

УДК 528: 553.3

DOI: 10.23671/VNC.2016.3.20827

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОСМОСНИМКОВ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА НА ПЛОЩАДЯХ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

© 2016 Д.Б. Давыденко, к.г.-м.н.

ФБГУН Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Россия, 344006,
Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: davyd@ssc-ras.ru

Преобразования спектрально-индексных космических снимков с использованием технологии дистанционной флюидоиндексации (разработана ранее для прогнозирования нефти и газа) позволили установить в пределах площадей Восточного Донбасса наличие аномалий, аналогичных наблюдаемым над газовыми и нефтяными залежами. Результаты проведенных исследований, включающих детализацию аномалий флюидонасыщения, а также анализ геологоразведочной информации различных периодов, свидетельствуют о связи выявленных аномалий с повышенным углеводородонасыщением золоторудных объектов. Так как факт высокого содержания метана в составе газов рудных месторождений является общепризнанным, то выявленный оптико-геохимический эффект может быть использован для прогнозирования и поиска рудных объектов. Для площади развития рудных месторождений Нагольного кряжа приведено сопоставление результатов расчета индекса флюидонасыщения с пространственным расположением рудных объектов. Аналогичное сопоставление, но с результатами опробования разреза скважин, приведено для двух участков Восточного Донбасса.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, математические преобразования спектрально-индексных космоснимков, прогнозирование золотого оруденения, поиски руд.

Введение

Площади Донбасса относятся к Донецкой металлогенической субпровинции [Государственная геологическая карта..., 2000], которая совпадает с площадями Донецкого складчатого сооружения – ДСС. Рудоносность здесь связана с тектономагматической активизацией ДСС (киммерийский этап). Рудовмещающими являются отложения среднекаменноугольного возраста. К настоящему времени в пределах этой субпровинции выявлено 6 крупных золоторудных и золотополиметаллических месторождений и проявлений (площади Украины). Они сосредоточены в Нагольчанском рудном узле, который приурочен к пересечению Ровенецкого поперечного поднятия с Главной антиклиналью ДСС (рис. 1). Поисковая изученность площадей Восточного Донбасса (Ростовская область) в отношении золотоносности слабая, так как до 1981 г. специализированных поисковых работ на золото здесь не проводилось. Только после обнаружения на Керчикском участке прямых признаков золотого оруденения выполняемые в регионе общие поиски при ГДП-50 и ГГК-50 были переориентированы на поиски золота. По результатам геологоразведочных работ были выявлены многочисленные пункты минерализации и геохимические аномалии, что обеспечило возможность в начале двухтысячных годов наметить 6 перспективных площадей, заслуживающих постановки специализированных работ на золото. Всё это позволяло ожидать обнаружение в рассматриваемом регионе золо-

торудных месторождений, аналогичных месторождениям Украины, а может быть и с более значительными запасами металла [Матишов и др., 2011]. Специалистами ОАО «Южгеология» в описываемом регионе к 2010 г. было установлено несколько рудопроявлений золота (Керчикское, Чернореченское, Барило-Крепинское, Галутинское). Однако выявить промышленно значимые золоторудные месторождения не удалось. Уже после изучения намеченных первоначально 6 перспективных площадей еще дополнительно были выполнены исследования на Северо-Кондаковском и Бургустинском участках. Но и здесь месторождения не удалось обнаружить. Одной из возможных причин этого является значительно меньшая обнаженность коренных пород в Восточном Донбассе по сравнению с Нагольным кряжем Украины. Кроме того, в пределах Нагольного кряжа рудовмещающие породы карбона более глубоко эродированы, чем это имеет место на площадях Восточного Донбасса. Поэтому не исключено также, что упомянутый отрицательный результат обусловлен фактическим отсутствием в поисковом комплексе геологоразведочной компании дистанционных технологий (в широком толковании этого понятия, включая и геофизику), обеспечивающих эффективное прогнозирование не только погребенных, но и слепых золоторудных объектов, что в значительной мере снижало возможности обнаружения месторождений золота в этом регионе.

В тот же период (конец 90-х и начало 2000-х годов) автор публикации занимался оценкой перспектив нефтегазоносности площадей Восточно-Европейской платформы, прилегающих к Восточному Донбассу (южный склона Воронежской антеклизы и Ростовский свод), используя для указанных целей спектрональные космические снимки. В 2003 г. была разработана технология математических преобразований цифровых космоснимков, первоначально [Давыденко, Финкельштейн, 2004; Давыденко, 2011а] названная ландшафтной фильтрацией, а позже [Давыденко, 2011б] переименованная в метод дистанционной флюидоиндексации (МДФ). Новая технология использует отличия спектра изображения нефтегазоносных площадей от изображения непродуктивных площадей, что и явилось основой для формирования МДФ [Давыденко, Финкельштейн, 2004; Давыденко, 2011а, б]. Физическими факторами, обуславливающими указанные различия спектров, являются преобразования надпродуктивной части разреза, возникающие в результате процесса миграции углеводородов (преимущественно метана) из залежи к земной поверхности, что в свою очередь способствует изменениям отражательной способности ландшафтов над залежами углеводородов. Возникновение подобного оптико-геохимического эффекта над месторождениями углеводородов (УВ) и обуславливает возможность прогнозирования по спектрональным космическим снимкам нефтегазоносных объектов.

В процессе анализа (с использованием МДФ) зон газонакопления нефтегазоперспективных регионов южного склона Воронежской антеклизы и Ростовского свода площади Восточного Донбасса, разделяющие эти два газоперспективных региона, не были исключены из общего анализируемого массива данных. По результатам проведенных исследований оказалось, что в пределах Донбасса (в том числе и «открытого») прослеживаются зоны оптических аномалий, аналогичные наблюдаемым над зонами газонакопления. Сопоставление с этими аномальными зонами имеющейся геологической информации позволило установить пространственное совпадение обнаруженных аномалий с рудоперспективными участками, выделяемыми на площадях Восточного Донбасса. Так как уже с начала прошлого века исследователями обращалось внимание на наличие в рудных месторождениях

значительного количества газов (с преобладанием в их составе метана) [Фридман, 1970], то несложно было сделать вывод, что обнаруженные аномальные зоны обусловлены крупными объектами метасоматоза и рудогенеза [Давыденко и др., 2014; Давыденко, Клещенков, 2015; Матишов и др., 2011; Невалённый, 2005]. Все вышеизложенное и послужило основанием для начала исследований по прогнозированию рудных объектов на площадях Восточного Донбасса с использованием математических преобразований спектрональных космоснимков по технологии МДФ.

