Соответственно, для детальной карты масштаба 1 : 1000 — эта величина примерно равна 10 м. Дополнительные сведения о точности картирования аномальных зон приведены выше в подразделе о координатной привязке.
6. Экспериментальные исследования позволяют констатировать, что картируемые частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ аномалии в мелком масштабе — это, в принципе, эффект всего объема искомого вещества в пределах обследованной структуры. Делать предположения о глубине нижней кромки такой структуры достаточно сложно. На фоне интегрального аномального эффекта от всей структуры как бы “сглаживаются” (“затушевываются”) локальные аномальные эффекты от целевых объектов на небольшой глубине — рудных жил.
7. Увеличение масштаба обработки данных ДЗЗ (см. рис. 8) позволяет обнаруживать достаточно мелкие объекты. Результаты обработки данных ДЗЗ в районе проведения археологических раскопок в Тунисе это также подтверждают. Можно сделать вывод: детализацию обнаруженных аномальных зон необходимо проводить в масштабах не меньше 1 : 5000, а еще лучше — 1 : 2000—1 : 1000.
8. Опыт экспериментального применения в последние годы мобильной экспресс-технологии геоэлектрических исследований СКИП–ВЭРЗ [3, 7] продемонстрировал принципиальную возможность и подтвердил целесообразность ее использования для оперативных поисков и картирования рудных объектов различной минерализации. Применение этих методов для решения широкого класса задач рудной геофизики будет способствовать ускорению поисково-разведочного процесса на рудные полезные ископаемые различного вида.
9. Согласно результатам экспериментальных исследований, для самородного золота и платины резонансные частоты практически не изменяются. В связи с этим их потенциальные скопления могут достаточно уверенно идентифицироваться и без привлечения образцов пород, содержащих рудные минералы, для определения (уточнения) их резонансных частот.

Для всех других рудных минералов изучение содержащих их рудных пород является обязательным. В таком случае достоверность результатов обработки данных ДЗЗ существенно повышается.

**Заключение.** Практическая апробация частотно-резонансного метода обработки и дешифрирования спутниковых данных на многочисленных рудных объектах свидетельствует о возможности оперативного обнаружения и картирования с его помощью аномалий типа “залежь”, “водоносный горизонт (коллектор)”, “золоторудная залежь”, “меднорудная залежь”, “залежь с урановой минерализацией” и др. Специальная методика вертикального сканирования данных ДЗЗ позволяет также оценивать глубины залегания и мощности отдельных аномально поляризованных пластов “водоносный пласт”, “пласт с золоторудной минерализацией”, “пласт с меднорудной минерализацией”, “пласт с урановой минерализацией” и др. В целом, полученные результаты указывают на практическую целесообразность использования частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ в комплексе с наземными мобильными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. Совместное использование “спутниковой” компоненты технологии на рекогносцировочных этапах работ и наземной геоэлектрической – на детализационных предоставляет широкие возможности для оптимизации поискового процесса в рамках мобильной технологии непосредственно.

Результаты выполненных экспериментальных исследований позволяют авторам в очередной раз констатировать, что включение оперативных и мобильных технологий “прямых” поисков и разведки скоплений УВ, водоносных горизонтов и рудных полезных ископаемых (в том числе экспресс-технологии СКИП–ВЭРЗ и метода специальной обработки спутниковых данных) в традиционный комплекс поисковых геолого-геофизических методов будет способствовать как минимизации финансовых затрат на решение конкретных поисково-разведочных задач, так и существенному сокращению времени на их практическую реализацию.

Прямопоисковая частотно-резонансная технология обработки и интерпретации данных ДЗЗ может успешно применяться при поисках и разведке объектов с золоторудной минерализацией в тектонических и геологических условиях различных рудоносных районов на всех континентах земного шара. Технология предоставляет реальную возможность в кратчайшие сроки оценить перспективы золотоносности (рудоносности) слабоизученных перспективных площадей в различных регионах с целью оперативного выбора наиболее перспективных районов для проведения детальных поисковых работ и бурения.

