

УДК 550.84:553.441

DOI: 10.23671/VNC.2016.1.20714

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В ВОСТОЧНОМ ДОНБАССЕ

© 2016 А.В. Клещенко, С.Г. Парада, д.г.-м.н.

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

Проанализированы результаты исследования газогеохимических ореолов, создаваемых золоторудными залежами, расположенными в пределах Керчикского рудопоявления в Восточном Донбассе. Предложен индекс газовых аномалий, отражающий поглощение кислорода и выделение углекислого газа при окислении рудных компонентов под толщей перекрывающих пород. Установлена устойчивость во времени газогеохимических аномалий, обусловленных рудными объектами. Обоснована целесообразность и необходимость применения данных дистанционного зондирования Земли, т.к. газы способствуют изменению спектральной отражательной способности ландшафта.

Ключевые слова: газогеохимия, почвенный воздух, золото, руда, Восточный Донбасс.

Введение

В современных условиях, характеризующихся сокращением фонда залежей полезных ископаемых, близко расположенных или выходящих на дневную поверхность становится очевидным, что перспективы приращения минерально-сырьевой базы связаны прежде всего с прогнозированием погребенных рудных объектов, скрытых под толщей перекрывающих отложений. Достижение этой цели возможно на основе комплексного подхода к изучению геофизических и геохимических аномалий, обусловленных рудными объектами, фиксируемыми по результатам обработки материалов дистанционного зондирования Земли [Матишов и др., 2010, 2011], а также разработкой новых методов поисков, позволяющих обнаруживать рудные объекты под перекрывающими их осадками. К ним следует отнести незаслуженно забытые атмогеохимические методы.

Возобновление их широкого применения может быть основано на возрожденных в современных условиях представлениях об эндогенном источнике рудного вещества, что подтверждается обширными данными петрологических, структурно-геологических, геофизических и изотопно-геохимических исследований в пределах крупных рудных провинций, районов и отдельных рудных месторождений. Тектоно-магматические системы, расположенные на участках с высокой проницаемостью земной коры и верхней мантии определяют структурные позиции рудогенерирующих глубинных магматических очагов и рудоподводящих каналов. Следы прошедшего в предыдущие геологические эпохи процесса рудообразования отображаются в геохимических и геофизических полях. Эти следы проявляются в виде повышенного флюидонасыщения рудоподводящих и рудовмещающих структур и изменениями надпродуктивной толщи над рудными залежами еще не вскрытыми эрозией, но уже затронутыми процессом гипергенеза. При этом самыми подвижными компонентами геохимических полей являются природные газы.

Исследованиями природных газов рудных месторождений при проведении поисково-разведочных работ, для решения отдельных вопросов геологического строения месторождений, а также в контексте прогноза газоопасности рабочей зоны горнодобывающих предприятий в различные годы занимались Н.Н. Куликова [Куликова, 1960], А.И. Фридман [Фридман, 1970], М.А. Карасик [Карасик и др., 1986], Г.И. Войтов [Войтов, 1991] и другие. Положительный опыт применения атмогеохимических методов с целью локализации рудных тел был получен в различных геолого-структурных условиях. Одной из проблем, препятствующих активному внедрению атмогеохимических методов, являются трудности в разделении газовых компонент почвенного воздуха на «автохтонные», сформированные процессами газового дыхания почвы (газообмен с атмосферой, деятельность микроорганизмов и т.д.) и «аллохтонные», привнесенные из недр в почву как в депонирующую среду. При этом «аллохтонные» газы также можно разделить на «глубинные» сингенетичные, обусловленные миграцией по ослабленным рудоконтролирующим структурам и «приповерхностные» эпигенетичные, связанные с вторичными преобразованиями рудного вещества в зоне гипергенеза.

В настоящее время атмогеохимические методы незначительно применяются при поиске и разведке рудных полезных ископаемых, вместе с тем в условиях необходимости поиска погребенных объектов их развитие становится насущной необходимостью.

Характеристика эталонного объекта

К одной из территорий Юга России, обладающей перспективой на обнаружение погребенных золоторудных месторождений, является Восточный Донбасс (в пределах Ростовской области), что установлено по данным прогнозных и геолого-поисковых работ последних лет. Однако большая часть перспективных территорий перекрыта мощной толщей неоген четвертичных отложений, что серьезно затрудняет применение традиционных методов поисков. Это диктует необходимость разработки и применения новых методов поисков, позволяющих обнаруживать рудные объекты под перекрывающими их осадками. Одним из таких погребенных объектов является Керчикское рудопроявление золота, залегающее под 70-метровой толщей неогеновых отложений. Поэтому оно выбрано в качестве эталонного объекта. К тому же оно является наиболее изученным в геологическом отношении. На нем проведены поисковые работы методом бурения, подсчитаны прогнозныe ресурсы золота в количестве, соответствующем крупному золоторудному месторождению, положительно оценены обогатимость руд и возможность их рентабельной добычи.