Хотя автор публикации был достаточно знаком с монографией А.И. Фридмана [Фридман, 1970], посвященной природным газам рудных месторождений, факт отображения потенциально рудоносных участков в региональных аномалиях поля ИФЛ (индекс флюидонасыщения легкими углеводородами) [Парада и др., 2011] оказался неожиданным (предполагалось, что концентрации метана в рудничном воздухе недостаточны для формирования аномалий ИФЛ). Видимо, поэтому, не опробовав новую технологию на площади Нагольного кряжа с известными рудными месторождениями, были начаты расчеты ИФЛ и наземные газогеохимические исследования на площадях Восточного Донбасса [Давыденко и др., 2014; Давыденко, Клещенков, 2015; Парада и др., 2011]. По результатам проведенных здесь работ получено подтверждение эффективности новой технологии прогнозирования потенциально золоторудных объектов, а также подтверждение наземной атмогеохимией того факта, что аномалии ИФЛ позволяют обнаруживать аномальные потоки метана, сопровождаемые другими газами как глубинного (радон, водород), так и экзогенного (кислород, углекислый газ) генезиса. Очевидно, что в качестве следующего этапа необходимо накопление информации о соотношении выделяемых по МДФ аномалий с ранее установленными месторождениями и проявлениями полезных ископаемых в различных геолого-ландшафтных условиях. Для начала необходимо провести исследования с использованием МДФ на площади Нагольного кряжа в пределах которого ранее были выявлены рудные месторождения. Представленная публикация посвящена полученным при этом результатам, а также материалам еще по двум участкам Восточного Донбасса (расположение участков работ показано на рис. 1). Но прежде чем приступить к описанию этих результатов кратко изложим концепцию метода дистанционной флюидоиндексации.

Следует отдельно отметить, что автор публикации достаточно уверенно владеет методами, которые используются специалистами Института дистанционного прогноза руд [Серокуров, 2011]. Однако привлекаемые ими признаки фактически не связаны с процессами рудогенеза, что существенно снижает возможности эффективного прогнозирования специалистами названного института рудных объектов. Метод МДФ, обнаруживая оптические эффекты, возникающие в результате энергетического массопереноса непосредственно из самого рудного месторождения или же из канала, по которому к земной поверхности мигрировали рудные растворы, в целом, имеет перспективы широкого применения в дальнейшем.

1. Основные положения метода дистанционной флюидоиндексации

Попытки использовать аэро-, а позже и космоснимки для поисков месторождений предпринимаются достаточно давно, и они описаны в многочисленных публикациях. Дешифрирование аэроснимков фактически полностью базировалось на визуальном анализе структуры изображения (так называемый геоиндикационный

метод [Аэрокосмические методы..., 2000]). Появление спектрозональных космоснимков в середине 70-х годов прошлого века способствовало поиску способов количественных преобразований получаемой многофакторной информации (интенсивность фототона каждой зоны спектра рассматривается как отдельный фактор). Основная проблема, препятствующая решению этой задачи, связана с тем, что изображение ландшафта на снимках в большом числе случаев выступает интенсивной помехой, маскирующей аномалии, связанные с искомыми геологическими объектами. Для гашения этих помех и надежного выделения аномалий от геологических объектов необходима технология преобразования данных космической съемки.

Основным фактором, определяющим возможность поиска залежей УВ и прогнозирования зон нефтегазоаккумуляции по материалам космических съемок является субвертикальная миграция из залежей углеводородных флюидов к земной поверхности. В результате указанного процесса происходит формирование в припочвенном слое аномальных содержаний метана, его гомологов, а также возникновение вторичных геохимических аномалий. Существование вертикальной миграции флюидов УВ из залежи и возможность использования указанных процессов в качестве «прямых» признаков нефтегазоносности недр впервые было доказано работами В. А. Соколова (Соколов, 1933). Последующие исследователи активно развивали это перспективное направление поисков. Вторичные литохимические, гидрохимические, минералогические, микробиологические, а также геофизические изменения в надпродуктивном интервале разреза объединяем под общим названием углеводородопродуцируемые аномалии (УВ-продуцируемые аномалии).

Одной из разновидностей УВ-продуцируемых аномалий (УВПА) являются характерные изменения отражательной способности растительности и почв над залежью УВ [Аэрокосмические методы..., 2000]. Хотя возникшие различия не воспринимаются человеческим глазом, они отображаются на спектрозональных космических снимках своеобразным сочетанием аномальных значений яркости изображения в определенных зонах спектра электромагнитных колебаний. Эта индикация УВПА аномальными значениями яркости и является физической предпосылкой поиска залежей УВ по спектрозональным космическим снимкам.

Задача гашения помех и относительного усиления сигнала является в МДФ первостепенной. В целом, принципиальная возможность ее решения обусловлена тем обстоятельством, что в соседних зонах спектра изображения природной компоненты ландшафта практически сохраняются, а основные изменения обусловлены воздействием УВ-продуцируемых аномалий, которые могут проявляться в соседних зонах с различным знаком. Поэтому первоначально метод именовался «ландшафтная фильтрация».

Основные вопросы преобразования спектрозональных снимков для определения индекса флюидонасыщения освещались в публикациях [Давыденко, Финкельштейн, 2004; Давыденко, 2011а; Давыденко, Клещенко, 2015]. С целью анализа используются космоснимки со спутника Ландсат 7. Комплект этих снимков для одного и того же участка местности, включающий изображения в семи различных спектральных зонах (для видимой области три зоны; инфракрасная область представлена четырьмя зонами) рассматривается как единая сцена. Технология МДФ реализована в среде ГИС-ИНТЕГРО. В результате проведенных исследований установлено, что зависимость (уравнение) для оценки индекса флюидонасыщения над месторождениями газа отличается от зависимости для месторождений нефти. С

использованием полученных уравнений на конечном этапе рассчитывается индекс флюидонасыщения легкими углеводородами, а также тяжелыми (ИФТ) и строятся карты аномалий этих параметров. При интерпретации локальных аномалий индекса флюидонасыщения прогнозируемые залежи УВ оконтуриваются в соответствии с критериями, используемыми в геофизике для выделения контуров объектов, с которыми связаны аномалии потенциальных полей.

2. Результаты использования метода дистанционной флюидоиндексации на площадях Нагольного кряжа

Сведения о месторождениях Нагольного кряжа основываются на материалах статьи [Зеленщиков и др., 2001], а также информации приводимой специалистами «Южгеологии» в производственных отчетах (масштаб карты, используемой для привязки месторождений 1:500000). Нагольчанский рудный узел, в пределах которого сосредоточены все крупные рудные месторождения Украины, характеризуется широким развитием многочисленных точек минерализации золота, а также серебра и полиметаллов.

Золоторудное Бобриковское месторождение (рис. 1) открыто в 30-е годы. Приурочено оно к брахиантиклинальной складке в сводовой части Главной антиклинали Донбасса [Зеленщиков и др., 2001]. Месторождение представляет собой минерализованную зону, которая сложена кварц-сульфидными прожилками, жилами, вкрапленностью полисульфидного вещества. Эта зона прослеживается начиная с современной поверхности до глубины 3300 м и характеризуется сложной формой в поперечных сечениях при субвертикальном столбообразном залегании (морфологически аналогична линейному штокверку). Максимумы золотоносности в пределах штокверковой зоны связаны с сульфидно-кварцевыми жилами мощностью 0,5–1,2 м. Характерна выдержанность концентраций золота по падению зоны до глубин 1000 м.

