

УДК 528+550.837+553.98

МОБИЛЬНЫЕ ПРЯМОПОИСКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПОИСКАХ УРАНА И КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК

С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³, Г.М. Дрогицкая³¹*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, г. Киев, 01133, Украина*²*Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле при ИГН НАН Украины, пер. Лабораторный, 1, г. Киев, 01133, Украина*³*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com*

Анализируются результаты экспериментальных исследований, проведенных с применением технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) с целью изучения возможности их применения для поисков и картирования зон уранового оруденения и кимберлитовых трубок. Эксперименты проводились во время выполнения детальных поисковых работ с целью поисков скоплений газа и газоконденсата на двух локальных участках Украинского щита. Приведены результаты дополнительной апробации частотно-резонансного метода обработки спутниковых снимков на известном урановом месторождении в Республике Казахстан, на трех крупных поисковых площадях в Монголии, а также на известных кимберлитовых трубках в Якутии (Россия) и Королевстве Лесото. Экспериментальные исследования показали следующее: а) мобильные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ могут найти широкое применение для оперативных поисков и картирования рудных объектов различной минерализации (ураноносных пород в том числе); б) частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ целесообразно использовать при проведении в сжатые сроки рекогносцировочного обследования крупных по площади и труднодоступных рудоносных районов и нефтегазоносных территорий; в) применение мобильных и прямопоисковых методов (частотно-резонансной технологии обработки спутниковых снимков и наземных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ) для решения широкого класса задач рудной геофизики будет способствовать ускорению поисково-разведочного процесса на рудные полезные ископаемые различного вида; г) обнаруженные и закартированные в районе детально обследованного поискового участка на юге Киевской области (Украина) перспективные объекты заслуживают детального изучения с целью поисков промышленных залежей урановой руды и пород кимберлитового состава.

Ключевые слова: Украинский щит, геоэлектрическая съемка, электрорезонансное зондирование, аномалии типа «залежь», «газ», «газоконденсат», «уран», разломная зона, кристаллический массив, спутниковые данные, технология, прямые поиски, обработка, интерпретация.

Введение. В настоящее время на рынке геофизических услуг наблюдается достаточно жесткая конкуренция между сервисными компаниями различного ранга (как крупными, так и небольшими). В сложившейся ситуации преимущества в борьбе за потенциальных «заказчиков» могут получить компании, которые активно и целенаправленно внедряют в практику выполнения геофизических работ мобильные, прямопоисковые и малозатратные геофизические методы и технологии (в комплексе с традиционно используемыми геофизическими методами). К таким методам относятся разработанные авторами геоэлектрические методы [12, 13, 17], а также прямопоисковая технология обработки и интерпретации (декодирования) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (спутниковых снимков) [14–17]. Апробация этих методов и их практическое применение для решения нефтега-

зопоисковых задач активно проводились (и проводятся) авторами как на суше, так и в морских акваториях в различных регионах мира [12–14, 16–18, 26]. Значительный объем исследований с использованием мобильной технологии обработки данных ДЗЗ выполнен авторами в 2017 г. В частности, эта технология успешно опробована на участках бурения поисковых скважин в Средиземном и Черном морях, а также на площади добычи газогидратов в Южно-Китайском море. Результаты апробации и практического применения мобильных методов и технологий «прямых» поисков скоплений нефти и газа свидетельствуют о том, что их более активное и целенаправленное использование в поисковом процессе будет способствовать решению проблем оптимизации и ускорения геолого-разведочного этапа поисков, а также повышения коэффициента успешности бурения.

Мобильные и прямопоисковые методы неоднократно применялись также при поисках рудных полезных ископаемых [11, 15] и воды (питьевой, минеральной и геотермальной) [17]. В статье [19] работоспособность (и эффективность) используемых мобильных геоэлектрических методов демонстрируется на примерах оперативного решения некоторых неотложных задач приповерхностной геофизики. Ниже представлены и анализируются результаты экспериментальных исследований с целью изучения возможности применения мобильных методов для поисков залежей урановой руды и кимберлитовых трубок. При этом отметим, что на двух поисковых участках в пределах Украинского щита (УЩ) экспериментальные работы выполнены во время детальных поисковых исследований на нефть и газ.

Компоненты, особенности и возможности прямопоисковой технологии. Мобильная прямопоисковая технология, которая включает в себя метод частотно-резонансной обработки и интерпретации (декодирования) данных ДЗЗ (спутниковых снимков) [14–17], а также наземные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [12, 13, 17], активно используется при проведении экспериментальных исследований различного характера. Отдельные компоненты (методы) этой технологии разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований [17], сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества — нефти, газа, газоконденсата, золота, железа, воды и др.

Мобильная технология позволяет оперативно решать следующие задачи: а) выявлять и картировать аномалии типа «залежь» (АТЗ), которые могут быть обусловлены скоплениями углеводородов (УВ), рудными полезными ископаемыми или водоносными коллекторами в разрезе; б) определять глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа «нефть», «газ», «рудноносный пласт» (золото, серебро, цинк, уран и др.), «водоносный горизонт»; в) проводить в сжатые сроки рекогносцировочные обследования крупных по площади и труднодоступных нефтегазоперспективных и рудоперспективных территорий; г) выполнять детализационные работы в пределах отдельных аномальных зон и на перспективных объектах с целью выбора мест заложения скважин, оценки прогнозных ресурсов УВ и рудных минералов, принятия решений о направлениях дальнейших геолого-геофизических работ и бурения; д) обнаруживать и картировать в пределах шахтных полей зоны повышенного газонасыщения в угольных пластах и вмещающих их породах; е) проследивать разломные зоны и картировать скопления УВ в нарушенных частях кри-

сталлического фундамента, а также в кристаллических массивах; ж) проводить нефтегазопроисковые работы с борта судна в акваториях морей; и др.

Отличительные особенности используемых методов описаны во многих публикациях и отчетах по выполненным исследованиям, в том числе перечисленных в списке литературы [10–19, 26]. На сайте <http://www.geoprom.com.ua/index.php/ru/> приведен расширенный список публикаций, в которых представлены результаты апробации и практического применения как отдельных прямопоисковых методов, так и всей технологии в целом.

В настоящее время поисковые работы с перечисленными мобильными методами можно разделить на такие основные этапы: 1) частотно-резонансный анализ спутниковых снимков крупных поисковых площадей в относительно мелком масштабе (*исследования регионального характера*); 2) детальный частотно-резонансный анализ спутниковых снимков отдельных площадок (участков) аномальных зон, выделенных на первом этапе (*детализационные работы*); 3) полевые геоэлектрические работы на наиболее перспективных локальных участках, определенных в процессе второго этапа работ (*наземные исследования*).

Детальные исследования в пределах Новокопстантиновской зоны разломов. Указанная зона расположена в Кировоградском рудном районе УЩ [1, 23, 24]. Опытные наземные полевые работы на отдельном участке этого тектоноструктурного элемента района проведены в сентябре 2009 г.

Основанием для применения экспресс-технологии СКИП—ВЭРЗ на Новокопстантиновском месторождении послужили практические результаты опытной апробации технологии в 2001–2008 гг. [12–14, 16–18, 26] в различных регионах Украины, Республики Казахстан, России. Согласно этим результатам, технологию СКИП—ВЭРЗ можно успешно применять при поисках и разведке скоплений УВ (газа, газоконденсата, нефти) в различных тектонических и геологических условиях:

а) наземной съемкой методом СКИП в автомобильном и пешеходном вариантах уверенно фиксируются и оконтуриваются геоэлектрические аномальные зоны типа «залежь», что позволяет выделять наиболее перспективные участки для детального изучения сейсморазведкой 3D и другими геофизическими методами, а также определять места заложения скважин;

б) методом ВЭРЗ в пределах контуров аномалий типа «залежь» выделяются АПП типа «нефть», «газ», «газоконденсат», а также структурно-тектоническая граница типа «кровля фундамента» и другие опорные геоэлектрические горизонты;

в) исследования в пределах Коростенского плутона продемонстрировали возможность изучения методами СКИП и ВЭРЗ внутренней структуры кристаллических массивов (выделение нарушенных

и раздробленных зон и относительно стабильных участков) [10];

г) опытные геоэлектрические работы на трех угольных шахтах Донбасса свидетельствуют о том, что технологию СКИП—ВЭРЗ можно использовать для оперативного обнаружения и картирования зон повышенной газонасыщенности углей и вмещающих пород [12];

д) на примере золоторудного месторождения показана принципиальная возможность применения геоэлектрических методов для картирования рудных тел [11].

Результаты работ. Основная задача экспериментальных исследований заключалась в определении и картировании аномальных геоэлектрических зон, обусловленных скоплениями газа и газокон-

денсата, наличие которых установлено при проходке шахтных выработок и опережающего бурения. Съемкой методом СКИП выделены и закартированы аномальные зоны, обусловленные скоплениями газа и газоконденсата (АТЗг и АТЗгк). По данным ВЭРЗ в разрезе выявлены АПП типа «газ» и «газоконденсат» (АППг и АППгк).

По данным съемки СКИП на небольшом участке работ в пределах Новоконстантиновской зоны разломов выделены три геоэлектрические аномальные зоны, которые могут быть обусловлены скоплениями газа и газоконденсата в зонах дробления гранитоидов. Закартированные аномальные зоны получили условные названия: 1) Южная; 2) Западная; 3) Центральная (рис. 1).

АТЗ «Южная» расположена на южном продол-

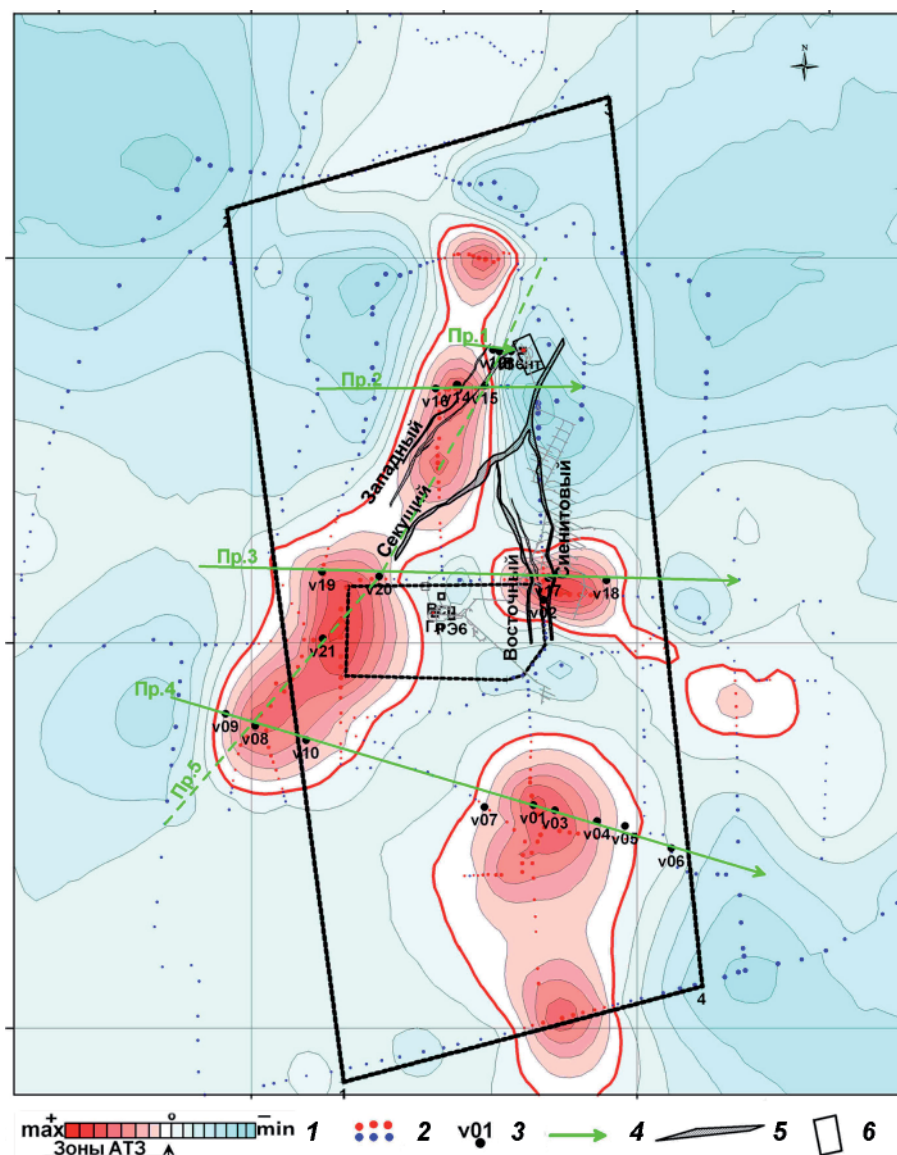


Рис. 1. Карта аномалий типа «залежь УВ» на площади работ: 1 — шкала интенсивности аномалий; 2 — пункты съемки СКИП; 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — линии разрезов; 5 — зоны тектонических нарушений на поверхности фундамента; 6 — контуры участка работ

Fig. 1. Map of anomalies of the «hydrocarbon reservoir» type in the area of work. 1 — scale of anomalies intensity; 2 — SCIP survey points; 3 — VERS points; 4 — lines of cross-sections; 5 — zones of tectonic fractures on the surface of the basement; 6 — contours of the site of work

Отдельная карта аномальной геоэлектрической зоны типа «газопроявление» на отметках заложения горной выработки (-300 м) свидетельствует, что участки максимального газонасыщения могут

Корреляционные разрезы по профилям 2—5 (см. рис. 2) свидетельствуют об общем падении АПП в восточном направлении. Угол падения пластов со-

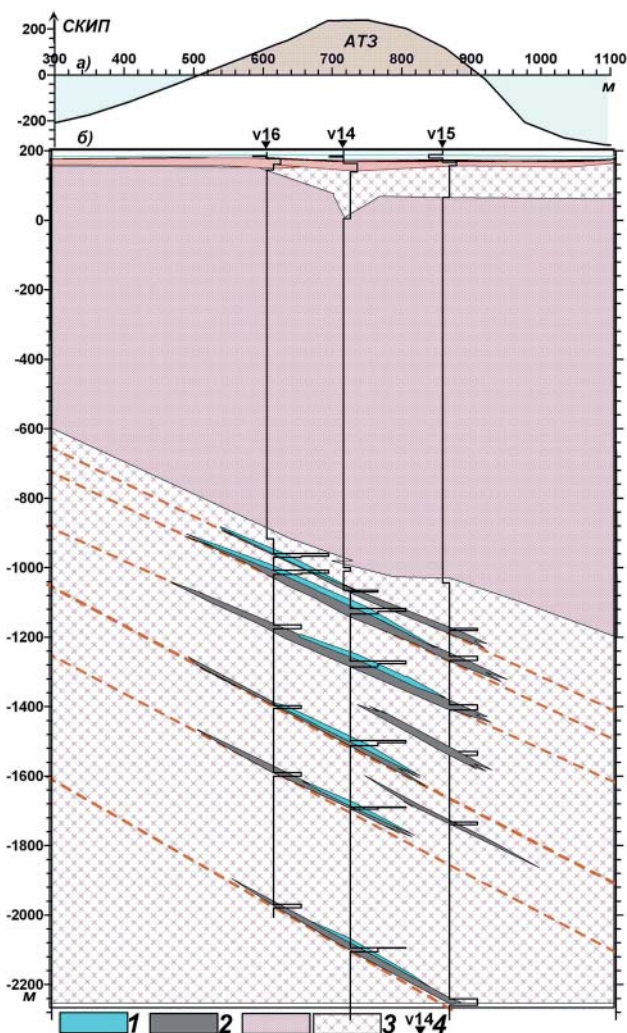


Fig. 2. Vertical cross-section of the geoelectric anomalous zone of the «reservoir» type. Profile 2: 1 — APL of the «gas» type; 2 — APL of the «gas condensate» type; 3 — granitoids; 4 — VERS points