Получение оперативных оценок перспектив золотоносности лицензионных блоков и площадей с помощью частотно-резонансной технологии обработки и интерпретации спутниковых данных, а также других мобильных геофизических методов будет способствовать существенному снижению финансовых рисков, а также материальных и временных затрат при проведении поисковых работ на золото и другие рудные минералы в различных регионах.

1. *Ковалев Н.И.* Опыт практического использования аппаратуры комплекса “Поиск” по определению границ нефтегазоносных участков и выбора точек под бурение скважин / Н.И. Ковалев, В.А. Гох, П.Н. Ивашенко, С.В. Солдатова // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 46–51.
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.* Возможности геоэлектрических методов при поисках и разведке объектов с рудной минерализацией / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Ю.М. Пищаный // Наук. вісн. Нац. гірн. ун-ту. – 2005. – № 9. – С. 69–72.
4. *Левашов С.П.* Обнаружение и картирование геоэлектрическими методами зон повышенного газонасыщения на угольных шахтах / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Р.В. Дегтярь, Д.Н. Божежа // Геофизика. – 2006. – № 2. – С. 58–63.
5. *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 // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
6. *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 // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 23–30.
7. *Левашов С.П.* Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геофиз. журн. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 167–176.
8. *Левашов С.П.* Апробация метода частотно-резонансной обработки данных дистанционного зондирования Земли на рудных объектах в различных регионах мира / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, В.В. Прилуков, М.А. Петрановская // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: Зб. наук. праць. – К., 2014. – Вип. 11. – С. 4–16.
9. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: экспериментальное изучение возможности применения для поисков скоплений углеводородов в районах распространения сланцев в Восточной Европе / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2014. – № 4. – С. 5–29.

10. *Левашов С.П.* Оперативная оценка ресурсов углеводородов в пределах поисковых площадей и отдельных структур на шельфе методом частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // *Геоинформатика*. – 2015. – № 1. – С. 5–26.
11. *Ростовцев В.В.* К большой нефти России / В.В. Ростовцев, В.В. Лайнвебер, В.Н. Ростовцев // *Геоматика*. – 2011. – № 1. – С. 60–62.
12. *Feather K.* The rapid adoption of seabed logging / K. Feather // *Scandinavian Oil and Gas Magazine*. – 2007. – No. 5/6. – P. 37–38.
13. *Mortensen J.K.* Regional geological and related studies of the Klondike gold district [Electronic resource] / J.K. Mortensen, D. Mackenzie, D. Craw – Available at: <http://www.klondikegoldcorp.com/wp-content/uploads/lone-star-regional-geological.pdf> (Accessed 16 March 2015).

## ТЕХНОЛОГІЯ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ОБРОБКИ ТА ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ДАНИХ ДЗЗ: РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПОШУКАХ І РОЗВІДЦІ РУДНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

*С.П. Левашов<sup>1,2</sup>, М.А. Якимчук<sup>1,2</sup>, І.М. Корчагін<sup>3</sup>, Д.М. Божежа<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Інститут прикладних проблем екології, геофізики та геохімії, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна*

<sup>2</sup>*Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна*

<sup>3</sup>*Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Проаналізовано результати експериментальної апробації та практичного застосування мобільної прямопошукової технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації (дешифрування) даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з метою “прямих” пошуків корисних копалин різного виду на рудних родовищах і перспективних площах. Пошукові дослідження з її застосуванням проведено в рудних районах у Республіці Казахстан, Україні, Камеруні, Судані та Канаді. Багато виявлених аномальних зон типу “зона золоторудного зруденіння” завірено детальними геолого-геофізичними роботами та бурінням. Показано, що для виявлення та картування невеликих об’єктів (рудних жил) необхідно проводити обробку даних ДЗЗ у великому масштабі – 1 : 2000 та більше. Для локальної пошукової ділянки в районі відомого золоторудного поля Klondike Gold Fields (Канада) матеріали обробки та інтерпретації даних ДЗЗ зіставлено із результатами досліджень традиційними геофізичними і геохімічними методами. Включення прямопошукової мобільної технології у традиційний комплекс пошукових геолого-геофізичних методів сприятиме як мінімізації фінансових витрат на вирішення конкретних пошуково-розвідувальних завдань, так й істотному скороченню часу на їх практичну реалізацію.