В отличие от проводимых ранее исследований [Давыденко и др., 2014; Давыденко, Клещенко, 2015], на данной площади рассчитаны оба индекса флюидонасыщения (и для легких и для тяжелых УВ). Следует также подчеркнуть то обстоятельство, что описываемые материалы отличаются от представленных в публикациях [Давыденко и др., 2014; Давыденко, Клещенко, 2015] большей детальностью. Если в предшествующей работе выделяемые аномалии ИФЛ соответствовали рудным узлам, то в данном случае они соразмерны с группой сближенных рудных полей (соответствуют фрагменту рудного узла). Более детальные исследования в данном случае нецелесообразны, так как используемая точность привязки месторождений очень низкая.

Результаты расчетов ИФ представлены на рис. 1. Судя по полученным результатам расчетов ИФ, Бобриковское месторождение соответствует краевой градиентной зоне крупной аномалии ИФТ. К этой аномалии «тяжелых» УВ вплотную примыкают и с запада и с востока аномалии «легких» УВ. Дьяковское золоторудное проявление пространственно приурочено к краевой части весьма небольшой по площадным размерам аномалии ИФТ (можно подчеркнуть то обстоятельство, что небольшой аномалии соответствует рудопоявление, а с более крупной аномалией связано Бобриковское месторождение). Золотополиметаллическое Остробугорское месторождение приурочено к куполообразному (Остробугорскому) поднятию, что позволяет предполагать формирование его в пределах кольцевой структуры. Зо-

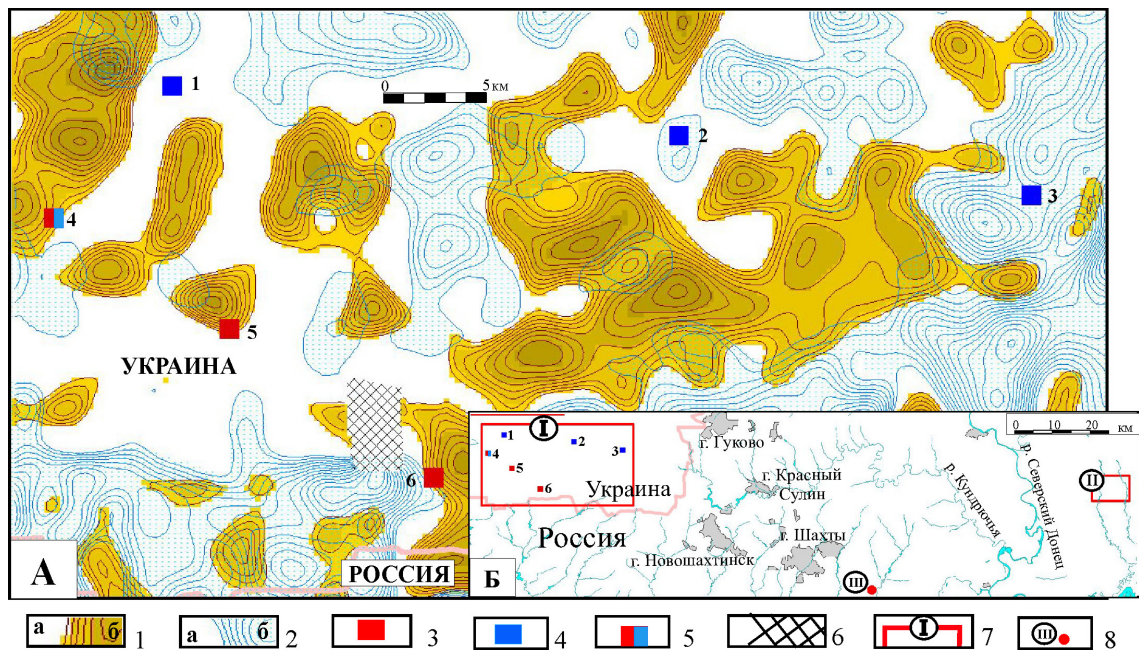


Рис. 1. А. Результаты преобразования спектрональных космоснимков на площадях развития рудных месторождений Украинского Донбасса

1 – интенсивные аномалии (б – значения выше медианы, а – ниже медианы), полученные с использованием уравнения ИФТ – индекса флюидонасыщения тяжелыми углеводородами; 2 – изолинии аномалий, рассчитанные по уравнению ИФЛ – индекса флюидонасыщения легкими гомологами метана (значения: а – ниже, б – выше медианы); 3 – месторождения и крупные проявления с высокими концентрациями золота; 4 – полиметаллические месторождения и проявления; 5 – золото-полиметаллическое месторождение; 6 – участок снимка, закрытый облаком и его тенью. Наименование месторождений и крупных рудопроявлений: 1 – Есауловское, 2 – Михайловское проявление, 3 – Нагольно-Тарасовское, 4 – Острый Бугор, 5 – Дьяковское проявление, 6 – Бобриковское.

Б. Схема расположения участков, в пределах которых проведен анализ спектрональных космоснимков с целью оценки возможности прогнозирования золотого оруденения на площадях Восточного Донбасса по результатам МДФ

7–8 участки и их номера (I – площадь с рудными месторождениями и крупными рудопроявлениями в пределах украинского Донбасса; II – Россошанский участок; III – Керчикский поисковый участок (вне масштаба).

литополиметаллическая жильно-прожилковая минерализация прослежена в нем с поверхности до глубин более 500 м. Судя по данным, приведенным на рис. 1 описываемое месторождение соответствует интенсивной аномалии ИФТ, с площадью которой на севере и юге частично совпадают аномалии ИФЛ. Все три золоторудные объекты располагаются в пределах единой брахиантиклинальной складки.

Есауловское и Нагольно-Тарасовское полиметаллические месторождения, а также Михайловское полиметаллическое рудопроявление – все они пространственно приурочены к единой брахисинклинальной складке (последняя субпараллельна брахиантиклинали с золоторудными объектами). При этом Нагольно-Тарасовское месторождение и Михайловское рудопроявление явно приурочены к аномалиям ИФЛ (примечательно то обстоятельство, что рудопроявление совпадает со слабоинтенсивной аномалией). Вполне вероятно, что Есауловское месторождение в случае более точной его привязки окажется в контуре аномалии ИФЛ, расположенное несколько северо-западнее этого месторождения.

Относительно природы аномалий ИФ, с которыми не совпадают известные месторождения и крупные рудопроявления, сделать конкретные выводы, не имея надежной геологогеофизической информации фактически невозможно. Упомянутая выше информация о широком развитии в пределах Нагольного кряжа точек золоторудной минерализации позволяет рассматривать возможность обнаружения «слепых» золоторудных тел.