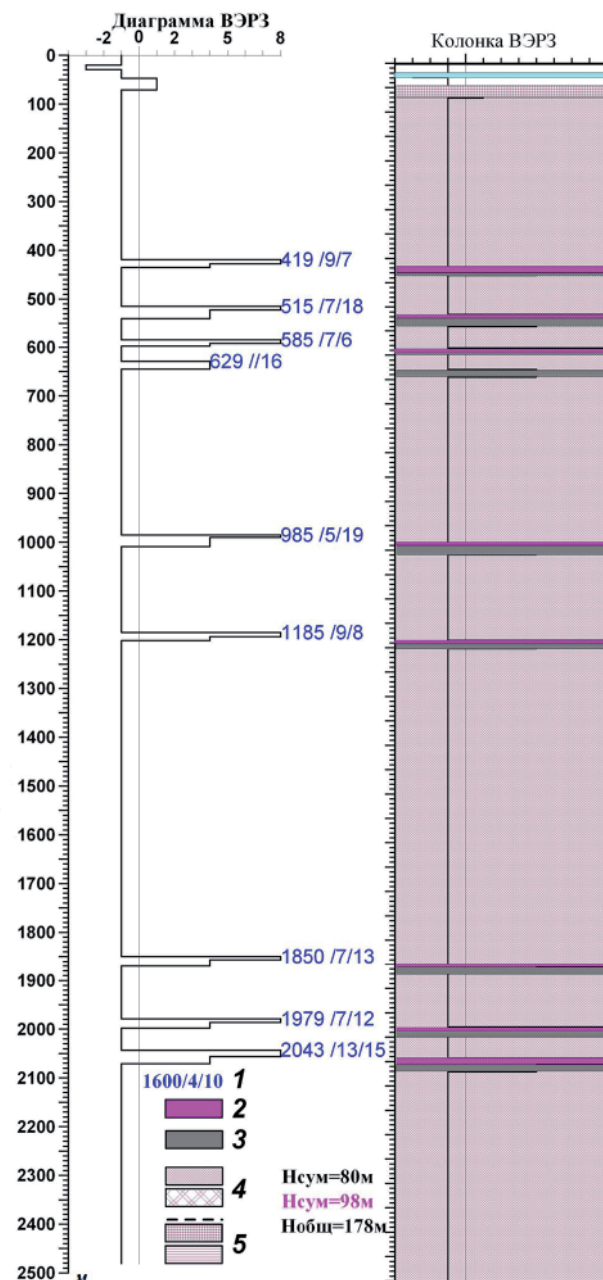


Fig. 3. Results of VERS sounding at the point v17, profile 3: 1 — depth to the roof of the formation/ thickness of APLg/thickness of APLc; 2 — APLg; 3 — APPc; 4 — granitoids; 5 — zones of crushing, tectonic fractures, zones of metasomatism

ВЭРЗ	Высота GPS, м	Интервал глубин, м	Мощность, м			Номер профиля
			АППГк	АППГ	АППГ+гк	
V1	194	1420—1775	89	6	95	4
V3	211	1500—2060	60	7	67	4
V4	214	2230—2350	52	8	60	4
V5	211	1420—2430	23	28	51	4
V6	220	1890—2440	7	—	7	4
V7	208	1340—1650	9	4	14	4
V8	171	550—1700	84	52	136	4
V9	187	1350—1550	8	12	20	4
V10	196	600—1770	14	16	30	4
V11	194	65—260	—	—	135	1 (руда)
V12	196	97—262	—	—	165	1 (руда)
V13	191	98—430	—	—	229	1 (руда)
V14	200	1260—2300	30	40	70	2
V15	199	1370—1949	69	—	69	2
V16	195	1150—2170	56	6	62	2
V17	211	420—2070	80	98	178	3
V18	215	710—2380	190	25	215	3
V19	191	450—1465	90	102	192	3
V20	200	955—1790	90	51	141	3
V21	183	390—1485	103	134	237	5

ставляет 50° — 55° , что соответствует углам падения тектонических трещин и разломов для данного гранитного массива. Скорее всего, ловушками УВ на участке работ являются, в основном, оперяющие тектонические разломы, трещины и зоны дробления гранитных пород. Коллекторами могут быть рыхлые выветрелые породы, заполняющие трещины и зоны дробления. Экранами для ловушек могут служить участки плотно закальматированных трещин. Ширина отдельных выветренных зон достигает 10—15 м.

По данным зондирования, АТЗ «Западная» (№ 2) и «Центральная» (№ 3) наиболее перспективны для поиска и добычи газа (газоконденсата). В пределах «Западной» АТЗ перспективной зоной расположения буровых скважин для дегазации разреза является площадь между станциями ВЭРЗ v19—v21. Рекомендуемая глубина бурения — до 1790 м (см. рис. 4). В пределах «Центральной» АТЗ зоной расположения дегазационной скважины может быть площадь, которая находится между станциями ВЭРЗ v17—v18. Рекомендуемая глубина бурения — до 2300 м (см. рис. 3).

Обнаружение и картирование зон уранового оруденения. В период проведения геоэлектрических работ с целью выделения и картирования участков скопления газа и газоконденсата была опробована отдельная модификация технологии СКИП—

ВЭРЗ, предназначенная для обнаружения и картирования зон уранового оруденения по площади, а также определения глубин залегания и мощностей отдельных рудных тел в разрезе. В процессе проведения такого рода работ экспериментально были подобраны соответствующие характеристики приемной антенны и частоты резонансного отклика от зоны залегания урановых руд. По данным экспериментальной съемки методом СКИП построенная региональная карта геоэлектрической аномалии, обусловленной зоной уранового оруденения на участке работ (рис. 5).

Съемкой СКИП выявлена и закартирована локальная аномалия типа «зона уранового оруденения» (рис. 6), в пределах которой выполнено вертикальное зондирование по профилю 1 (рис. 7, 8). Глубины залегания и мощности рудных тел в отдельных точках зондирования приведены в таблице. Закартированная локальная зона возможного скопления руды не разбурена. Наличие рудных залежей в пределах закартированной аномалии подтверждается также методом ядерно-магнитного резонанса [7].

В 2010 г. началась целенаправленная апробация частотно-резонансного метода обработки и дешифрирования спутниковых снимков [15]. В том же году спутниковый снимок участка обследования в Новоконстантиновской зоне разломов был обработан

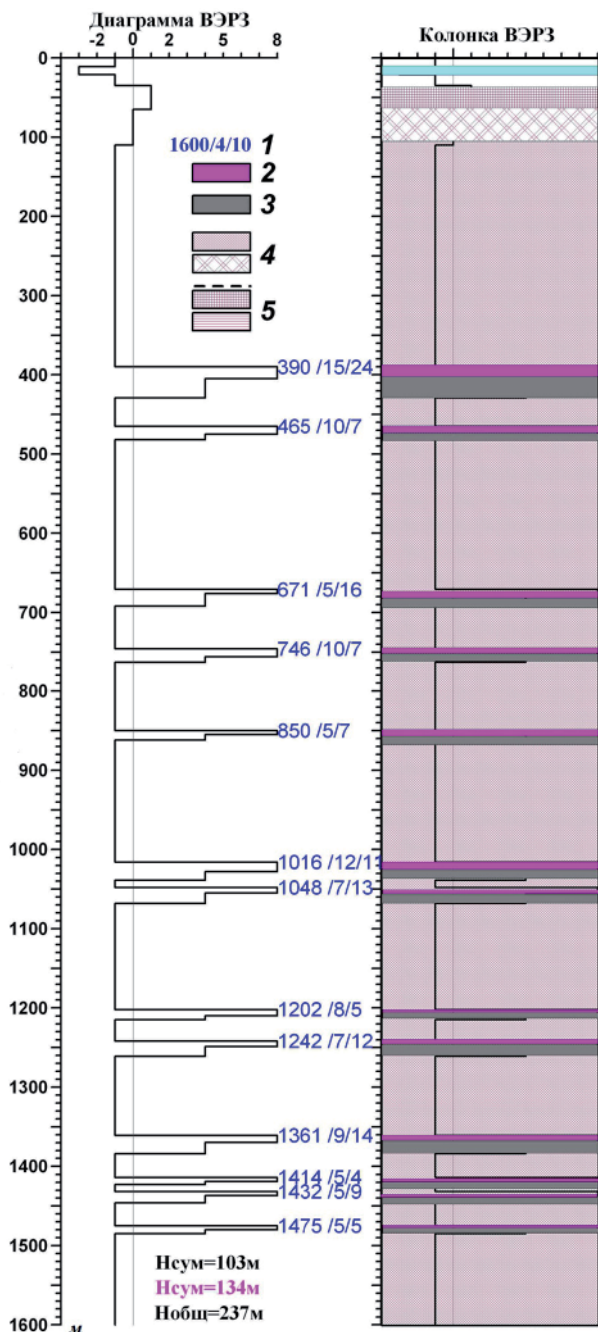


Рис. 4. Результаты ВЭРЗ в точке v21. Профиль 5: 1 — глубина до кровли пласта/мощность АППг/мощность АППк; 2 — АППг; 3 — АППк; 4 — гранитоиды; 5 — зоны дробления, тектонические нарушения, зоны метасоматоза

Fig. 4. Results of VERS sounding at the point v21. Profile 5: 1 — depth to the roof of the formation/thickness of APLg/thickness of APLc; 2 — APLg; 3 — APPc; 4 — granitoids; 5 — zones of crushing, tectonic fractures, zones of metasomatism

по частотно-резонансной методике с целью определения возможности ее применения для обнаружения и оконтуривания урановых месторождений. Результаты выполненной обработки показаны на рис. 9. Оценив в целом материалы, представленные на рис. 5 и 9, можно констатировать, что небольшие по площади зоны уранового оруденения могут быть обнаружены в результате частотно-резонансной об-

работки и дешифрирования спутниковых данных, а детальные контуры аномалий и глубины залегания отдельных рудных тел с урановой минерализацией могут быть установлены наземными исследованиями геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ.

В это же время была выполнена частотно-резонансная обработка спутникового снимка участка в районе известного уранового месторождения в Костанайской области Республики Казахстан. В результате в пределах обследованного участка обнаружена и закартирована аномалия типа «зона уранового оруденения» (рис. 10). Отметим, что во время проведения исследований исполнителям были предоставлены координаты только одной точки, расположенной недалеко от месторождения. Результаты экспериментальных исследований (см. рис. 9, 10) позволили сделать вывод о целесообразности применения частотно-резонансной технологии обработки спутниковых при поисках и картировании промышленных скоплений урановых руд.

Поисковые рекогносцировочные исследования в Монголии. В 2011 г. с помощью оперативной технологии «Поиск» [7] на трех поисковых площадях в Монголии по результатам дешифрирования спутниковых фотоснимков были выявлены и закартированы фоновые урановые аномалии (рис. 11). Авторам проведенной апробации частотно-резонансной технологии обработки и интерпретации данных ДЗЗ были предоставлены спутниковые снимки поисковых площадей и контуры выявленных в их пределах фоновых урановых аномалий.

Основная задача обработки данных ДЗЗ — выделение и оконтуривание аномалий типа «зона уранового оруденения» и их сопоставление с фоновыми урановыми аномалиями, установленными с помощью технологии [7].

Поисковая площадь 1. На площади зафиксировано 14 фоновых аномалий (1.1—1.14). Их контуры показаны на рис. 12, а пунктирными линиями.

Выявленные аномалии типа «зона уранового оруденения» (красные и голубые изолинии на рисунках) достаточно хорошо коррелируются с фоновыми. Отметим следующие особенности.

В пределах фоновой аномалии 1.5 закартированы две аномалии — западная и восточная. При этом восточная часть аномалии совместно с аномалией 1.7 сформировали один аномальный объект. Аномальные значения отклика не зафиксированы в пределах фоновой аномалии 1.6. Отметим хорошее соответствие между аномалиями 1.8 (фоновой и выявленной).

В пределах фоновых аномалий 1.11—1.13 зафиксирована одна аномалия типа «зона уранового оруденения». Площадь аномалии 1.4 существенно больше площади соответствующей фоновой аномалии.

Поисковая площадь 2. На площади выявлено 11 фоновых аномалий: 2.1—2.11 (пунктирные линии на рис. 12, б).

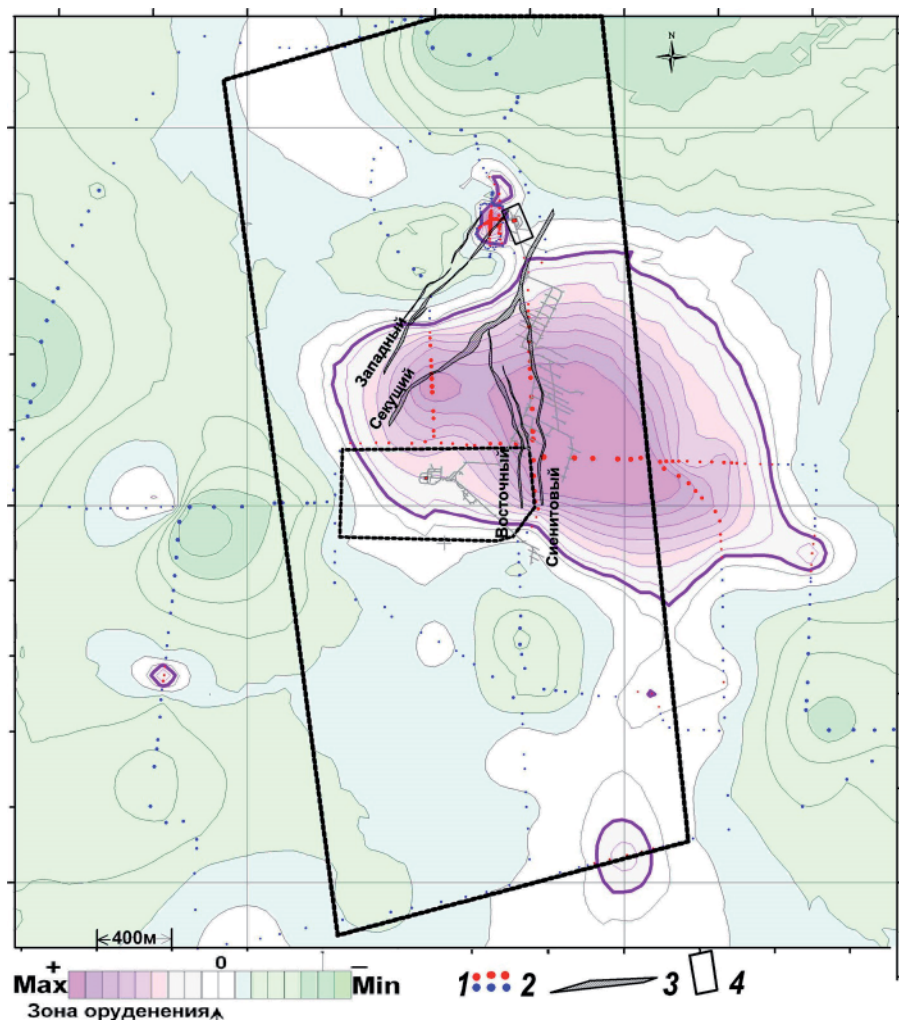


Рис. 5. Карта аномалий типа «зоны уранового оруденения» на площади работ: 1 — шкала интенсивности поля СКИП; 2 — точки измерений поля СКИП; 3 — зоны разломов в фундаменте; 4 — контуры участка работ

Fig. 5. Map of anomalies of the «zones of uranium mineralization» type in the area of work: 1 — scale of the SCIP field intensity; 2 — measurement points of the SCIP field; 3 — zones of faults in the basement; 4 — contours of the work area

Отметим очень хорошее совпадение аномалий 2.1—2.5, 2.8 (фоновых и обнаруженных). Закартированная аномалия 2.3 существенно увеличилась в западном направлении.