**Ключові слова:** прямі пошуки, частотно-резонансна обробка, рудне родовище, супутникові дані, золото, мідь, срібло, цинк, свинець, залізо, геофізичні та геохімічні дослідження.

## TECHNOLOGY OF REMOTE SENSING DATA FREQUENCY-RESONANCE PROCESSING AND INTERPRETATION: THE RESULTS OF TESTING AND PROSPECTS FOR THEIR FURTHER APPLICATION IN ORE MINERALS PROSPECTING AND EXPLORATION

*S.P. Levashov<sup>1,2</sup>, N.A. Yakymchuk<sup>1,2</sup>, I.N. Korchagin<sup>3</sup>, D.N. Bozhezha<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, 1 Laboratory lane, Kyiv 01133, Ukraine*

<sup>2</sup>*Management and Marketing Center of Institute of Geological Science NAS Ukraine, 1 Laboratory lane, Kyiv 01133, Ukraine*

<sup>3</sup>*Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, 32 Palladin Ave., Kyiv 03680, Ukraine, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

**Purpose.** The purpose of the article is to analyze the results of experimental testing and practical application of the mobile direct prospecting technology of the remote sensing (RS) data frequency-resonance processing and interpretation (decoding) for “direct” searches of various types minerals on ore deposits and prospective areas. Exploratory studies conducted with its application within ore bearing areas in the Republic of Kazakhstan, Ukraine, Cameroon, Sudan and Canada.

**Design/methodology/approach.** Experiments carried out with the mobile technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing data using, which is the “direct” method of minerals and oil and gas exploration and operates within the “substantial” paradigm of geophysical investigations. The technologies and methods developed on the principles of this paradigm are aimed at searching a particular (desired in each case) substance – gold, silver, copper, lead, zinc, uranium, oil, gas, condensate, etc.

**Findings.** The anomalous zones of the “zones of ore (gold-bearing) mineralization” type detected and mapped within the investigated areas and ore deposits. Many of the found anomalous zones of the “zone of gold mineralization” type were certified by the detailed geological and geophysical works and drilling. It is shown that for small objects (lodes) detection and mapping the remote sensing data processing should be carried out in a large scale – 1 : 2000 and larger. At the local

prospecting area within the famous Klondike Gold Fields, the materials of remote sensing data processing and interpretation compared with the results of the investigation by conventional geophysical and geochemical methods.

**Practical value/implications.** This direct prospecting technology inclusion in the traditional complex of exploratory geological and geophysical methods will contribute both to minimizing the financial cost for particular exploration problem solving and to reducing significantly the time to implement them.

**Keywords:** direct prospecting, frequency-resonance processing, ore deposit, satellite data, gold, copper, silver, zinc, lead, iron, geophysical and geochemical studies.