То обстоятельство, что золоторудные объекты коррелируются с аномалиями ИФТ, а ранее [Давыденко и др., 2014] представлялось, что более информативными являются аномалии ИФЛ, обусловило необходимость проведения дополнительных исследований на ранее анализируемых площадях Керчикского рудопроявления золота и на Россошанском участке [Давыденко и др., 2014; Давыденко, Клещенков, 2015].

2. Результаты детальных расчетов по методу дистанционной флюидоиндексации на площадях Керчикского рудопроявления золота

Керчикское рудопроявление является наиболее изученным золоторудным объектом на площадях Восточного Донбасса. Выявлено оно в 1981 г. в процессе геолого-съёмочных работ. По минеральному составу руды относятся к золото-сульфидно-кварцевой (малосульфидной) формации [Государственная геологическая карта..., 2000; Зеленщиков и др., 2001; Невалённый, 2005]. Залегают они среди слабодислоцированных карбонатно-терригенных отложений каменной свиты среднего карбона. Проведенные в последствии (1990 г.) поисковые работы, а затем и переинтерпретация материалов с участием сотрудников ЦНИГРИ, позволили подсчитать прогнозные ресурсы по категории P_1 золота и серебра. Результаты последующих поисковых работ показали возможность отнесения его в ходе дальнейших геологоразведочных работ к золоторудным месторождениям среднего масштаба. Кроме того, необходимо отметить, что запасы руд на флангах и на глубине могут значительно превышать установленные в пределах изученной площади [Государственная геологическая карта..., 2000; Зеленщиков и др., 2001; Невалённый, 2005].

Так же как в случае Нагольчанского рудного узла, который находится на поперечном Ровенецком поднятии, Керчикское рудопроявление расположено на куполовидной складке, вытянутой в субмеридиональном направлении и связанной с осложнением северного крыла Южной антиклинали в зоне Керчикского поперечного поднятия. Структурно-тектонические факторы рассматриваются специалистами «Южгеологии» как определяющие локализацию золотого оруденения [Государственная геологическая карта..., 2000; Невалённый, 2005]. Значительное внимание ими уделяется гидротермально-метасоматическому фактору. В работе [Зеленщиков и др., 2001] высказывается мнение, что золоторудная минерализация в отложениях нижнего – среднего карбона обусловлена участием в рудогенезе гидротермальных растворов метаморфогенного происхождения. Согласно этим представлениям процессы регенерации, сопровождающиеся перераспределением рудообразующих компонентов углеродистой толщи карбона и привносом рудогенных элементов из глубоко залегающих докаменноугольных комплексов дали начало формированию всех типов руд в рассматриваемом регионе. Приведенное мнение является скорее дискуссионным, чем фактически обоснованным.

Роль фактора магматизма в локализации золотого оруденения производственными практически не определена. Участок Керчикского рудопроявления распо-

ложен в пределах крупной по площади положительной аномалии (рис. 2), геологическая природа которой производственными фактически не рассматривается. Выходы магматитов несветаевского комплекса на поверхности каменноугольной толщ (на площади рудного поля карбон перекрыт мезокайнозойскими отложениями мощностью 40 м и более) представлены маломощными дайками и жильными телами. По данным детальной гравиразведки можно ожидать на глубине крупное тело основных пород штокообразной формы, что могло бы объяснить возникновение этой крупной по площади положительной магнитной аномалии. Однако, минимум, оконтуривающий последнюю, плохо согласуется с наличием крутопадающего штока на глубине. Возможно, определенная часть магнитной аномалии обусловлена метасоматитами в верхней части разреза рудно-магматической системы, но магнитные свойства рудовмещающих пород и самих рудных образований остались не изученными. Обращает на себя внимание наличие дугообразных элементов в структуре магнитного поля (особенно хорошо они прослеживаются после вычитания аномального поля, обусловленного глубинной частью рудо-магматической системы). Скорее всего, в данном случае имеем дело с крупным по площадным размерам, эродированным палеовулканическим аппаратом, каналами которого воспользовались рудоносные растворы. Метаморфогенный генезис последних (как это рассматривается специалистами «Южгеологии» [Давыденко, Клещенков, 2015]) представляется менее вероятным.

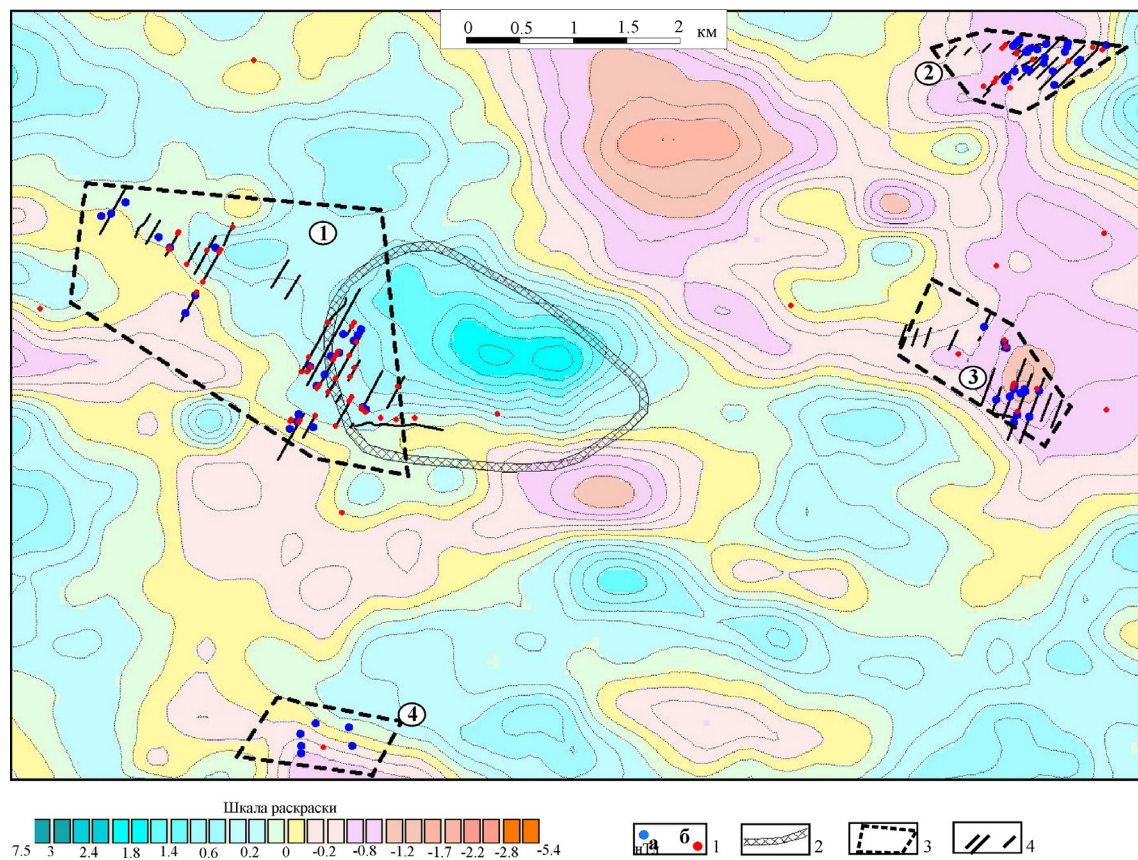


Рис. 2. Карта изолиний локальных аномалий магнитного поля для района Керчического рудопроявления (по результатам аэромагнитной съемки масштаба 1:25 000)
Зеленый прямоугольник в северной части положительной аномалии – площадь Керчического рудопроявления