В пределах фоновых аномалий 2.6, 2.7 и 2.9 в процессе обработки спутниковых снимков аномальных зон не обнаружено.

Поисковая площадь 3. На площади выявлено 15 фоновых аномалий: 3.1—3.15 (пунктирные линии на рис. 12, в).

В целом можно говорить о достаточно хорошем совпадении фоновых и выделенных аномалий. При этом отметим следующее:

- закартированная аномалия 3.4 сместилась на юго-восток относительно фоновой;
- в пределах фоновой аномалии 3.5 аномальная зона не зафиксирована, однако к югу от аномалий 3.6 и 3.7 в этом же блоке выявлена дополнительная аномальная зона 3а;
- площадь закартированной аномалии 3.10 су-

ществено увеличилась в восточном направлении;

- аномалии 3.11 и 3.12 объединены в одну.

Экспериментальные исследования на участках расположения кимберлитовых трубок. С целью изучения возможностей применения частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ для поисков кимберлитовых трубок и алмазов в 2011 г. был выполнен некоторый объем экспериментальных исследований. Резонансные частоты кимберлитов определены на 10 образцах кимберлитовых пород из 10 трубок — Удачная, Мир, Заря, Новинка, Ботубино, Заполярная, Соболева, Нюрбинск, Интернациональная, Радиоволновая (Якутия, Россия). Определены также характеристические свойства (резонансные частоты) алмазов. Полученные значения резонансных частот использовались при обработке и интерпретации спутниковых снимков.

В дальнейшем была выполнена обработка спутниковых снимков участков расположения перечис-

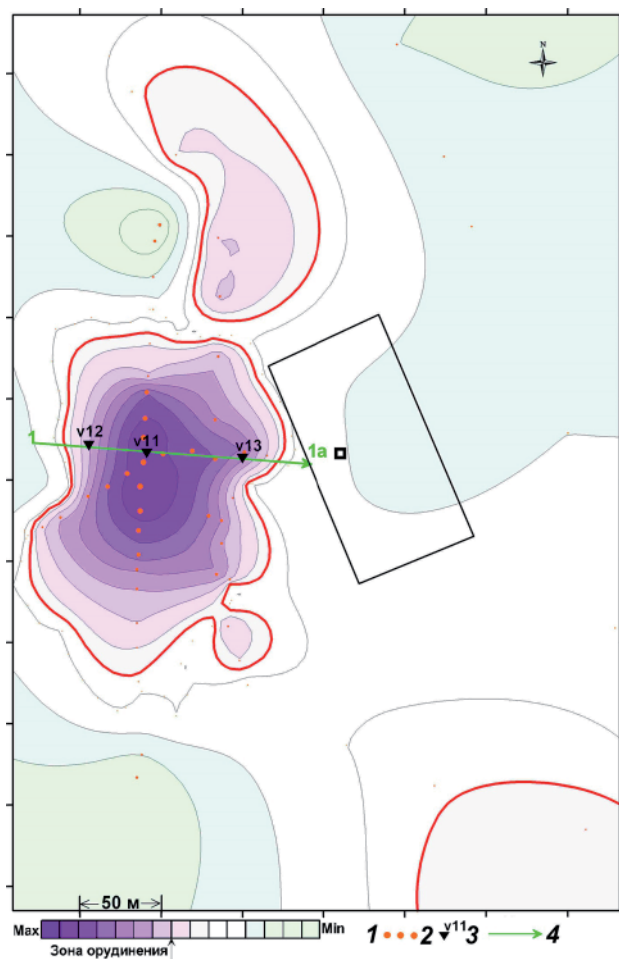


Рис. 6. Локальная аномалия типа «зона уранового оруденения» на площади работ: 1 — шкала интенсивности аномалий; 2 — пункты съемки СКИП; 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — линия разреза

Fig. 6. Local anomaly of the «zone of uranium mineralization» type on the area of work: 1 — scale of anomalies intensity; 2 — SCIP survey points; 3 — VERS points; 4 — line of cross-section

ленных выше трубок с целью определения контуров кимберлитовых пород и зон распределения алмазов в них. Полученные результаты на участке расположения трубки «Удачная» представлены на рис. 13.

В августе 2016 г. в районах расположения кимберлитов проводились дополнительные экспериментальные исследования. Так, в районе расположения трубок Соболева, Радиоволновая обнаружено 16 геоэлектрических аномальных зон типа «кимберлитовая трубка». При этом аномальные отклики на резонансных частотах алмазов зафиксированы не во всех закартированных зонах типа «кимберлит» (рис. 14).

В это же время была проведена частотно-резонансная обработка спутникового снимка участка расположения кимберлитовой трубки «Letseng-La-Terae» в Королевстве Лесото. Закартированные геоэлектрические аномальные зоны типа «кимберлит» и «алмазы» показаны на рис. 15.

Кроме того, на небольшом поисковом участке в Королевстве Лесото в результате дополнительных

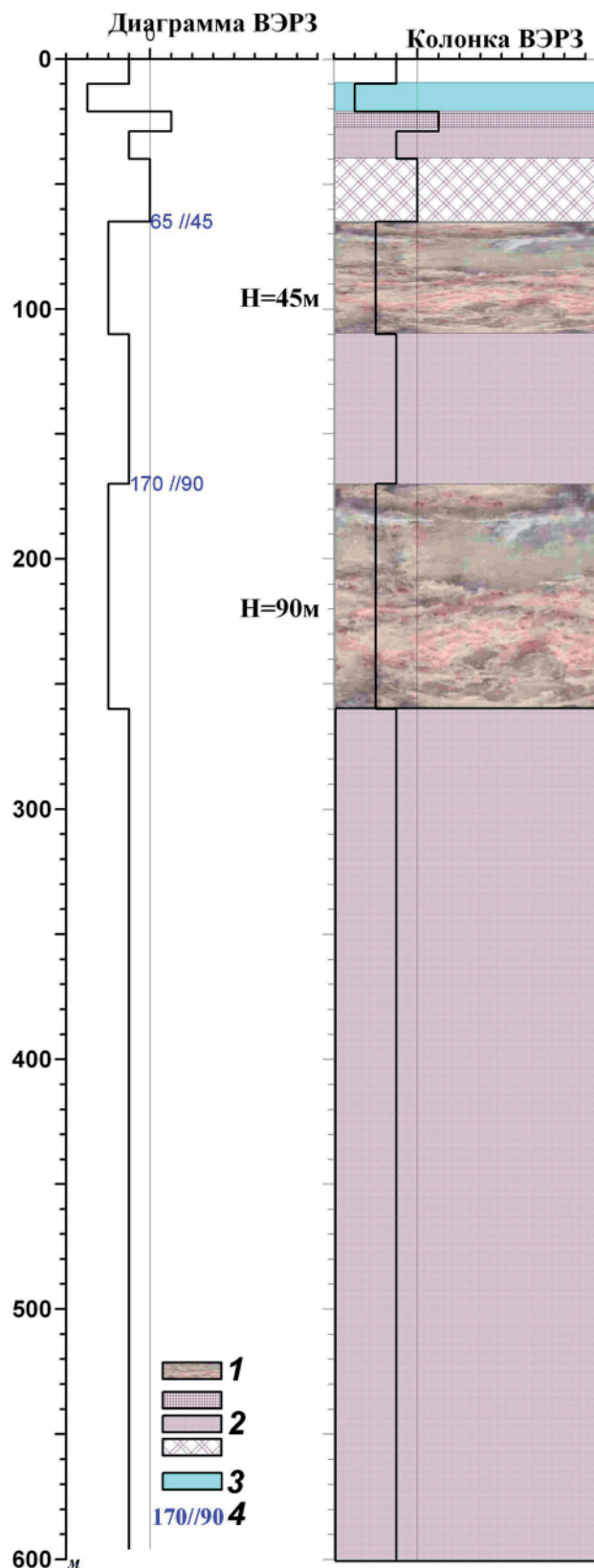


Рис. 7. Результаты ВЭРЗ в точке v11. Профиль 1: 1 — зоны АПП типа «урановое оруденение»; 2 — гранитоиды; 3 — обводненный горизонт; 4 — глубина до кровли пласта/мощность

Fig. 7. Results of VERS sounding at the point v11, profile 1: 1 — zones of APL of the «uranium mineralization» type; 2 — granitoids; 3 — watered horizon; 4 — depth to the roof of the formation/thickness

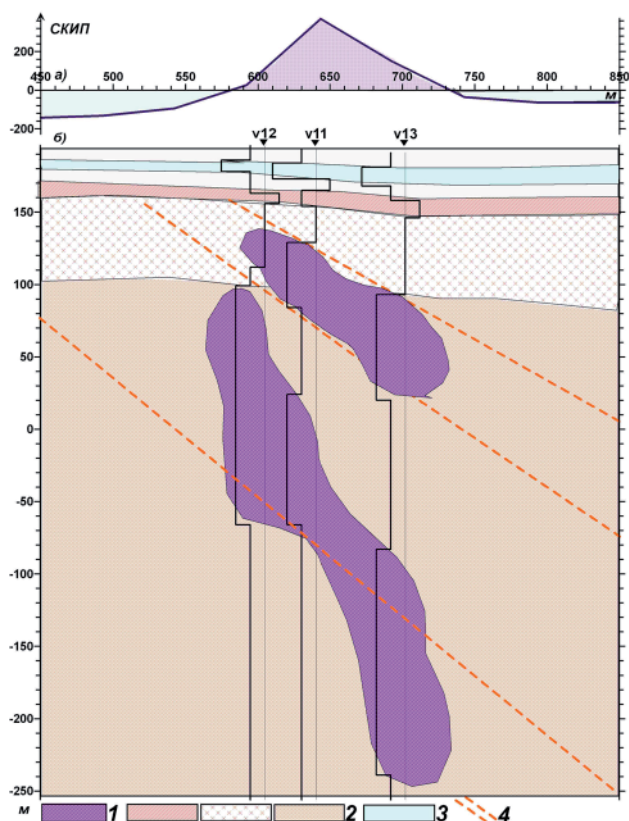


Рис. 8. Вертикальный разрез аномальной зоны типа «урановое оруденение». Профиль 1: 1 — зоны АПП типа «урановое оруденение»; 2 — гранитоиды; 3 — обводненный горизонт; 4 — тектонические нарушения

Fig. 8. Vertical cross-section of the anomalous zone of the «uranium mineralization» type, profile 1: 1 — zones of the APL of the «uranium mineralization» type; 2 — granitoids; 3 — watered horizon; 4 — tectonic fractures

исследований выявлены и закартированы две геоэлектрические аномальные зоны типа «кимберлит» (рис. 16). Однако аномальных откликов на резонансных частотах алмазов в контурах обнаруженных аномалий не зафиксировано.

Детальные исследования на поисковом участке «Юг» в пределах Украинского щита. В 2013 г. детальные поисковые исследования на нефть и газ с использованием частотно-резонансного метода и наземных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ проводились в пределах трех поисковых участков щита — «Юг», «Запад» и «Север». Отметим, что все участки были обнаружены ранее с помощью мобильной технологии «Поиск» [7].

Детальные геофизические исследования с целью выбора участка для разбуривания и места заложения поисковой скважины выполнялись поэтапно, в одинаковой последовательности. На начальном этапе изучения каждого поискового участка были оценены перспективы его нефтегазоносности по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ (спутниковых данных). По материалам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ оценивалась

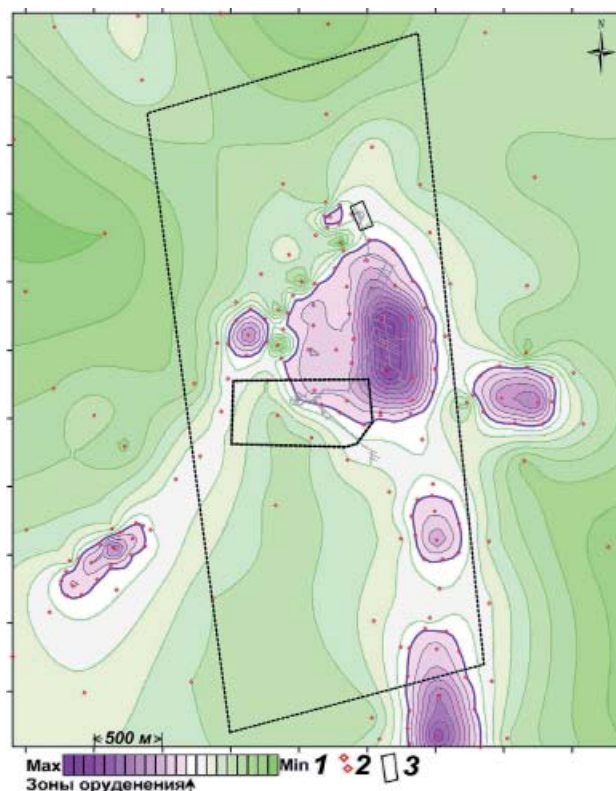


Рис. 9. Карта аномалий типа «зоны уранового оруденения» в районе Новоконстантиновской зоны разломов (по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков): 1 — шкала интенсивности аномального отклика; 2 — точки регистрации отклика; 3 — контуры участка

Fig. 9. Map of anomalies of the «zone of uranium mineralization» type in the Novokonstantinovskaya zone of faults (based on the results of frequency-resonance processing of satellite images): 1 — scale of intensity of anomalous response; 2 — points of registration of the response; 3 — contours of the site

целесообразность проведения в их пределах наземных полевых работ детализационного характера мобильными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. На втором (заключительном) этапе работ обнаруженные перспективные аномальные объекты детально обследовались наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ.

По результатам наземных геоэлектрических исследований оценивались возможные ресурсы газа, газоконденсата и нефти в прогнозируемых коллекторах.

Ниже дан анализ результатов исследований только на участке «Юг». При проведении работ в этом районе дополнительно была выполнена частотно-резонансная обработка спутниковых снимков более крупных участков с целью обнаружения аномальных зон типа «урановое оруденение» и «кимберлит».