## References:

1. Kovalev N.I., Goh V.A., Ivashchenko P.N., Soldatova S.V. *Opyt prakticheskogo ispol'zovaniya apparatury kompleksa "Poisk" po opredeleniyu granits neftegazonosnykh uchastkov i vybora toчек pod burenie skvazhin* [Practical experience in using remote control equipment "search" on oil and gas areas limit test and selecting of drilling wells locations]. *Geoinformatika* (Ukraine), 2010, no. 4, pp. 46-51.
2. Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. *Elektrorezonansnoe zondirovanie i ego ispol'zovanie dlya resheniya zadach ekologii i inzhenernoy geologii* [Electric-resonance sounding method and its application for solving the environmental and engineering geology problems]. *Geological journal*, 2003, no. 4, pp. 24-28.
3. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pischanuy Yu.M. *Vozmozhnosti geoelektricheskikh metodov pri poiskakh i razvedke ob'ektov s rudnoy mineralizatsiey* [Geoelectric methods opportunities in prospecting and exploration of objects with ore mineralization]. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 2005, no. 9, pp. 69-72.
4. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Degtyar R.V., Bozhezha D.N. *Obnaruzhenie i kartirovanie geoelektricheskimi metodami zon povyshennogo gazonasyscheniya na ugol'nykh shakhtakh* [Detection and mapping by geoelectric methods of zones with high gas saturation on the coal mines]. *Geophysika*, 2006, no. 2, pp. 58-63.
5. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Novye vozmozhnosti operativnoy oцenki perspektiv neftegazonosnosti razvedochnykh ploshhadej, trudnodostupnykh i udalennykh territorij, licenzionnykh blokov* [New possibilities for the oil-and-gas prospects operative estimation of exploratory areas, difficult of access and remote territories, license blocks]. *Geoinformatika* (Ukraine), 2010, no. 3, pp. 22-43.
6. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Operativnoe reshenie zadach oцenki perspektiv rudonosnosti licenzionnykh uchastkov i territorij v rajonah dejstvujushchih promyslov i rudnykh mestorozhdenij* [Operative estimation of the ore-bearing prospects of the license areas and the areas of operating mines and ore deposits]. *Geoinformatika* (Ukraine), 2010, no. 4, pp. 23-30.
7. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Chastotno-rezonansnyj princip, mobil'naja geoelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskikh issledovanij* [Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: a new paradigm of Geophysical Research]. *Geophysical journal*, 2012, vol. 34, no. 4, pp. 167-176.
8. Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N., Prylukov V.V., Petranovskaya M.A. *Aprobacija metoda chastotno-rezonansnoj obrabotki dannykh distancionnogo zondirovaniya Zemli na rudnykh ob'ektah v razlichnykh regionah mira* [Approbation of frequency-resonance method of remote sensing data processing on ore objects in different regions of the world]. *Teoretychni ta prykladni aspekty heoinformatyky: Zbirnyk naukovykh prats* [Theoretical and applied aspects of geoinformatics: Collected papers]. Kyiv, 2014, issue 11, pp. 4-16.
9. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Mobil'nye geofizicheskie tehnologii: jeksperimental'noe izuchenie vozmozhnosti primenenija dlja poiskov skoplenij uglevodorodov v rajonah rasprostraneniya slancev v Vostochnoj Evrope* [Mobile geophysical technologies: experimental study of possibility of application for hydrocarbon accumulations prospecting within areas of shale spreading in Eastern Europe]. *Geoinformatika* (Ukraine), 2014, no. 4, pp. 5-29.
10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Operativnaja oцenka resursov uglevodorodov v predelakh poiskovykh ploshhadej i otdel'nykh struktur na shel'fe metodom chastotno-rezonansnoj obrabotki i interpretacii dannykh DZZ* [Operative assessment of hydrocarbon resources within the prospecting areas and separate structures in offshore by frequency-resonance method of remote sensing data processing and interpretation]. *Geoinformatika* (Ukraine), 2015, no. 1, pp. 5-26.
11. Rostovtsev V.V., Laynveber V.V., Rostovtsev V.N. *K bol'shoj nefti Rossii* [To large Russian oil]. *Geomatica*, 2011, no. 1, pp. 60-62.
12. Feather K. The rapid adoption of seabed logging. *Scandinavian Oil and Gas Magazine*, 2007, no. 5/6, pp. 37-38.
13. Mortensen J.K., Mackenzie D., Craw D. Regional geological and related studies of the Klondike gold district. Available at: <http://www.klondikegoldcorp.com/wp-content/uploads/lone-star-regional-geological.pdf> (Accessed 16 March 2015).

Поступила в редакцию 14.04.2015 г.

Received 14/04/2015