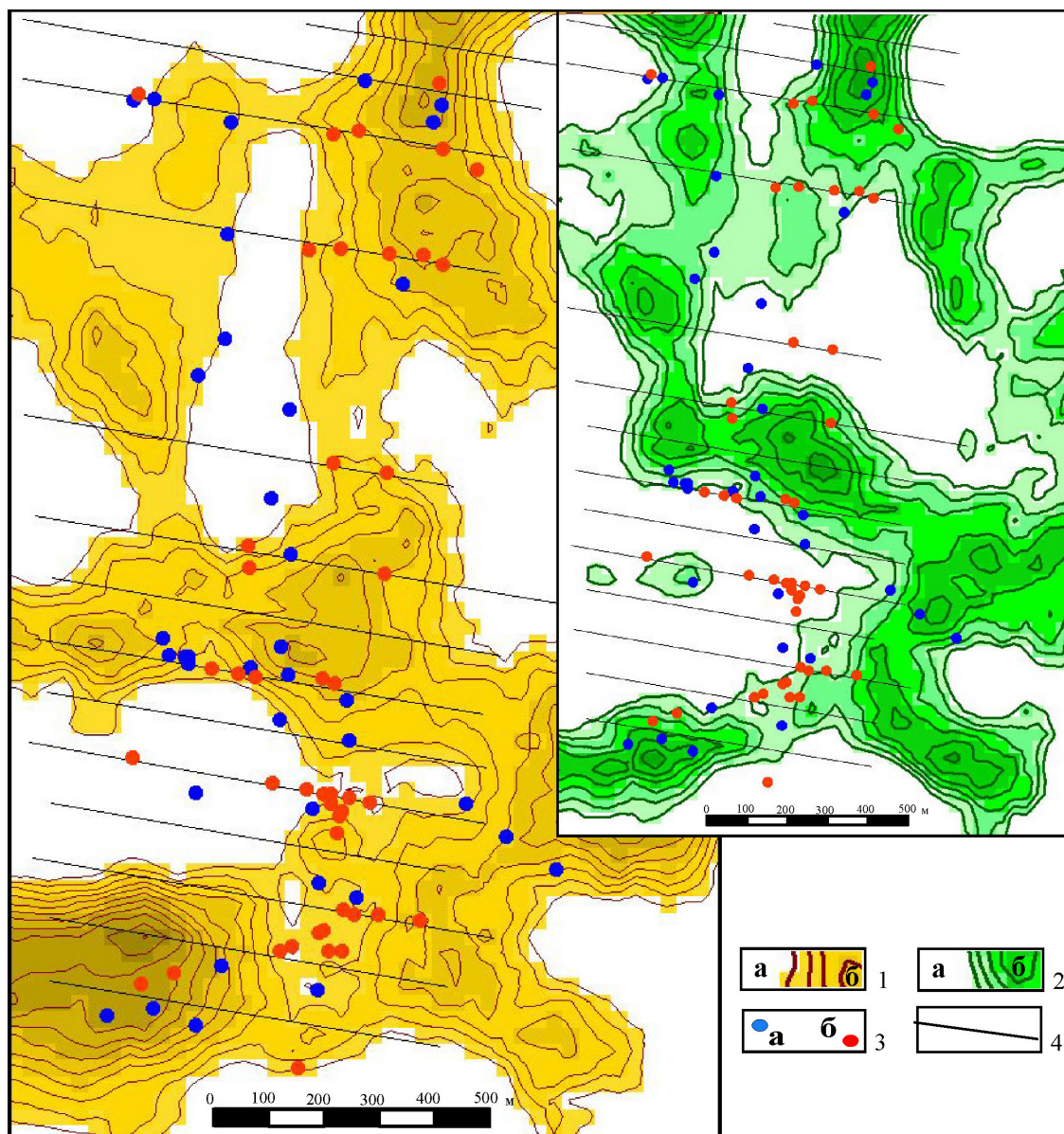


Рис. 3. Схематические карты изолиний индекса флюидонасыщения на площади Керчикского рудопроявления

1, 2 – изолинии аномалий индекса флюидонасыщения: 1 – ИФТ, 2 – ИФЛ (а – ниже медианных значений, б – выше медианных); 3 – точки скважин (а – золоторудная минерализация не встречена, б – вскрыты золоторудные тела); 4 – профили, вдоль которых пробурены картировочные скважины

Аномалии ИФЛ и ИФТ рассчитаны для площади Керчикского рудопроявления по сети 30x30 м. Полученные результаты представлены на рис. 3. Судя по этим данным большая часть скважин, вскрывшая золоторудные образования, соответствует аномальным зонам ИФ. Наиболее информативными являются аномалии ИФТ. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что скважинами в основном изучены краевые части аномалий ИФ. Вовсе не исключено, что бурение и опробование эпикентральных частей аномалий ИФТ позволит обнаружить более богатые рудные тела с высокими концентрациями золота. Кроме того, практически не изученными остались аномалии на флангах рудопроявления.

3. Результаты детальных расчетов индексов флюидонасыщения на Северо-Кондаковской площади

Описываемая площадь расположена в северо-восточной части Восточного Донбасса. В геологическом отношении описываемый район характеризуется повсеместным развитием каменноугольных отложений, смятых в складки различных порядков. Обнаженность коренных пород слабая. В основном они перекрыты маломощным чехлом мезо-кайнозойских отложений. Мощность перекрывающих осадков колеблется от нулевых в местах выхода на поверхность пород каменноугольного возраста (тальвеги и крутые склоны балок) до первых десятков метров на водоразделах. Поисковые работы на золото здесь были проведены сотрудниками «Южгеологии» в 2010–2012 г. На первом этапе поисков исполнителями по результатам работ предшественников были выбраны участки прогнозируемого развития золотоносных минерализованных зон, на которых в дальнейшем предусматривалось сосредоточить поисковые работы. Всего для детализационных работ было выбрано 5 участков. На ниже представленных рисунках показаны только 4 из них (пятый участок не попадает в пределы площади исследований с использованием технологии МДФ).