Общие сведения. Участок расположен на юге Киевской области. В тектоническом плане участок «Юг» находится в зоне Росинско-Тикичского мегаблока УЩ. Площадь работ пересекает большая по протяженности зона тектонического разлома. По литературным данным, в пределах участка работ

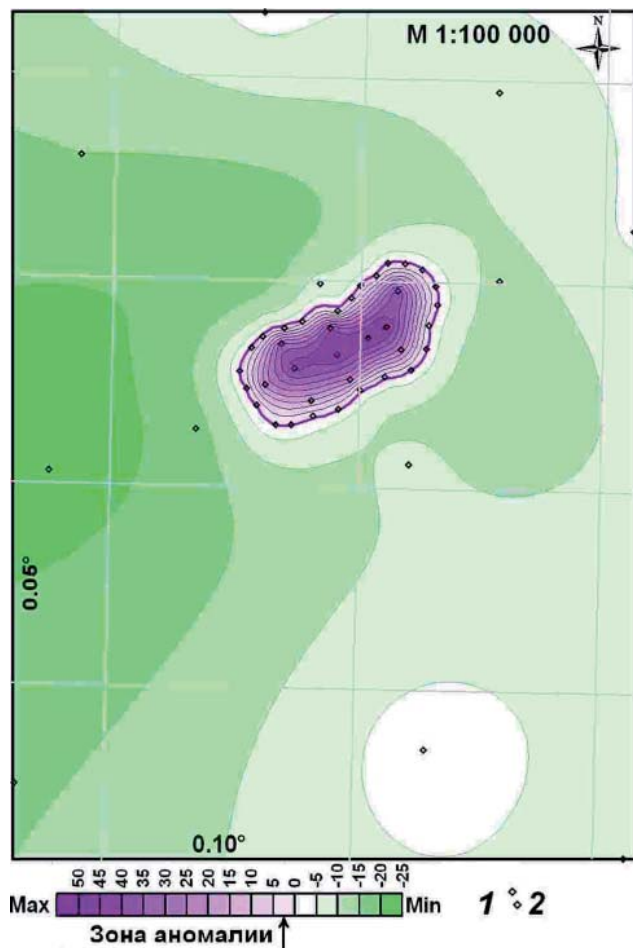


Рис. 10. Карта аномалий типа «зоны уранового оруденения» в районе уранового месторождения (Костанайская область, Республика Казахстан), по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков: 1 — шкала интенсивности аномального отклика; 2 — точки регистрации отклика

Fig. 10. Map of anomalies of the «zone of uranium mineralization» type in the area of the uranium deposit (Kostanay region, Republic of Kazakhstan), based on the results of frequency-resonance processing of satellite images: 1 — scale of intensity of anomalous response; 2 — points of the response registration

породы щита сложены гранитоидами кировоградского комплекса, метабазитами, метаморфическими породами неогархей, мигматитами (гнейсами, амфиболитами, сланцами). В гранитоидах встречаются дайковые комплексы, выявлены процессы палеовулканизма.

Детальные геоэлектрические исследования в пределах поискового участка проведены в районе ранее обнаруженной локальной аномальной зоны «Gas-4».

Обработка данных ДЗЗ. Частотно-резонансным методом обработки и интерпретации данных ДЗЗ на поисковом участке выделена зона тектонического нарушения. Ширина зоны — порядка 300—500 м, простирается северо-западное (рис. 17). В пределах нарушения зафиксированы две небольшие аномальные зоны типа «залежь газа», в том числе на участке аномалии «Gas-4» (рис. 17). Эти аномалии практически совпали с объектами, выделенными технологией

«Поиск» [7]. Оценки максимальных значений пластового давления «газа» в пределах закартированных аномальных зон составляют порядка 7,0—7,5 МПа.

Центральная часть аномальной зоны «Gas-4» расположена в 60 м северо-восточнее точки, установленной для бурения технологией «Поиск». В этой точке проведено вертикальное сканирование разреза по данным ДЗЗ до глубины 750 м, в результате чего выделены: рыхлые осадочные породы в интервале глубин 0—80 м; трещиноватые гранитоиды — 80—210 м; наклонная зона тектонического нарушения (зона дробления и выветрелых пород) — 210—690 м; плотные (ненарушенные) гранитоиды — ниже глубины 690 м.

В выветрелых гранитоидах выделено четыре интервала глубин, перспективных для поисков залежей газа: 250—330; 350—365; 560—585; 650—675 м.

Наземная съемка методом СКИП. Полевые геоэлектрические работы методами СКИП и ВЭРЗ на площади проведены в январе 2013 г. с целью детального картирования аномальных зон и определения глубины залегания возможных газовых залежей.

Съемка методом СКИП проводилась по профилям, проложенным через аномальную зону, которая выделена по результатам обработки данных ДЗЗ. По материалам съемки построена карта геоэлектрической аномалии типа «газовая залежь» в изолиниях максимальных значений пластового давления (рис. 18). Аномалия вытянута в северо-западном направлении. По данным СКИП, максимальное значение аномалии (9,0 МПа) зафиксировано в районе точки V02.

Перспективной поисковой площадью можно считать зону, оконтуренную изолинией 3,0 МПа (рис. 18). Площадь этой зоны — 34,6 км².

Исходя из полученных значений пластового давления, можно предположить, что газосодержащие пласты могут находиться не глубже 800—900 м.

Зондирование методом ВЭРЗ. Работы выполнены в 14 пунктах участка обследования. Зондированием определены интервалы глубин залегания АПП типа «газосодержащий пласт», «обводненный горизонт», уточнены глубины неоднородностей в теле гранитоидов.

По результатам ВЭРЗ построена карта суммарной мощности АПП типа «газовая залежь» (рис. 19) (максимальные значения суммарной мощности зафиксированы в точке V04). Максимальные значения на карте давлений (см. рис. 18) и карте мощностей АПП (см. рис. 19) не совпадают, что может быть обусловлено наличием тектонического нарушения, проходящего между точками V01, V02, V13 и V04. Район точки V04, скорее всего, выделяется отдельным небольшим блоком.

По карте суммарной мощности АПП (рис. 19) внутри изолинии 20 м определена область, перспективная для проведения поисковых работ. Площадь поисковой зоны составляет 34,59 км². В ее преде-

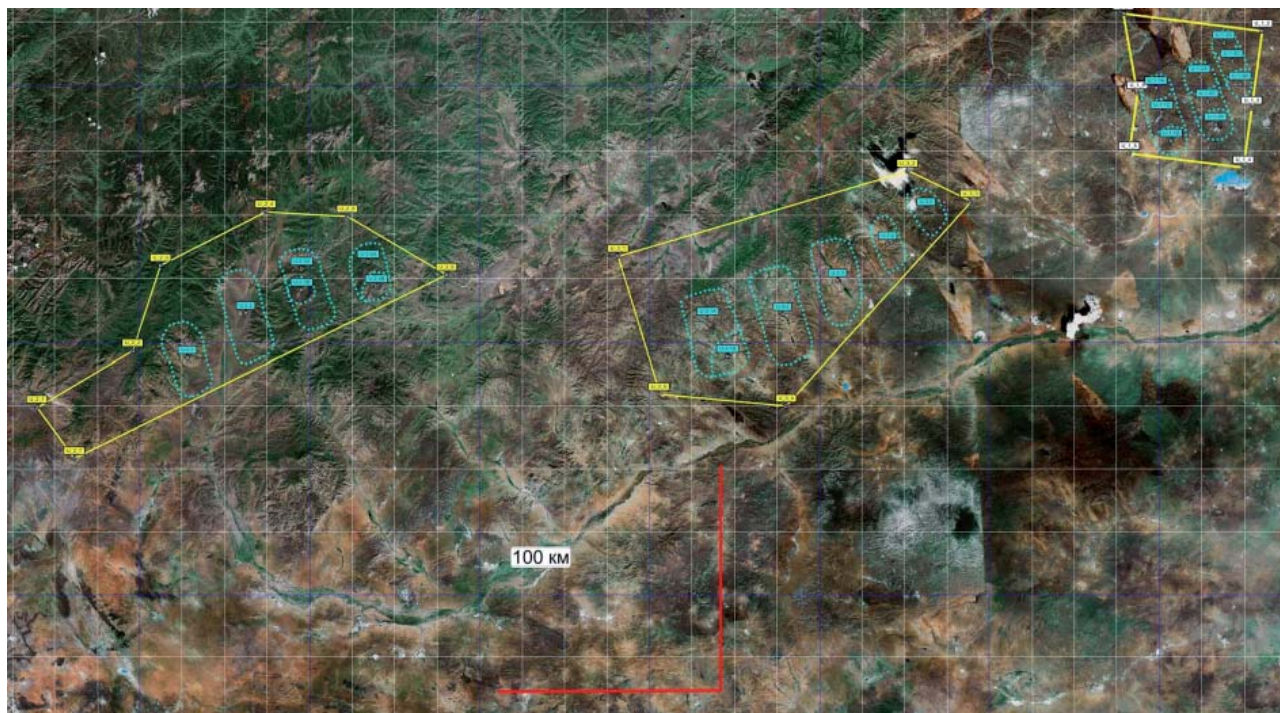


Рис. 11. Схема расположения участков и фоновых урановых аномалий Монголии, выявленных по результатам дешифрирования спутниковых снимков с использованием технологии «Поиск» [7].

Fig. 11. Sketch-map of location of sites and background uranium anomalies Mongolia, revealed by the results of satellite images interpretation using the «Poisk» technology [7]

лах общий объем пластов АПП равен 0,4758 км³.

Полученный объем пластов АПП позволяет приблизительно оценить возможные ресурсы прогнозируемой залежи газа. Так, если принять пористость трещинного коллектора 10 %, а среднее значение пластового давления 7,0 МПа, то приближенная оценка ресурсов газа составит 3,33 млрд м³.

Зондированием определены также глубины до кровли гранитоидных пород. Для территории аномальной зоны построены карты глубин кровли пород фундамента (рис. 20, 21). В районе центральных точек V02, V01 глубина до кровли составляет около 90 м. В юго-западном направлении глубина залегания кровли фундамента уменьшается, в целом по площади она изменяется от 120 до 40 м.

По результатам зондирования построено 14 вертикальных колонок АПП. Практически на всех колонках в интервале глубин примерно 300—700 м выделено пять АПП типа «газ». Результаты зондирования в центральной точке аномалии (пункт V02) показаны на рис. 22.

По материалам ВЭРЗ построены четыре вертикальных корреляционных разреза: профили 1 (рис. 23) и 2 — поперек аномалии, профили 3 и 4 — параллельно длинной оси аномальной зоны. На поперечных профилях 1 и 2 вырисовывается положительная структурная зона, возможно связанная с внедрением интрузивного тела. Сверху над интрузивным телом расположена «шапка» нарушенных пород, которые

могут формировать коллекторы трещинного типа.

При остывании интрузивного тела могли формироваться латеральные тектонические нарушения.

В интервале глубин зондирования от 0 до 3000 м выделены (условно) четыре комплекса пород:

а) осадочный комплекс + кора выветривания, интервал глубин от 40 до 120 м;

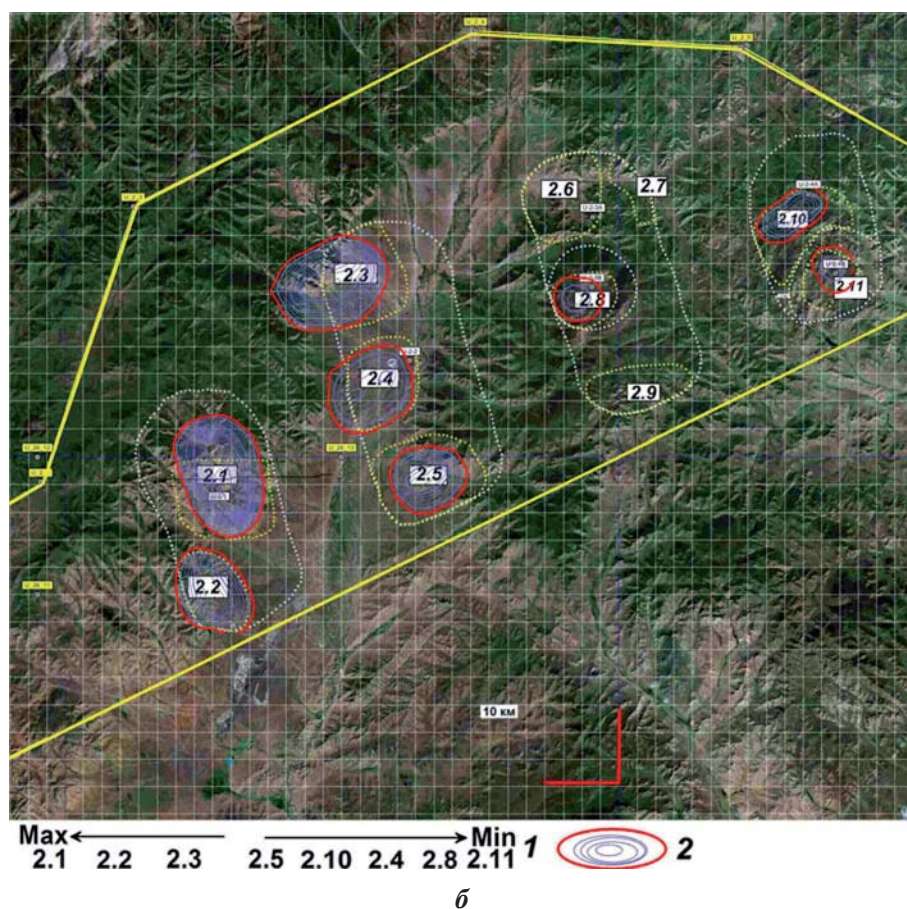
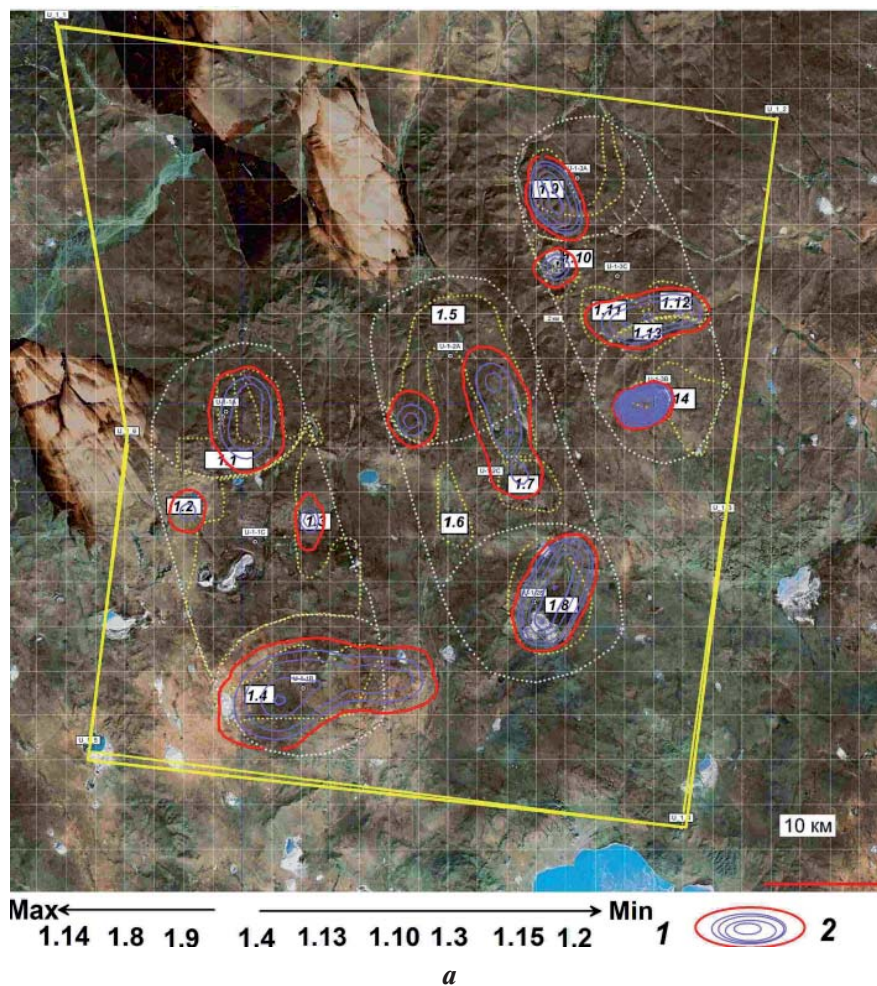
б) комплекс 1 (граниты кировоградского комплекса?), интервал глубин 100—200 м;

в) комплекс 2 (нарушенная зона с трещинными коллекторами, предположительно метаморфические породы? (гнейсы, амфиболиты, сланцы)), интервал глубин 200—700 м;

г) комплекс 3 (плотные породы дайкового комплекса?), интервал глубин 700, прослежен до 3000 м.