Выявление геохимических аномальных зон в пределах участков детализационных работ и оконтуривание в их пределах потенциально золотоносных минерализованных зон осуществлялось бурением литохимических скважин (шнековое бурение 1 – 25 м). Распределение литохимических профилей зависело от геологической ситуации и конкретных условий проведения работ. Для надежного оконтуривания продуктивной зоны по падению, уточнения подсчетных параметров, а также определения степени однородности рудной минерализации проводилось бурение поисковых скважин (глубины до 300 м).

В результате геологоразведочных работ установлено (Радаева, 2012), что в дизъюнктивных зонах тектонически переработанные породы подвержены гидротермально-метасоматическим преобразованиям. Последние сопровождались формированием многочисленных кварцевых прожилков и жил несущих большей частью сульфидную минерализацию (подобные образования морфологически близки к рассредоточенным штокверкам). В выявленных фрагментах минерализованных зон локализуется рассредоточенная прожилковая и прожилково-вкрапленная золото-кварц-сульфидная минерализация. Падение этих зон крутое, мощность их до 100 и более метров, а протяженность колеблется от 600 м до 2500 м. Выявленная золото-кварц-сульфидная минерализация прослежена бурением до глубин 180–200 м. Результаты аналитических исследований показывают значительный разброс содержаний золота: от сотых г/т до граммовых (максимум 11,14 г/т). Такая особенность золоторудной минерализации свойственна золоторудным проявлениям Восточного Донбасса.

Выполненные поисковые работы на площадях 5 участков показали, что подсчет ресурсов возможно осуществить только на 3 из них: Трофимовском, Удодова и Чумакова. Используя отчетные данные по подсчету прогнозных ресурсов для Северо-Кондаковской площади, нами для каждого из этих участков в отдельности рассчитан процент прогнозных ресурсов от суммарных ресурсов по всем трем участкам. В результате для площади Трофимовского участка рассчитанные прогнозные ресурсы по P_1 составили 61,2% (70,6% по P_2), для Удодовского, соответственно, 18,4% и 20,7%, а для Чумаковского 20,4% и 8,7%. То есть, наиболее значимыми являются

ресурсы Трофимовского участка, а для двух остальных значения ресурсов разнятся на величину ошибки. В контуре минерализованных зон Трофимовского участка выделены фрагменты рудных зон, которые по своим параметрам и интенсивности минерализации представляют потенциальные рудные тела (Радаева, 2012).

В 2011 г. для этих же площадей сотрудниками Института аридных зон ЮНЦ РАН были проведены расчеты ИФЛ (индекса флюидонасыщения легкими углеводородами – метаном), а также выполнены в небольшом объеме маршрутные геологические и газогеохимические исследования [Давыденко и др., 2014]. По результатам этих работ отмечена приуроченность метасоматически преобразованных пород карбона, представленных преимущественно джаспероидами, к аномалиям

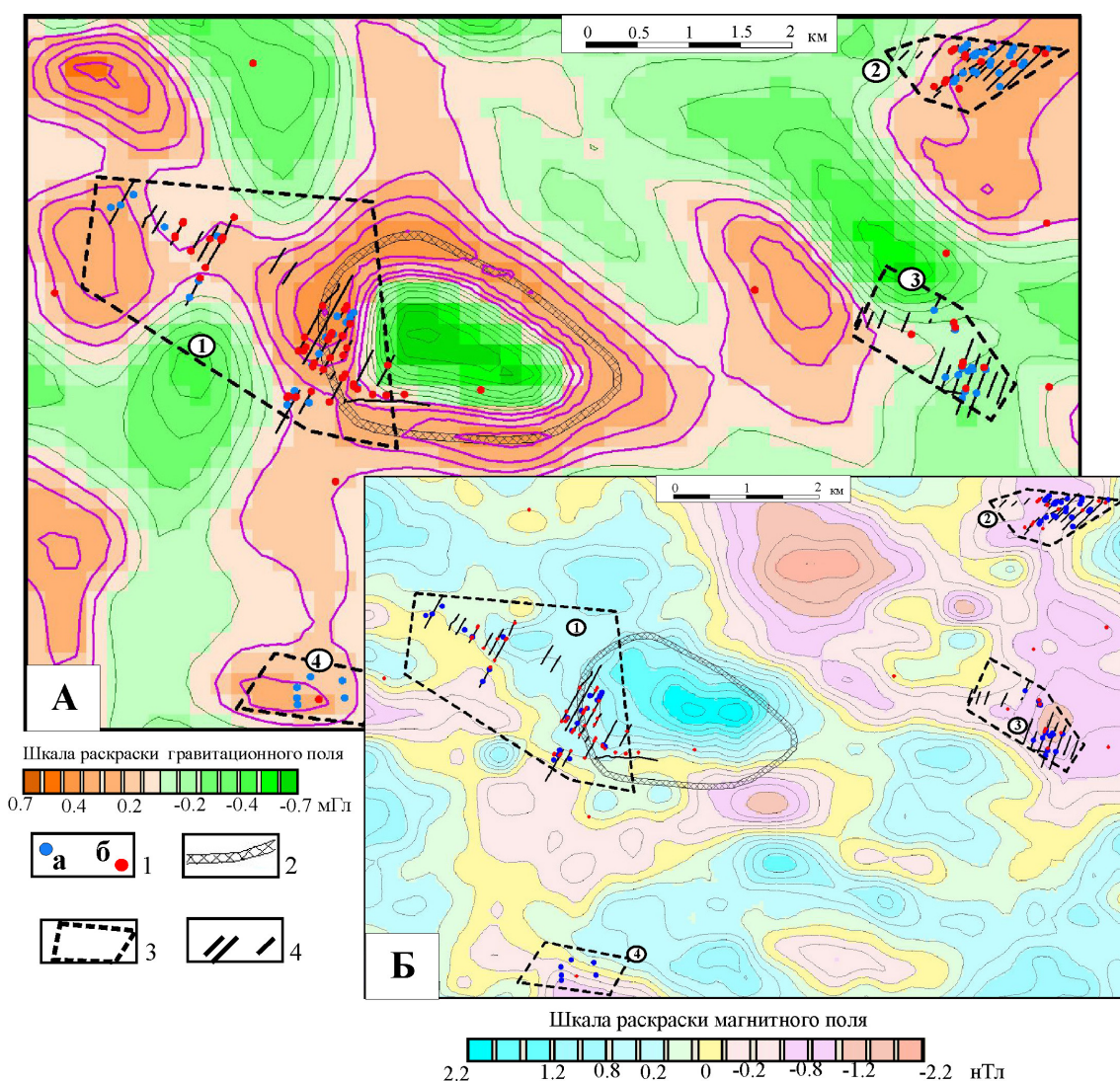


Рис. 4. Схематические карты потенциальных полей для Северо-Кондаковской площади (А – изолинии локальных аномалий поля I_g в редукции Буге по результатам гравиметрической съемки масштаба 1: 50000, Б – изолинии локальных аномалий поля I_{Ta} по результатам аэромагнитной съемки масштаба 1:25000)

1 – точки поисковых скважин, пробуренных специалистами (а – с отрицательным результатом, б – золоторудная минерализация вскрыта); 2 – осевая зона положительной аномалии I_g кольцеобразной формы 3 – поисковые участки «Южгеологии» в пределах Северо-Кондаковской площади (1 – Трофимовский, 2 – Удодовский, 3 – Чумаковский, 4 – Каменно-Бродский); 4 – профили шнекового бурения и отбора проб с поверхности карбона для геохимических анализов

ИФЛ. Указанный фактор позволяет оптимизировать выбор площадей для постановки поисков слепого оруденения и рудных тел, перекрытых рыхлыми образованиями. Однако, специалистам «Южгеологии» не представилось целесообразным сотрудничать с работниками Института аридных зон по вопросам прогнозирования оруденения.