Дополнительные исследования в районе поисковой площади «Юг». Отметим, что поисковая площадь расположена в рудном районе. В связи с этим напомним о приведенных выше результатах исследований геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ с целью обнаружения и картирования скоплений газа и конденсата в районе расположения уранового месторождения на локальном участке Новокоптяновской зоны разломов (УЩ, Кировоградский рудный район).

О принципиальной важности обнаружения в этом районе скоплений газа отмечается в статье [20, с. 106]: «...выявленные в Новокоптяновской рудной зоне (центральная часть Украинского щита,



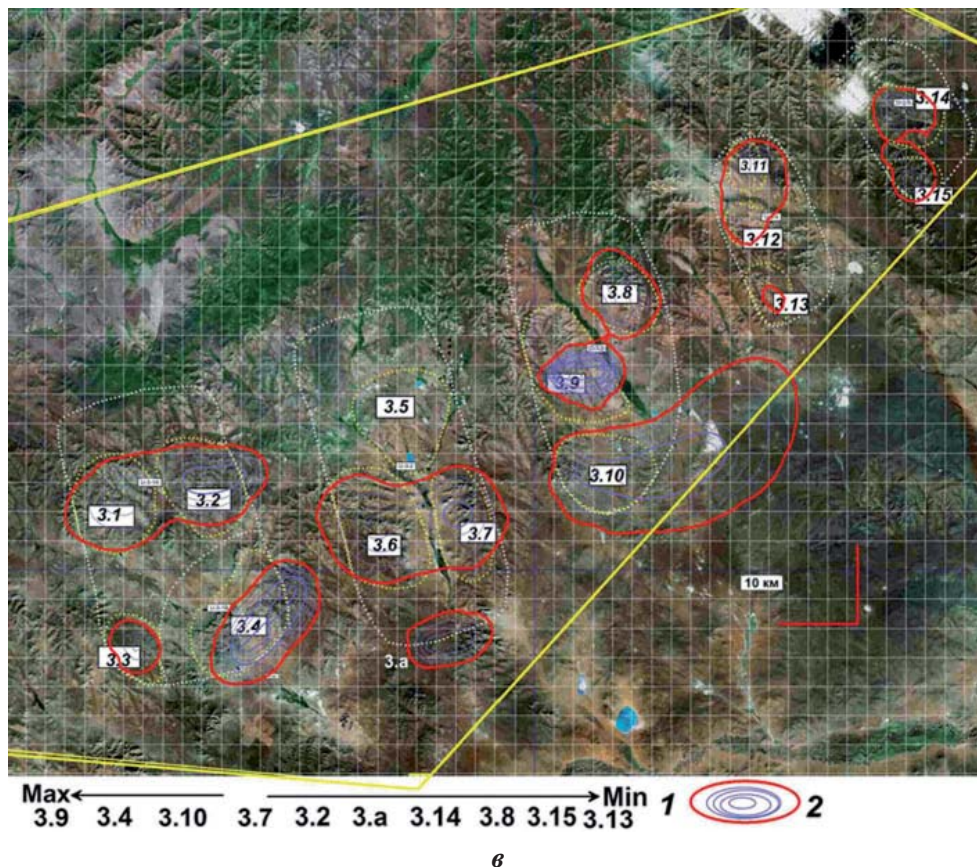


Рис. 12. Карты-схемы аномалий типа «зона уранового оруденения» в пределах первого (а), второго (б) и третьего (в) участков обследования (по результатам частотно-резонансной обработки и интерпретации спутниковых данных [14–17]), Монголия: 1 — порядок расположения аномалий по величине интенсивности аномального отклика; 2 — аномалии типа «зона уранового оруденения»

Fig. 12. Sketch-maps of anomalies of the «zone of uranium mineralization» type within the first (a), the second (b) and the third (v) areas of the survey (based on the results of frequency-resonance processing and interpretation of satellite data [14–17]), Mongolia: 1 — the order of the anomalies location in terms of the anomalous response intensity; 2 — anomalies of the «zone of uranium mineralization» type

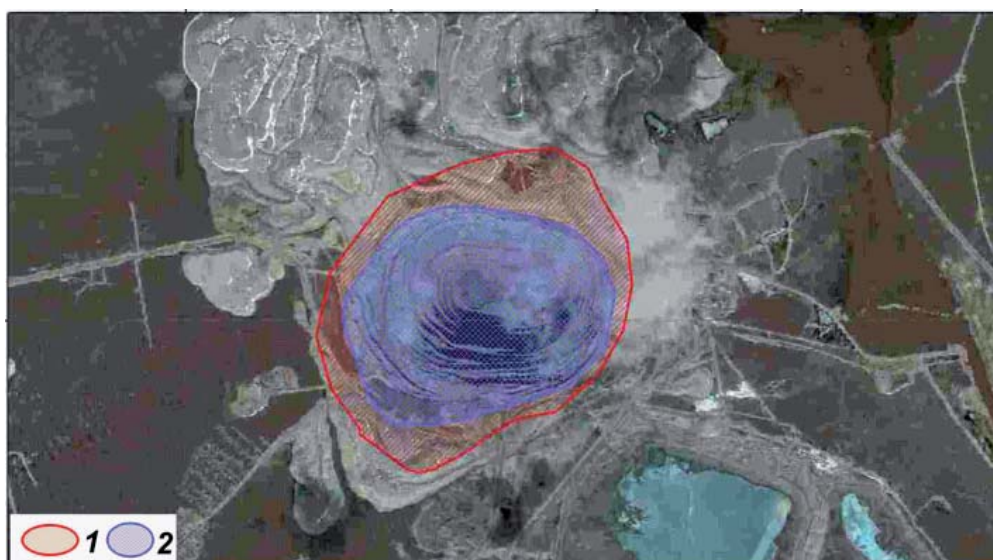


Рис. 13. Геоэлектрические аномальные зоны над кимберлитовой трубкой Удачная (Якутия, Россия). Зоны регистрации откликов на резонансных частотах: 1 — кимберлитов, 2 — алмазов

Fig. 13. Geoelectric anomalous zones above the kimberlite pipe Udachnaya (Yakutia, Russia). Zones of registration of responses at resonance frequencies: 1 — kimberlites, 2 — diamonds

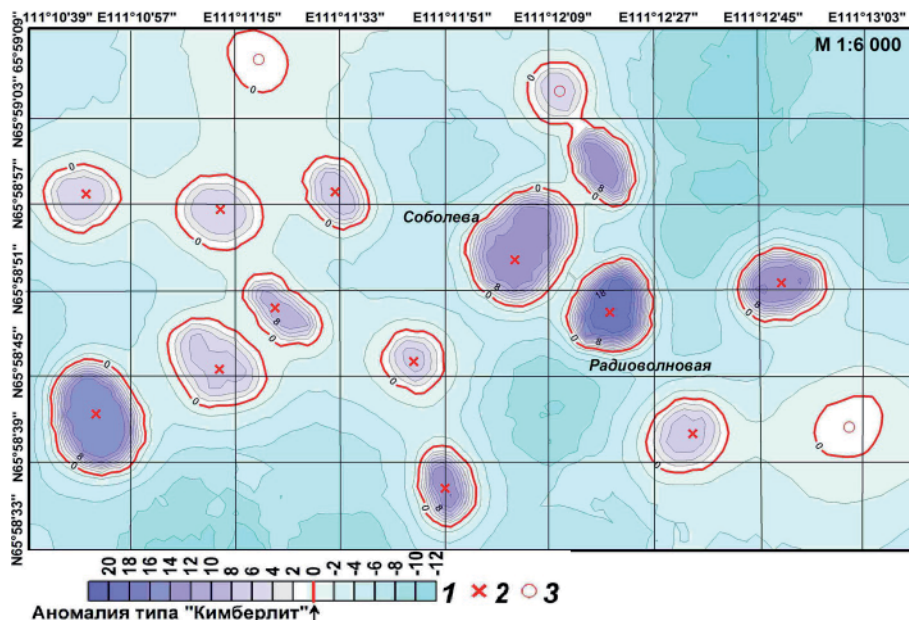


Рис. 14. Карта геоэлектрических аномальных зон типа «кимберлитовая трубка» в районе расположения трубок Соболева, Радиоволновоя (Якутия, Россия), по данным частотно-резонансного анализа спутниковых снимков: 1 — шкала интенсивности аномального отклика на резонансных частотах кимберлитов, условные единицы; аномалии типа: 1 — алмазоносные кимберлиты, 3 — «неалмазоносные кимберлиты»

Fig. 14. Map of geoelectric anomalous zones of the «kimberlite pipe» type in the region of the Sobolev's and Radiovolnovaya tubes (Yakutia, Russia), according to the frequency-resonance analysis of satellite images: 1 — scale of intensity of anomalous response at resonant frequencies of kimberlites, conventional units; 2 — anomalies of the «diamondiferous kimberlites» type; 3 — anomalies of the «not diamondiferous kimberlites» type



Рис. 15. Геоэлектрические аномальные зоны над кимберлитовой трубкой «Letseng-La-Terae» (Королевство Лесото): 1 — зона регистрации откликов на резонансных частотах кимберлитов; 2 — зона регистрации откликов на резонансных частотах алмазов; 3 — точка вертикального сканирования

Fig. 15. Geoelectric anomalous zones above the kimberlite pipe «Letseng-La-Terae» (Kingdom of Lesotho): 1 — zone of registration of responses at resonance frequencies of kimberlites; 2 — zone of registration of responses at resonant frequencies of diamonds; 3 — point of vertical scanning

Кировоградский блок) газонасыщенные коллекторы-метасоматиты связаны с ураноносными альбититами». Здесь констатируется, что «это открытие имеет большое значение для оценки углеводородного потенциала как «гранитного слоя» (и его верхней аккреционной кромки — кристаллического фундамента) в целом, так и Украинского щита в част-

ности». В этой же публикации отмечается важность оценки значений пластовых давлений: «Особый же интерес представляет заключение о высоких (около 500 атм) пластовых давлениях» [20, с. 111].

В связи с этим в районе расположения поисковой площади «Юг» выполнена дополнительная обработка данных ДЗЗ более крупных фрагментов

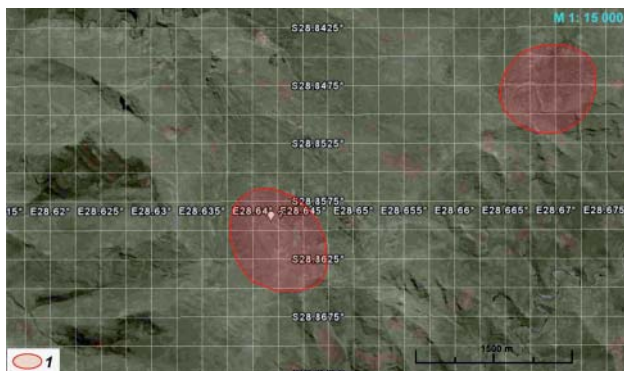


Рис. 16. Геоэлектрические аномальные зоны типа «кимберлит» на поисковой площади, Королевство Лесото: 1 — зона регистрации откликов на резонансных частотах кимберлитов

Fig. 16. Geoelectric anomalous zones of the «kimberlite» type in the search area, the Kingdom of Lesotho: 1 — zone of registration of responses at resonance frequencies of kimberlites

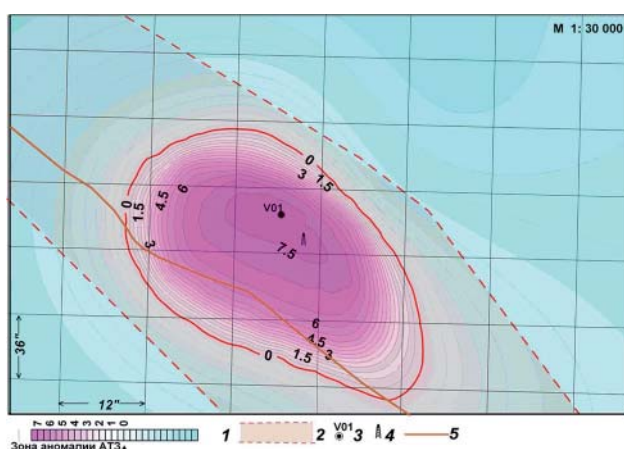


Рис. 17. Карта аномальной зоны «Gas-4» типа «залежь газа» в районе поисковой площади «Юг» (обработка данных ДЗЗ): 1 — шкала интенсивности аномального отклика в единицах максимального значения пластового давления в коллекторах, МПа; 2 — зона тектонического нарушения; 3 — центр аномальной зоны (точка вертикального сканирования); 4 — положение поисковой скважины по данным технологии «Поиск» [9]; 5 — дорога

Fig. 17. Map of an anomalous zone of the «gas deposit» type «Gas-4» in the region of the search area «South» (processing of remote sensing data): 1 — scale of intensity of anomalous response in units of maximum value of fluids pressure in reservoirs, MPa; 2 — zone of tectonic fracture; 3 — the center of the anomalous zone (point of vertical scanning); 4 — position of the search well according to the «Poisk» technology [7]; 5 — road

территории с целью обнаружения возможных скоплений урана, а также кимберлитовых трубок. На рис. 24 представлены результаты обработки данных ДЗЗ достаточно крупного фрагмента территории расположения поискового участка в масштабе 1:300 000. Здесь на резонансных частотах уранинита обнаружено и закартировано пять аномальных зон типа «зона метасоматического преобразования пород (гранитов)». Аномалии расположены в двух