Следует отметить, что на начальном этапе геологоразведочных работ по поискам золоторудных объектов геологической службой «Южгеологии» предпринимались попытки использования геофизических методов (площадь Керчикского рудопроявления) для изучения геологического строения и решения поисковых задач. Однако, в силу различных причин, в начале 90-х годов использование этого направления исследований было сведено до минимума. На Северо-Кондаковской площади данные о гравитационном и магнитном полях фактически не анализировались. Электроразведочные работы были начаты, но затем прекращены до их завершения. Автором публикации, используя результаты гравиметрической съемки масштаба 1:50 000 и аэромагнитной съемки масштаба 1:25 000, в последующие периоды составлены карты локальных (остаточных) аномалий для основной части Северо-Кондаковской площади (рис. 4), также выполнены детальные расчеты ИФЛ, ИФТ и составлены соответствующие карты изолиний на эту же территорию (рис. 5).

На рисунке 4 с изолиниями локальных аномалий поля $1g$ совмещены основные результаты опосредованного поиска площади, полученные по геологоразведочным работам на четырех участках детализации. Основное внимание на карте гравитационного поля привлекает положительная аномалия (более 0,3 мГл) кольцеобразной формы (центральная часть площади). При этом пониженным значениям (менее – 0,5) локального поля силы тяжести (внутри кольца) соответствует положительная локальная аномалия магнитного поля (2 нТл, что вполне обеспечено технической точностью аэромагнитометра, равной 0,1 нТл). Очевидно, не случайным является совпадение с западным эпицентром этой магнитной аномалии четкого максимума ИФТ. Аномалии ИФЛ располагаются или в краевой части этой кольцевой аномалии или за ее пределами. Следует отметить, что по данным геологоразведочных работ зона оруденения № 1 (самые высокие концентрации золота) выявлена как раз в пределах площади, где совпадают повышенные значения ИФЛ, ИФТ, $1g$ и $1T_a$. Насколько совпадение аномалий всех четырех параметров является необходимым критерием для обнаружения богатого оруденения золота пока остается неясным. Но если анализировать информацию по всем четырем участкам детализации в пределах Северо-Кондаковской площади, то можно предположить, что отмеченный критерий может оказаться достаточно важным при оценке перспектив прогнозируемых площадей.

Остается неясным вопрос о геологической природе локальной аномалии гравитационного поля кольцеобразной формы. В западной части ее в пределах положительных значений широкое распространение имеют метасоматически измененные породы. Здесь выявлено по данным маршрутных работ сотрудников ИАЗ (Института аридных земель) небольшое жильное тело высококалийевых риолитов, аналогичных встреченным на окраине п. Трофимов и описанным в работе [Давыденко и др., 2014]. Наиболее вероятным представляется, что в данном случае выявлен эродированный канал поступления на палеоповерхность газово-жидкостных флюидов типа гейзера. Разумеется, для конкретизации геологической природы этого объекта требуются специализированные исследования.

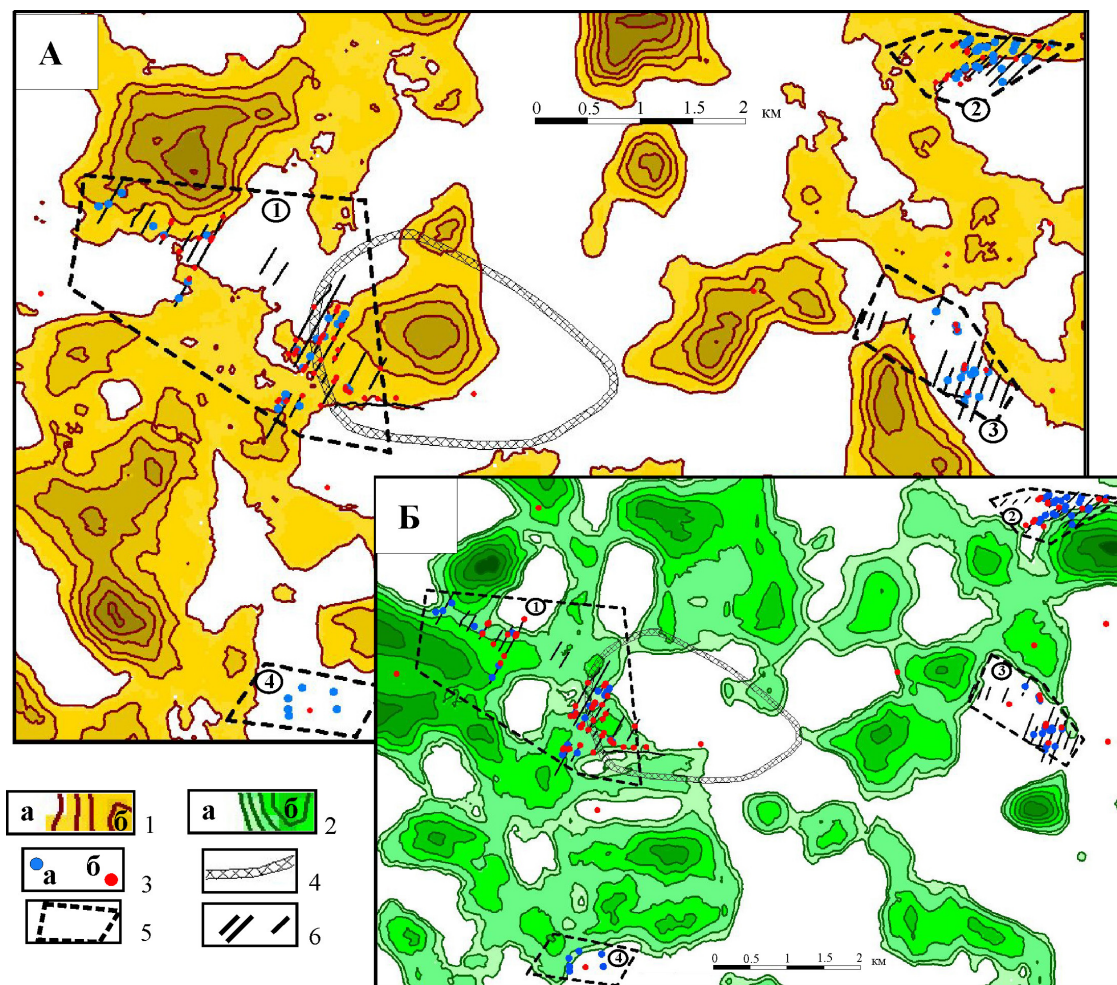


Рис. 5. Схематическая карта изолиний индекса флюидонасыщения для Северо-Кондаковской площади