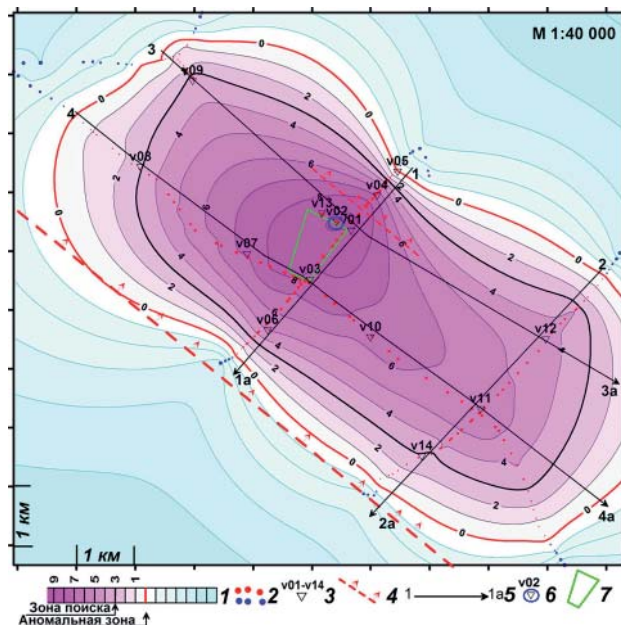


Рис. 18. Карта аномальной геоэлектрической зоны типа «газовая залежь» на поисковой площади «Юг» (по данным метода СКИП): 1 — шкала значений максимального пластового давления, МПа; 2 — пункты съёмки СКИП (красные — положительные значения, синие — отрицательные); 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — наклонное тектоническое нарушение; 5 — линии разрезов; 6 — зона бурения поисковой скважины; 7 — участок расположения скважины

Fig. 18. Map of the anomalous geoelectric zone of the «gas deposit» type in the search area «South» (according to the SCIP method): 1 — scale of values of the maximum reservoir pressure, MPa; 2 — points of SCIP survey (red — positive values, blue — negative); 3 — VERS points; 4 — inclined tectonic fracture; 5 — lines of cross-sections; 6 — exploration well area; 7 — site of well location

цепочках, которые простираются в северо-западном направлении. В верхней цепочке, состоящей из трех аномалий, закартированы также четыре аномальные зоны типа «залежь газа»: Gas-1, Gas-2, Gas-3, Gas-4 (рис. 24). Детальные работы методами СКИП—ВЭРЗ проведены в пределах аномальной зоны Gas-4.

В точке предполагаемого бурения скважины V1 в пределах аномалии Gas-4 с помощью специальной технологии сканирования спутниковых данных приблизительно оценены глубины залегания и мощности прогнозируемых залежей (скоплений) урана. Слабые сигналы, а следовательно, и невысокая концентрация рудных минералов зафиксированы в интервалах глубин 280—290; 365—375; 420—440; 585—595; 610—620 м; участки повышенной концентрации руды прогнозируются по данным сканирования на глубинах 630—670, 1350—1390, 1500—1540, 1840—1920, 2650—2730 м.

На рис. 25 представлены результаты обработки меньшего фрагмента территории расположения поискового участка в масштабе 1:100 000. Здесь обнаружены четыре аномальные зоны типа «кимберлит»: T1—T4. В пределах зон T1, T2 на резонансных частотах алмаза закартирова-

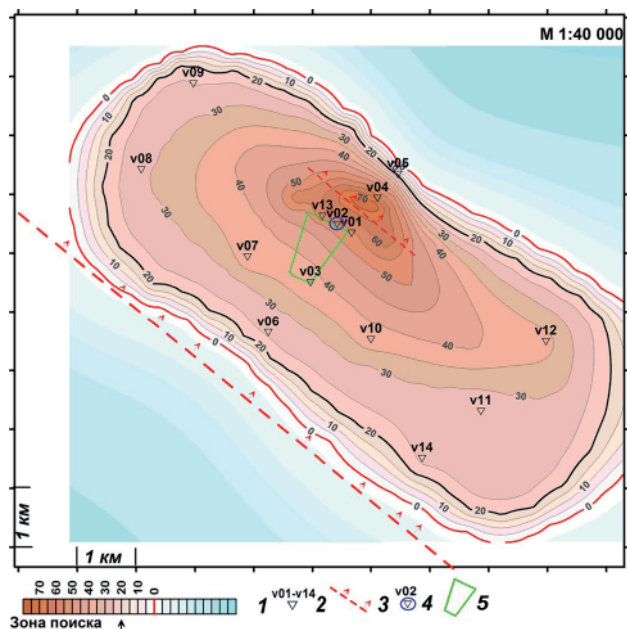


Рис. 19. Карта суммарной мощности АПП типа «газовая залежь» в пределах аномальной геоэлектрической зоны на поисковой площади «Юг» (по данным метода ВЭРЗ): 1 — шкала суммарной мощности АПП типа «газ», м; 2 — пункт ВЭРЗ; 3 — наклонное тектоническое нарушение; 4 — зона бурения поисковой скважины; 5 — участок расположения скважины

Fig. 19. Map of the total thickness of the APL of «gas reservoir» type within the anomalous geoelectric zone in the «South» search area (according to the VERS method): 1 — scale of total thickness of APL of «gas» type, meters; 2 — VERS point; 3 — inclined tectonic fracture; 4 — exploration well drilling area; 5 — site of well location

ны аномальные зоны типа «включения алмазов».

Целесообразно отметить, что резонансные частоты кимберлитов, которые использовались при обработке данных ДЗЗ, определены на образцах таких пород из Якутии.

Сканированием данных ДЗЗ в пределах аномальных зон типа «кимберлит» установлены приблизительно следующие глубины залегания пород: Т1, кимберлит — 90—580 м, зона с включениями алмазов — 100—360 м; Т2, кимберлит — 70—900 м, зона с включениями алмазов — 70—560 м; Т3, кимберлит — 60—100 м; Т4, кимберлит — 70—120 м.

К изложенному добавим, что были также обработаны (для сопоставления) данные ДЗЗ в районе расположения Зеленогайской структуры (Кировоградский рудный район), в которой бурением обнаружены породы кимберлитового состава. Были зафиксированы также аномальные отклики на резонансных частотах кимберлитов.

Основные выводы. Согласно экспериментальным исследованиям, констатируем следующее.

1. Результаты экспериментального применения мобильных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ в районе Новокопанинской зоны разломов еще раз продемонстрировали принципиальную возможность и подтвердили целесообразность их применения для оперативных поисков и картиро-

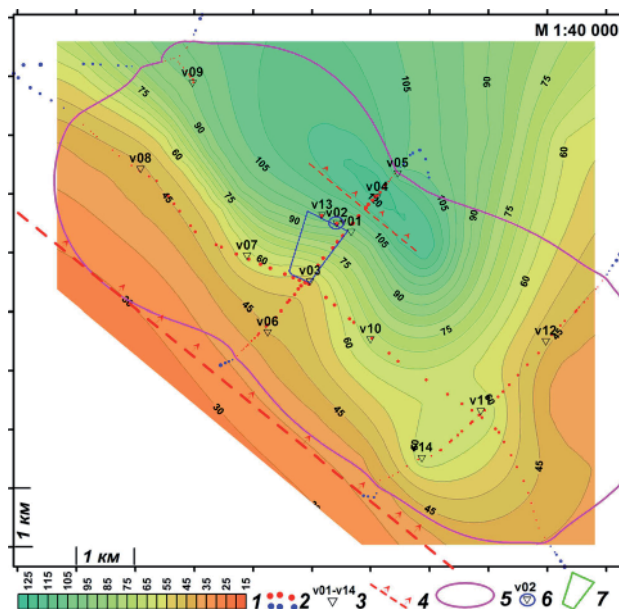


Рис. 20. Карта глубин до кровли фундамента в районе геоэлектрической аномальной зоны типа «газовая залежь» на поисковой площади «Юг» (по данным метода ВЭРЗ): 1 — шкала глубин, м; 2 — пункты съемки СКИП (красные — положительные значения, синие — отрицательные); 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — наклонное тектоническое нарушение; 5 — контур аномальной зоны; 6 — зона бурения поисковой скважины; 7 — участок расположения скважины

Fig. 20. Map of the depths to the roof of the basement in the area of the geoelectric anomalous zone of the «gas deposit» type in the «South» search area (according to the VERS method): 1 — depth scale, meters; 2 — points of SCIP survey (red — positive values, blue — negative); 3 — VERS points; 4 — inclined tectonic fracture; 5 — contour of anomalous zone; 6 — exploration well area; 7 — site of well location

вания рудных объектов различной минерализации (ураноносных пород в том числе).

2. Представленные выше результаты исследований на известных месторождениях в Украине и Республике Казахстан, крупных поисковых участках в Монголии, а также в районах расположения кимберлитовых трубок в Якутии (Россия) и Королевстве Лесото наглядно и убедительно демонстрируют потенциальные возможности частотно-резонансного метода обработки и интерпретации данных ДЗЗ при проведении в сжатые сроки рекогносцировочного обследования крупных по площади и труднодоступных рудоносных районов и нефтегазоносных территорий.

3. Применение мобильных и прямопоисковых методов (частотно-резонансной технологии обработки спутниковых снимков и наземных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ) для решения широкого класса задач рудной геофизики будет способствовать ускорению поисково-разведочного процесса на рудные полезные ископаемые различного вида.

4. Перспективные объекты, обнаруженные и закартированные в районе детально обследованного

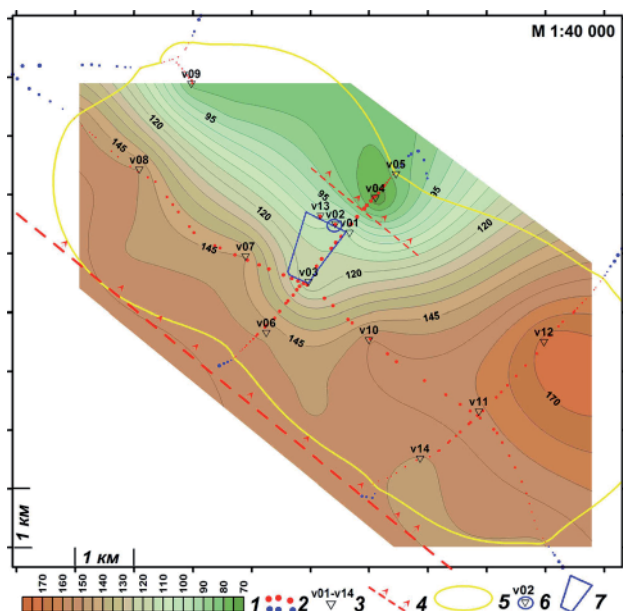


Рис. 21. Карта кровли фундамента в районе аномальной зоны типа «газовая залежь» на поисковой площади «Юг» (по данным метода ВЭРЗ): 1 — шкала значений альтитуды кровли фундамента, м; 2 — пункты съемки СКИП (красные — положительные значения, синие — отрицательные); 3 — пункты ВЭРЗ; 4 — наклонное тектоническое нарушение; 5 — контур аномальной зоны; 6 — зона бурения поисковой скважины; 7 — участок расположения скважины

Fig. 21. Map of the basement roof in the area of the anomalous zone of the «gas deposit» type in the «South» search area (according to the VERS method): 1 — scale of the altitude values of the basement roof (meters); 2 — points of SCIP survey (red — positive values, blue — negative); 3 — VERS points; 4 — inclined tectonic fracture; 5 — contour of anomalous zone; 6 — exploration well area; 7 — site of well location

поискового участка на юге Киевской области, заслуживают детального изучения с целью поисков промышленных залежей урановой руды и пород кимберлитового состава.

Обсуждение результатов. В начале статьи отмечалось, что экспериментальные работы с целью поисков урановых руд и кимберлитовых пород (трубок) на двух поисковых участках в пределах УЩ выполнены во время детальных поисковых исследований на нефть и газ. Учитывая, что залежи УВ в пределах щита не обнаружены (некоторые проявления газа были выявлены в гранитоидных массивах, связанных с зонами тектонических нарушений), авторы приняли решение включить полученные результаты работ на нефть и газ в настоящую статью. В связи с этим ниже значительное внимание уделено обсуждению проблемы поисков промышленных скоплений УВ (в кристаллических породах в том числе).

1. Целесообразно отметить, что вопросы и проблемы, которые рассматриваются и анализируются в аналогичном разделе электронной версии [18] и в других статьях авторов, в полной степени актуальны и для этой публикации. Так, в упомянутых статьях обсуждаются: модели глубинного (эндогенного)

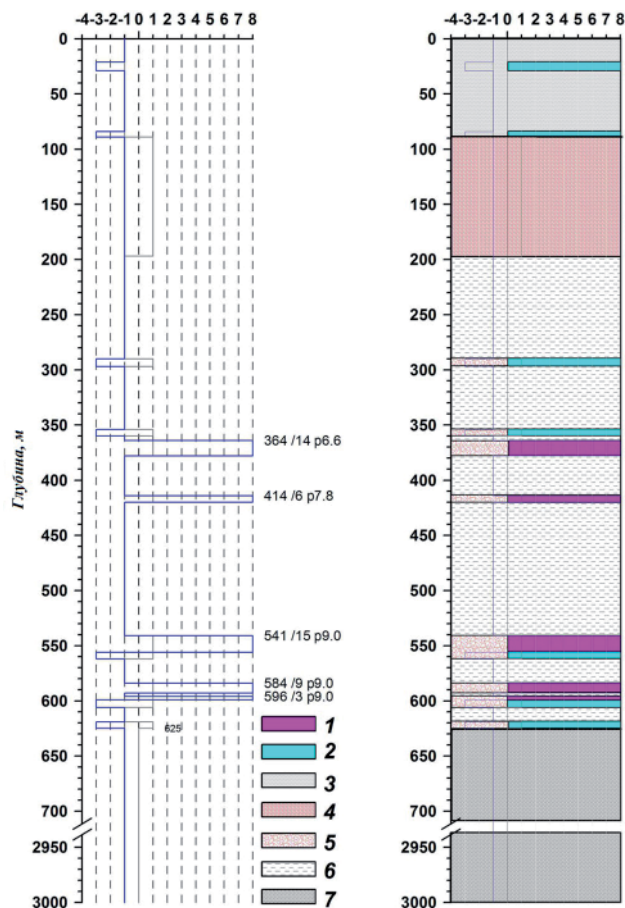


Рис. 22. Результаты вертикального зондирования ВЭРЗ в пределах аномальной зоны на поисковой площади «Юг». Точка v02: 1 — АПП типа «газ»; 2 — АПП типа «водоносный горизонт»; 3 — осадочный комплекс; 4 — граниты? (комплекс 1); 5 — зона трещиноватых гранитоидов — конгломерат (коллектор); 6 — зона выветрелых гранитов? (метаморфические породы с пропластками конгломератов?) (комплекс 2); 7 — интрузив? (ультраосновные породы?) (комплекс 3)

Fig. 22. Results of vertical sounding by VERS method within the anomalous zone in the «South» search area. The point v02: 1 — APL of «gas» type; 2 — APL of «aquifer» type; 3 — sedimentary complex; 4 — granites? (complex 1); 5 — zone of fractured granitoids — conglomerate (collector); 6 — zone of weathered granites? (metamorphic rocks with layers of conglomerates?) (complex 2); 7 — intrusive? (ultrabasic rocks?) (complex 3)

нефтегазообразования и нефтегазонакопления [8, 9, 25]; возможность привлечения «геосолитонной» концепции образования УВ [2, 21] для объяснения характера и особенностей картируемых аномалий типа «залежь»; возможное наличие нефтегазоносного этажа в породах фундамента [4]; рекомендации по проведению поисковых работ на нефть и газ [6, 9]; целесообразность использования для выбора мест заложения поисковых и разведочных скважин дополнительной и независимой информации, и т. д.

2. В настоящее время в освоенных районах вследствие истощенности крупных и средних структур (ловушек структурного типа) акцент делается на поиски и разведку малоразмерных и слабоконтрастных (перспективных) объектов, освоение больших глубин [5] и скоплений УВ в коллекто-

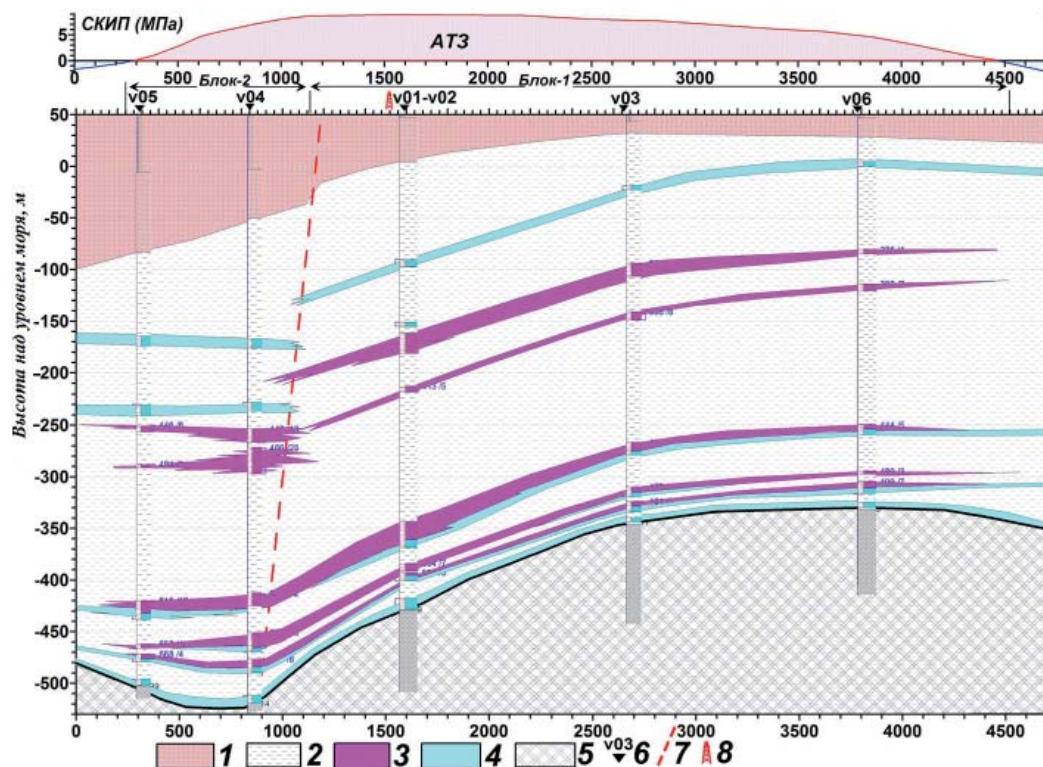


Рис. 23. Вертикальный корреляционный разрез аномальной геоэлектрической зоны типа «газовая залежь». Профиль 1, площадь «Юг» (по данным метода ВЭРЗ): 1 — граниты? (комплекс 1); 2 — зона выветрелых гранитов? (метаморфический комплекс?) (комплекс 2); 3 — АПП типа «газ»; 4 — АПП типа «вода»; 5 — интрузив? (комплекс 3); 6 — точки ВЭРЗ; 7 — тектоническое нарушение; 8 — положение поисковой скважины

Fig. 23. Vertical correlation cross-section of the anomalous geoelectric zone of the «gas reservoir» type. Profile 1, «South» area (according to the VERS method): 1 — granites? (complex 1); 2 — zone of weathered granites? (metamorphic complex?) (complex 2); 3 — APL of the «gas» type; 4 — APL of the «water» type; 5 — intrusive? (complex 3); 6 — VERS points; 7 — tectonic fracture; 8 — position of the search well

рах нетрадиционного типа — угленосных породах, сланцах, кристаллических породах и фундаменте осадочных бассейнов, плотных песчаниках и др. В связи с этим проблема интенсификации, ускорения и оптимизации геолого-разведочного процесса поисков и разведки скоплений УВ различного типа исключительно актуальна.

3. Экспериментальные исследования с использованием мобильных технологий в пределах УЩ проводились авторами и ранее [18]. Однако исследования такого масштаба и детальности, а главное, с целью выбора объекта разбуривания и участка для заложения поисковой скважины в его пределах выполнены впервые. Полученные результаты исследований существенно расширяют перечень перспективных на обнаружение промышленных скоплений УВ объектов в различных блоках щита.

4. Результаты наземных геоэлектрических исследований методами СКИП и ВЭРЗ по детальной сети измерений позволяют рассчитывать площади распространения прогнозируемых нефте- и газонасыщенных коллекторов, а также их объемы. Эти параметры, в свою очередь, предоставляют возможность оценивать в первом приближении потенциальные ресурсы нефти, газа и газоконденсата

в прогнозируемых скоплениях (залежах) УВ. Такая информация может быть полезной при выборе первоочередных объектов (или же отдельных горизонтов) для разбуривания.

5. Детальное описание результатов исследований, а также графические иллюстрации позволяют заинтересованным специалистам сформировать вполне определенное представление об особенностях формирования ловушек в кристаллических породах, а также о возможных направлениях миграции флюидов. Все обследованные перспективные объекты обнаружены и закартированы в зонах крупных тектонических нарушений. Связь месторождений УВ с тектоническими структурами горизонтального сдвига наиболее детально и полно исследована в публикации [24]. Следовательно, для обнаружения перспективных объектов в пределах кристаллических массивов и щитов традиционными геофизическими методами целесообразно прежде всего выделять активные (активизированные) участки тектонических нарушений.

6. На обследованном поисковом участке «Юг» в отдельной точке выполнено вертикальное сканирование данных ДЗЗ с целью оценки глубин залегания и мощности АПП типа «газ», «газоконденсат». Ре-

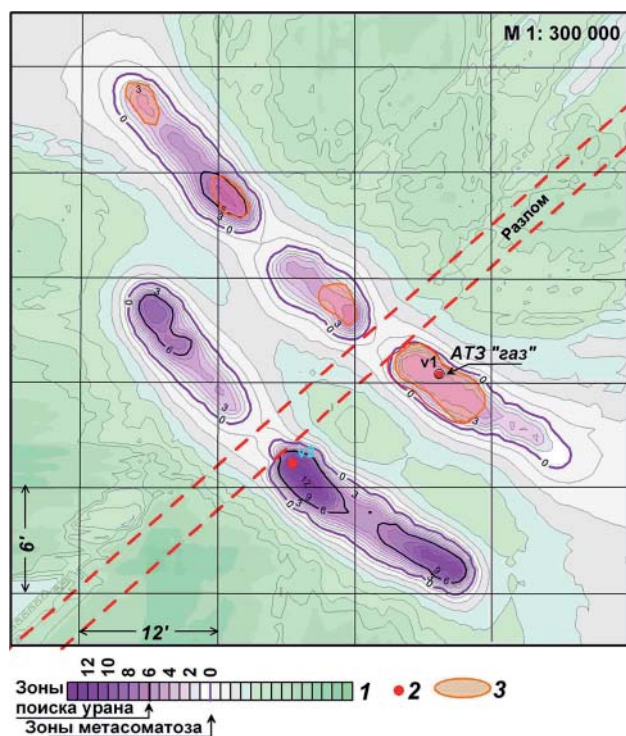


Рис. 24. Карта метасоматических зон в гранитоидных породах района работ (по результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ): 1 — шкала интенсивности аномального отклика (в условных единицах концентрации уранового оруденения); 2 — точки сканирования данных ДЗЗ по ураниниту; 3 — аномальные зоны типа «газовая залежь»

Fig. 24. Map of metasomatic zones in granitoid rocks of the investigated area (based on the results of frequency-resonance processing of remote sensing data): 1 — scale of intensity of anomalous response (in conventional units of concentration of uranium mineralization); 2 — the points of scanning ERS data for uraninite; 3 — anomalous zones of the «gas reservoir» type

зультаты сканирования в цифровом виде представлены в тексте статьи. В принципе, они могут быть сопоставлены с данными зондирования методом ВЭРЗ на этом участке, показанными в отдельных пунктах графически или на вертикальных геоэлектрических разрезах, для оценки точности самой процедуры (методики) вертикального сканирования.

Практический опыт проведения исследований свидетельствует, что использование данной процедуры (методики) полезно и целесообразно. Выделенные с ее помощью перспективные горизонты (интервалы) могут быть проанализированы (исследованы) более детально при применении метода ВЭРЗ в поле. В целом такой методический прием способствует увеличению точности и достоверности определения глубин залегания продуктивных горизонтов.

7. По результатам исследований на трех участках в пределах УЩ для первоочередного разбуривания рекомендована поисковая площадь «Север» (данные об этих работах в статье не приводятся). Исполнители работ считают, что дополнительные исследования площади с использованием традиционных геофизических методов (прежде всего сейсмического) не-

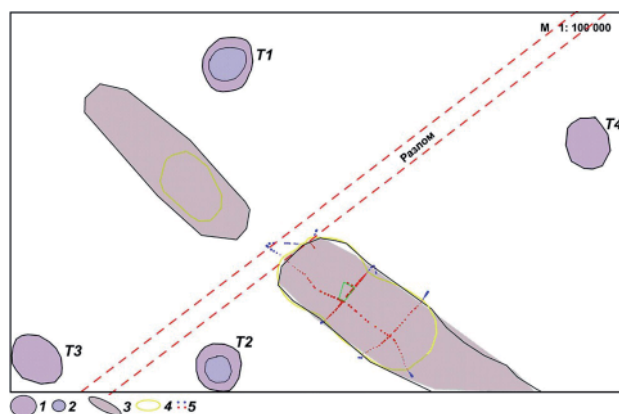


Рис. 25. Схема расположения перспективных объектов, обнаруженных в пределах поисковой площади «Юг»: 1 — аномальная зона типа «кимберлит»; 2 — аномальная зона типа «включения алмаза»; 3 — дайки; 4 — зоны АТЗ типа «газ»; 5 — пункты полевых наблюдений

Fig. 25. Sketch-map of location of perspective objects found within the «South» search area. 1 — anomalous zone of the «kimberlite» type; 2 — anomalous zone of the «diamond inclusion» type; 3 — dikes; 4 — DTA zones of the «gas» type; 5 — points of field observations

целесообразны. Во-первых, методические и практические вопросы поисков и разведки скоплений УВ в кристаллических породах (коллекторах) традиционными (классическими) геофизическими методами не разработаны. Во-вторых, окончательный вердикт о промышленной нефтегазоносности выделенных объектов (получении или неполучении коммерческих притоков флюидов) **может дать только бурение**. В-третьих, затраты на дополнительные геофизические (сейсмические) исследования сопоставимы с затратами на бурение поисковой скважины глубиной до 1500 м. Более того, на осуществление такого рода работ и последующую обработку и интерпретацию полученных материалов необходимо затратить значительное количество времени, что еще дальше отодвинет начало бурения поисковой скважины.

8. Приведенные выше материалы, а также результаты исследований в пределах УЩ, выполненных ранее, дают основание констатировать, что основные методические принципы поисков и разведки с использованием мобильных геофизических технологий потенциальных скоплений УВ в пределах щитов и кристаллических массивов (а также в кристаллическом фундаменте нефтегазоносных осадочных бассейнов) в целом отработаны на достаточно представительном множестве поисковых объектов.

9. Выше при изложении результатов исследований, а также в других публикациях авторов используется термин (выражение) «аномалия типа залежь» (АТЗ) для обозначения картируемых мобильными методами аномалий (перспективных объектов). В спутниковой технологии «Томко» [22] такие аномалии называются «прогнозируемыми залежами (скоплениями) УВ». В принципе, это вполне логично и

закономерно. Следовательно, поскольку частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ регистрируются аномальные эффекты на резонансных частотах «большого количества» конкретного вещества (нефти, газа), картируемые этим методом аномалии — суть *проекции на земную поверхность «прогнозируемых месторождений (скоплений) УВ (нефти, газа, конденсата)»*.

Вместе с тем в настоящее время существенный интерес представляет изучение «природы и особенностей пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений», а также проблема формирования зон «Sweet spots» в областях распространения нетрадиционных коллекторов [3]. В принципе, с учетом указанного выше зонами «Sweet spots» можно считать и картируемые мобильными методами аномальные участки с повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах. В их пределах вероятность получения промышленных (коммерческих) притоков нефти и газа из пробуренных скважин существенно выше.

Следовательно, использование при поисках и разведке скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах мобильных методов и технологий, позволяющих получать *новую информацию с «прямыми признаками нефтегазоносности»*, будет способствовать существенному сокращению количества поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, а следовательно, снижению негативного воздействия на окружающую среду. Для многих стран (и Украины в том числе) экологические вопросы при разработке УВ в нетрадиционных коллекторах имеют принципиальное значение.

10. Обнаружение и детальное изучение в пределах УЩ объектов, перспективных нахождение промышленных скоплений УВ, можно считать одним из аргументов (хотя и недостаточно весомым) в пользу глубинного (эндогенного) их образования в рамках современных представлений о глубинной дегазации Земли [25]. На обследованных участках отсутствуют так называемые нефтематеринские комплексы пород. Описанные выше, а также обнаруженные и закартированные мобильными геофизическими методами в различных регионах мира многочисленные аномальные зоны типа «залежь УВ» (или же «проекция на земную поверхность прогнозируемых скоплений УВ») позволяют вполне обоснованно *утверждать возможность их формирования исключительно за счет вертикальной миграции флюидов*.

11. Ранее неоднократно отмечалось [17–19], что частотно-резонансная технология обработки данных ДЗЗ, а также мобильные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований, суть которой состоит в «*прямом*» поиске *конкретного физического вещества*: газа, нефти, газо-

гидратов, воды, рудных минералов и пород (золото, платина, серебро, цинк и др.). Практический опыт работы в данном направлении показывает, что эффективность геофизических методов, базирующихся на принципах «*вещественной*» парадигмы, выше традиционных. Несомненно, исследования в этом направлении необходимо продолжать, к чему авторы и призывают заинтересованных специалистов.

Заключение. Результаты экспериментального применения экспресс-технологии геоэлектрических исследований СКИП—ВЭРЗ на известном месторождении еще раз продемонстрировали принципиальную возможность и подтвердили целесообразность ее применения для оперативных поисков и картирования рудных объектов с различной минерализацией. Применение указанных методов для решения широкого класса задач рудной геофизики будет способствовать ускорению поисково-разведочного процесса на рудные полезные ископаемые различного вида.