1, 2 – Изолинии аномалий индекса флюидонасыщения: 1 – ИФТ, 2 – ИФЛ (а – ниже медианных значений, б – выше медианных); 3–6 – смотри пункты 1–4 рис. 4

Заключение

Проведенные исследования позволяют утверждать, что для площадей Восточного Донбасса информативным признаком наличия золоторудных объектов на изучаемой площади могут служить не только аномалии ИФЛ (как это предполагалось ранее), но и аномалии ИФТ (индекса флюидонасыщения тяжелыми УВ). Причинами подобной связи может служить превращение метана в более тяжелые гомологи под воздействием рудных элементов (в качестве катализаторов), присутствующих в составе золоторудной минерализации. Возможен также вариант, что и залежи нефти, и рудные тела обуславливают возникновение температурных аномалий, которые способствуют возникновению однотипного оптико-спектрального эффекта, обнаруживаемого с помощью уравнений ИФТ. Дальнейшее накопление информации видимо позволит получить более определенные объяснения наблюдаемым явлениям. При этом отметим целесообразность рассчитывать в ходе исследований по прогнозированию золото-полиметаллического оруденения оба параметра (ИФЛ, ИФТ). Тем более, что в других геологических условиях значимость индексов может измениться.

Последовательное накопление геологоразведочной информации (прежде всего геофизической) по площадям Восточного Донбасса все в большей мере ставит под сомнение используемую специалистами «Южгеологии» концепцию об основных факторах рудогенеза в регионе. Согласно этим представлениям формирование здесь всех типов руд является результатом процессов регенерации, которые сопровождалось перераспределением рудообразующих компонент углеродистой толщи карбона и привнесом рудогенных элементов из докаменноугольных комплексов. Металлогеническое районирование площадей и выбор участков, перспективных на обнаружение золоторудной минерализации (с высокими содержаниями металла) основывается именно на этих представлениях. Однако анализ геофизических данных позволяет отметить, что более существенная роль принадлежит факторам вулканоплутонической деятельности на площадях Восточного Донбасса.

Полученные материалы позволяют предположить высокую эффективность прогнозирования месторождений золота на основе математической процедуры районирования (кластер-анализа) анализируемых площадей с использованием параметров ИФЛ, ИФТ, I_g и I_Ta в качестве признакового пространства.

Литература

1. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Изд. 2-е. Серия Донецкая. Лист L-37-V (г. Шахты). Объяснительная записка – М., 2000. – 183 с.
3. Давыденко Д.Б., Финкельштейн М.Я. Прогнозирование нефтегазоносности по многоспектральным космоснимкам в среде ГИС ИНТЕГРО/Геоинформатика – 2004. № 1. – С. 41–49.
4. Давыденко Д.Б. Раздельное прогнозирование зональности нефтегазоаккумуляции методом дистанционной флюидоиндексации // Доклады Академии Наук. – 2011а. – Том 438, № 1. – С. 70–75.
5. Давыденко Д.Б. Новая нефтеперспективная область на южном склоне Воронежской антеклизы // Доклады Академии Наук. – 2011. – Том 439, № 2. – С. 221–225.
6. Давыденко Д.Б., Давыденко Е.Д., Исаев В.С., Клещенко А.В., Мохов А.В., Парада С.Г. Опыт выявления и изучения зон эндогенной флюидизации комплексом дистанционных и газогеохимических методов // Вестник Южного научного центра. – 2014. – Т. 10. № 1. – С. 25–34.
7. Давыденко Д.Б., Клещенко А.В. Отображение объектов рудогенеза по результатам дистанционной флюидоиндексации // Отечественная геология. – 2015. – № 2. – С. 28–42.
8. Зеленщиков Г.В., Курбанов Н.К., Кучеревский П.Г., Радаева Т.П. Перспективы золотоносности Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена // Руды и металлы. – 2001. – № 2. – С. 26–35.
9. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. Технологии прогнозирования залежей углеводородов и минеральных месторождений будущей России (на примере южного региона) // Геология и геофизика юга России. – 2011. – № 1. – С. 20–31.
10. Невалённый Ю.В. Ресурсы металлических полезных ископаемых // Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2005. – С. 71–84.

11. Парада С.Г., Зеленщиков Г.В., Давыденко Д.Б. Опыт применения дистанционной флюидоиндексации для поиска руд благородных металлов и их спутников на юге России // Руды и металлы. – 2011. – № 3–4. – С. 134–135.

12. Серокуров Ю.Н. Дистанционный прогноз руд в России – проблемы и перспективы // Отечественная геология. – 2011. – № 4. – С. 3–10.

13. Фридман А.И. Природные газы рудных месторождений. М.: Недра, 1970. – 192 с.

DOI: 10.23671/VNC.2016.3.20827

POSSIBILITIES OF USING MATHEMATICAL ANALYSIS OF SPACE IMAGES AT PREDICTION OF DEPOSITS OF GOLD AT THE AREAS OF EASTERN DONBAS

© 2016 D.B. Davydenko, Ph.D., Sc. Cand. (Geol.-Min.)

The Institute of Arid Zones, Southern scientific centre, RAS, Russia, 344006, Rostov-on-Don, Chekhov Ave., 41; e-mail: davyd@ssc-ras.ru

Transformation of spectrum-zonal space images with use of the technology of remote fluid-indexation (developed earlier for oil and gas forecasting) allowed to determine, in the limits of Eastern Donbas areas, existence of anomalies, analogous to that observed above gas deposits. The results of carried out research, including elaboration of fluid-saturation anomalies, and also analysis of geological-prospecting information of different periods, testify about connection of revealed anomalies with increased hydrocarbon-saturation of golden ore objects. So far as the fact of raised content of methane in the gases of ore deposits is generally accepted, the revealed optical-geochemical effect can be used for forecasting and search of ore objects. For the area of extension of ore deposits of the Nagolny Ridge, the comparison of results of the fluid-saturation index calculation with spatial distribution of the ore objects is adduced. An analogous comparison, but with use of sampling results of the boreholes cross-section, is adduced for the two plots of Eastern Donbas.

Keywords: remote sounding, mathematical transformations of spectrum-zonal space images, forecasting of golden mineralization, ore search.