Дополнительная апробация частотно-резонансного метода обработки и дешифрирования спутниковых снимков на многочисленных рудных объектах и площадях свидетельствует о возможности оперативного обнаружения и картирования с его помощью АТЗ «водоносный горизонт (коллектор)», «золоторудная залежь», «залежь с урановой минерализацией» и др. Частотно-резонансная методика сканирования спутниковых снимков позволяет также оценивать глубины залегания и мощности отдельных АПП типа «водоносный пласт», «пласт с золоторудной минерализацией», «пласт с урановой минерализацией» и др. Полученные результаты указывают на целесообразность включения «спутникового» метода в технологию «прямых» поисков и разведки месторождений рудных и горючих полезных ископаемых мобильными 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 экспериментальных исследований свидетельствуют о целесообразности более детального изучения разломных зон щитов с целью обнаружения возможных скоплений УВ в районах их распространения. Мобильные геофизические методы и технологии также могут быть использованы при проведении подобного рода работ.

Применение мобильных геофизических технологий в комплексе с традиционными геолого-геофизическими методами (прежде всего высокоразрешающей сейсморазведкой) при проведении поисковых и разведочных работ на полезные ископаемые различного типа позволяет существенно ускорить, интенсифицировать и оптимизировать геолого-разведочный процесс. Особое место в комплексе

современных мобильных технологий могут занять как классические, так оригинальные методы и технологии обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ.

Результаты практической апробации мобильных геофизических технологий, реализованных в рамках «вещественной» парадигмы геофизических исследований (т. е. прямого поиска конкретного физического вещества), свидетельствуют о том, что их применение может принести значительный эффект при поисках скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах — кристаллических комплексах пород, сланцах, породах угольных бассейнов, плотных песчаниках. Указанного рода технологии заслуживают также более активного применения при исследованиях слабоизученных участков в пределах известных нефте- и газоносных бассейнов.

Выполненные экспериментальные исследования дают возможность еще раз констатировать, что включение мобильных технологий «прямых» поисков и разведки скоплений УВ, воды и рудных полезных ископаемых (в том числе технологии СКИП—ВЭРЗ, частотно-резонансного метода обработки и дешифрирования данных ДЗЗ) в традиционный комплекс поисковых геолого-геофизических методов будет способствовать как минимизации финансовых затрат на решение конкретных поисково-разведочных задач, так и сокращению времени на их практическую реализацию.

Список библиографических ссылок

- Бакаржиев А.Х., Макивчук О.Ф., Низовский В.Н. Кировоградский урановорудный район Украины. *Отечественная геология*. 1995. № 6. С. 45—54.
- Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р. Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. Тюмень: Вектор Бук, 2003. — 344 с.
- Валяев Б.М. Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений. *Газовая промышленность. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа* (приложение к журналу). 2012. С. 9—16.
- Гаврилов В.П. Новый возможный нефтегазонасыщенный этаж земной коры. *РОГЕХ. Российские нефтегазовые технологии*. 2006. Вып. 7. С. 26—30.
- Карасевич А.М., Земцова Д.П., Никитин А.А. Новые технологии геофизических исследований при поисках и прогнозе углеводородного сырья. Москва: Страхование ревью, 2010. 140 с.
- Карпов В.А. Состояние и перспективы развития нефтегазопроисловых работ в Западной Сибири. *Геология нефти и газа*. 2012. № 3. С. 2—6.
- Ковалев Н.И., Гох В.А., Солдатова С.В., Лямцева И.В. Использование дистанционного географического комплекса «Поиск» для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений. *Геоинформатика*. 2009. № 3. С. 83—87.
- Краюшкин В.А. Месторождения нефти и газа глубинного генезиса. *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева*. 1986. Т. 31, № 5. С. 581—586.
- Кусов Б.Р. Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (от метана до алмаза): Издание второе, дополненное. Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2011. 195 с.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М. Изучение строения кристаллического массива геоэлектрическими методами в восточной части Коростенского плутона. *Геоинформатика*. 2005. № 4. С. 20—23.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Пищаный Ю.М. Возможности геоэлектрических методов при поисках и разведке объектов с рудной минерализацией. *Научный вестник НГУ*. 2005. № 9. С. 69—72.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Дегтярь Р.В., Божежа Д.Н. Обнаружение и картирование геоэлектрическими методами зон повышенного газонасыщения на угольных шахтах. *Геофизика*. 2006. № 2. С. 58—63.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Экспресс-технология «прямых» поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001—2005 гг. *Геоинформатика*. 2006. № 1. С. 31—43.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазонасыщенности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков. *Геоинформатика*. 2010. № 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*. 2010. № 4. С. 23—30.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения. *Геоинформатика*. 2011. № 2. С. 19—35.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований. *Геофизический журнал*. 2012. Т. 34, № 4. С. 167—176.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Мобильные геофизические технологии: опыт применения для поисков залежей углеводородов в кристаллических породах. *Электронный журнал «Глубинная нефть»*. 2013. Т. 1, № 8. С. 1117—1141. Режим доступа: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Инновационные геоэлектрические методы: многолетний опыт

- применения для оперативного решения практических задач приповерхностной геофизики. *Геофизический журнал*. 2018. Т. 40, № 3. С. 00—00.
20. Лукин А.Е., Юзленко А.Т. Открытие газоносных коллекторов гипогенно-метасоматической природы в кристаллических породах Украинского щита. *Доповіді НАН України*. 2011. № 7. С. 106—113.
 21. Мегеря В.М. Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли. Москва: Локус Станди, 2009. 256 с.
 22. Спутниковая технология «Томко». Электронный журнал. Режим доступа: [http://geomatica.ru/clauses/251/]
 23. Старостенко В.И., Казанский В.И., Дрогицкая Г.М. и др. Связь поверхностных структур Кировоградского рудного района (Украинский щит) с локальными неоднородностями коры и рельефом поверхности Мохо. *Геофизический журнал*. 2007. Т. 29, № 1. С. 3—15.
 24. Тарасов Н.Н. Геотектоническая позиция и структура Новоконстантиновского урановорудного поля (Украинский щит). *Геология рудных месторождений*. 2004. Т. 46, № 4. С. 275—291.
 25. Тимурзиев А.И. Закономерности пространственно-стратиграфического распределения залежей нефти и газа Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на основе представлений об их глубинном генезисе, молодом возрасте и новейшем времени формирования. Электронный журнал «Глубинная нефть». 2013. Т. 1, № 11. С. 1720—1760. Режим доступа: URL: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5_Timurziev_1-11-2013.pdf
 26. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N., Bozhzha D.N. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea. Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference, 23—25 March. Copenhagen, Denmark, 2015. DOI:10.4043/25578-MS. Режим доступа: https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS (дата обращения: 25.03.2016).

Поступила в редакцию 06.10.2018 г.

МОБІЛЬНІ ПРЯМОПОШУКОВІ ТЕХНОЛОГІЇ: ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПОШУКАХ УРАНУ І КІМБЕРЛІТОВИХ ТРУБОК

С.П. Левашов^{1,2}, М.А. Якимчук^{1,2}, І.М. Корчагін³, Дрогицька Г.М.³

¹Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, пров. Лабораторний, 1, м. Київ, 01133, Україна

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

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com

Проаналізовано результати експериментальних досліджень, проведених із застосуванням технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), а також геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) з метою вивчення можливості їх застосування для пошуків і картування зон уранового зруденіння та кімберлітових трубок. Експерименти проведено під час виконання детальних пошукових робіт з метою пошуків скупчень газу і газоконденсату на двох локальних ділянках Українського щита. Наведено також результати додаткової апробації частотно-резонансного методу обробки супутникових знімків на відомому урановому родовищі в Республіці Казахстан, на трьох великих пошукових площах у Монголії, а також на відомих кімберлітових трубках в Якутії (Росія) і Королівстві Лесото. Експериментальні дослідження показали таке: а) мобільні геоелектричні методи СКІП і ВЕРЗ можна широко застосовувати для оперативних пошуків і картування рудних об'єктів різної мінералізації (зокрема ураноносних порід); б) частотно-резонансний метод обробки та інтерпретації даних ДЗЗ доцільно використовувати в разі стислих термінів рекогносцирувального обстеження великих за площею і важкодоступних рудоносних районів і нафтогазоносних територій; в) застосування мобільних і прямопошукових методів (частотно-резонансної технології обробки супутникових знімків і наземних геоелектричних методів СКІП і ВЕРЗ) для вирішення широкого класу завдань рудної геофізики сприятиме прискоренню пошуково-розвідувального процесу на рудні корисні копалини різного виду; г) перспективні об'єкти, виявлені та закартовані в районі детально обстеженої пошукової ділянки на півдні Київської області (Україна), заслуговують детального вивчення з метою пошуків промислових покладів уранової руди і порід кімберлітового складу.

Ключові слова: Український щит, геоелектричне знімання, електрорезонансне зондування, аномалія типу «поклад», «газ», «газоконденсат», «уран», розломна зона, кристалічний масив, супутникові дані, технологія, прямі пошуки, обробка, інтерпретація.

MOBILE DIRECT-PROSPECTING TECHNOLOGIES: ABOUT THE ADVISABILITY OF THEIR APPLICATION FOR THE URANIUM AND KIMBERLITE TUBES SEARCHING

S.P. Levashov^{1,2}, N.A. Yakymchuk^{1,2}, I.N. Korchagin³, G.M. Drogitskaya³

¹*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, 1, Laboratny Lane, Kyiv, 01133, Ukraine*

²*Management and Marketing Center of the Institute of Geological Science, NAS of Ukraine, 1, Laboratny Lane, Kyiv, 01133, Ukraine*

³*Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, 32, Palladin Ave., Kyiv, 03680, Ukraine, e-mail: korchagin.i.n@gmail.com*

References

1. Bakarzhiev A.Kh., Makivchuk O.F., Nizovsky V.N. Kirovograd uranium ore district of Ukraine. *Domestic geology*. 1995. N 6. P. 45–54 [in Russian].
2. Bembel R.M., Megerya V.M., Bembel S.R. Geosoliton: functional system of the Earth, the concept of exploration and exploitation of hydrocarbons. Tyumen: Vector Buk, 2003. 344 p. [in Russian].
3. Valyaev B.M. Nature and characteristics of the spatial distribution of unconventional hydrocarbon resources and their accumulations. Gas industry. *Unconventional oil and gas resources*. Supplement to the journal. 2012. P. 9–16 [in Russian].
4. Gavrilov V.P. Possible new oil and gas of the Earth crust. *ROGEH. Russian oil and gas technology*. 2006. N 7. P. 26–30 [in Russian].
5. Karasevich A.M., Zemtsova D.P., Nikitin A.A. New technologies geophysical research for the hydrocarbons search and forecasting. Moscow: Insurance revue, 2010. 140 p. [in Russian].
6. Karpov V.A. State and prospects of oil and gas exploration activity in West Siberia. *Oil and gas geology*. 2012. N 3. P. 2–6 [in Russian].
7. Kovalev N.I., Goh V.A., Ivashchenko P.N., Soldatova S.V. Experience in the practical use of the of the «Poisk» equipment for the detection and delineation of hydrocarbon deposits. *Geoinformatyka*. 2010. N 4. P. 46–51 [in Russian].
8. Krayushkin V.A. Mestorozhdeniya nefi i gaza glubinnogo genezisa. *Zhurnal Vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva*. 1986. Vol. 31, N 5. P. 581–586 [in Russian].
9. Kusov B.R. Genesis some carbonaceous minerals (From methane to diamond). Second edition, expanded. Vladikavkaz: IPO SOIGSI, 2011. 195 p. [in Russian].
10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pischanyu Yu.M. Study of the structure of the crystalline massif by geoelectric methods in the eastern part of the Korosten pluton. *Geoinformatyka*. 2005. N 4. P. 20–23 [in Russian].
11. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pischanyu Yu.M. Geoelectric methods opportunities in prospecting and exploration of objects with ore mineralization. *Scientific Bulletin of NMU*. 2005. N 9. P. 69–72 [in Russian].
12. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Degtyar R.V., Bozhezha D.N. Detection and mapping by geoelectric methods of zones with high gas saturation on the coal mines. *Geofizika, EAGO*. 2006. N 2. P. 58–63 [in Russian].
13. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Express technology of «direct» prospecting and exploration for hydrocarbon accumulations by geoelectric methods: results of practical application in 2001–2005. *Geoinformatyka*. 2006. N 1. P. 31–43 [in Russian].
14. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. New possibilities for the oil-and-gas prospects operative estimation of exploratory areas, difficult of access and remote territories, license blocks. *Geoinformatyka*. 2010. N 3. P. 22–43 [in Russian].
15. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Operative solving a problem of the ore-bearing prospects assessment of license areas and territories in areas of existing mines and mineral deposits. *Geoinformatyka*. 2010. N 4. P. 23–30 [in Russian].
16. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Assessment of relative values of reservoir pressure of fluids in collectors: results of conducted experiments and prospects of practical application. *Geoinformatyka*. 2011. N 2. P. 19–35 [in Russian].
17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: new paradigm of geophysical investigations. *Geofizicheskiy zhurnal*. 2012. Vol. 34, N 4. P. 166–176 [in Russian].
18. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Mobile geophysical technologies: experience of the application for the hydrocarbons prospecting in crystalline rocks. *Electronic Journal «Deep oil»*. 2013. Vol. 1, N 8. P. 1117–1141. Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf [in Russian].
19. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. Innovative geoelectrical methods: long-term experience of application for the operative solving of practical problems of near-surface geophysics. *Geofizicheskiy zhurnal*. 2018. Vol. 40, N 3. P. 000–000 [in Russian].

20. Lukin A.E., Yuzlenko A.T. Opening of gas-bearing reservoirs of hypogene-metasomatic nature in crystalline rocks of the Ukrainian Shield. *Extras. NAS of Ukraine*. 2011. N 7. P. 106—113 [in Russian].
21. Megerya V.M. Search and exploration of hydrocarbon deposits controlled by geosoliton degassing of the Earth. Moscow: Locus Standi, 2009. 256 p. [in Russian].
22. Sputnikovaya tehnologiya «Tomko». Elektronical journal. Rejum dostupa: [<http://geomatika.ru/clauses/251/>]
23. Starostenko V.I., Kazansky V.I., Drogitskaya G.M. et al. The connection between the surface structures of the Kirovograd ore region (the Ukrainian Shield) with local inhomogeneities of the crust and the relief of the Moho surface. *Geophysics journal*. 2007. Vol. 29, N 1. P. 3—15 [in Russian].
24. Tarasov N.N. Geotectonic position and structure of the Novokonstantinovsky uranium ore field (Ukrainian Shield). *Geology ore fields*. 2004. Vol. 46, N 4. P. 275—291 [in Russian].
25. Timurziyev A.I. Laws of spatially-stratigraphic allocation of oil and gas accumulations within the West-Siberian oil-and-gas bearing province on the basis of submissions about their deep origin and the young age and middle-late neogene time of formation. *Electronic Journal «Deep oil»*. 2013. Vol. 1, N 11. P. 1720—1760 Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5_Timurziev_1-11-2013.pdf [in Russian].
26. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea. Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference, 23—25 March. Copenhagen, Denmark, 2015. DOI:10.4043/25578-MS. <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS>

Received 06/10/2018