Другие, выявленные в Восточном Донбассе золоторудные проявления (Барило-Крепинское, Галутинское, Чернореченское и др.) располагаются в открытой части Восточного Донбасса, изучались традиционными методами и являются менее перспективными.

Формирование золотоносных руд Восточного Донбасса связывают с позднепермско-юрской и раннемеловой тектоно-магматическими активизациями Донецкого складчатого сооружения [Государственная..., 2000].

По данным [Зеленщиков и др., 2001; Невалённый, 2005; Парада, 2014] Керчикское рудопроявление располагается в висячем крыле Персиановского ступенчатого взброса. Оно приурочено к северному флангу куполовидной складки, образованной в результате осложнения широтной антиклинали первого порядка поперечным (меридиональным) валообразным поднятием. С запада рудное поле ограничено ме-

ридиональным взбросом. Севернее рудопроявления этот взброс не прослеживается. Особенности структурной позиции Керчикского проявления свидетельствуют о формировании структуры рудного поля в обстановке тектонического сжатия по продольной (широтной) оси, что типично для районов развития сульфидно-вкрапленной минерализации в углеродисто-терригенных толщах.

Рудовмещающий разрез представлен чередованием углистых аргиллитов, алевролитов и песчаников с редкими маломощными прослоями известняков и каменных углей среднекаменноугольного возраста. В основании этого разреза залегает относительно мощный пласт известняка; венчает его пласт угля. Среднекаменноугольные породы рудного поля с угловым несогласием перекрыты платформенными отложениями палеогеновой и неогеновой систем, суммарная мощность которых в пределах рудопроявления составляет от 40 до 80 м.

В строении рудного поля принимает участие близвертикальное трубообразное тело трахиандезитов субвулканического облика несветаевского магматического комплекса. Площадь его горизонтального сечения чуть более 0,3 кв. км. К югу от него и вниз по стратиграфической вертикали закартированы силлы андезито-базальтов. Калий-аргоновый возраст трахиандезитов и андезито-базальтов 165-188 млн. лет [Терентенко и др., 1987]. Среднекаменноугольные осадочные образования и среднеюрские магматические породы прорваны дайками биотитовых андезитов, мончикитов, камптонитов и спессартитов раннемелового миусского лампрофирового комплекса.

Внедрение трахиандезитов сопровождалось интенсивными метасоматическими преобразованиями вмещающих терригенных и карбонатных пород на расстояние до 1000 м к северу и югу и до 250 м к западу и востоку от интрузива. Характер метасоматических преобразований зависит от состава эпипород. По аргиллитам и алевролитам развиваются типичные березиты пирит-кварц-серицит-карбонат-хлоритового состава, переходящие по мере удаления от контакта интрузива в кварц-серицитовые или в кварц-альбит-серицитовые с пиритом образования. Песчаники вблизи контакта с трахиандезитами преобразуются в сливные кварциты. Затем степень окварцевания песчаников постепенно уменьшается. По известнякам развиваются гранатовые скарны с пирит-пирротиновой минерализацией, а по углям – халькопирит-пирит-пирротиновые руды с новообразованиями амфибола и пироксена. Калий-аргоновый возраст метасоматитов составляет 165-180 млн. лет, совпадая с возрастом интрузий миусского комплекса.

Золоторудные тела представлены многократными брекчиями, сцементированными сульфидно-кварцевыми, сульфидно-кварц-карбонатными и сульфидно-карбонатными гидротермалитами, которые распространены еще и в виде скопления прожилков, пересекающих ранние метасоматиты, не измененные интрузивные и осадочные породы. Возраст этих гидротермалитов 91-97 млн. лет. По данным [Грановская, 1992] в них выделяются в качестве главных рудных минералов пирит, галенит, сфалерит, марказит; второстепенных – халькопирит, арсенопирит, блеклые руды, бурнонит, айкинит, самородное золото, самородный висмут, самородный мышьяк, мельниковит, гематит, лимонит, аурипигмент и киноварь. В андезитах иногда отмечаются молибденито-кварцевые прожилки и вкрапленность пирротина. Нерудные минералы представлены кварцем, кальцитом, анкеритом, доломитом, дикситом, гидрослюдами и цеолитами. Полученные по результатам испытания технологической пробы средние содержания золота 1,8 г/т и серебра 7,6 г/т, позволяют отнести руды Керчикского проявления к золото-серебряному типу.

Таким образом, известные на сегодняшний день рудные тела Керчикского проявления морфологически представлены двумя относительно изометричными штокверками, приуроченными к метасоматически измененным осадочным и магматическим породам в северном и южном экзо- и эндоконтактах интрузива трахиандезитов. Охарактеризованные выше геолого-структурные условия их локализации в совокупности с особенностями минерального состава оруденения более всего соответствуют эпитермальным месторождениям золото-серебряных руд, пространственно связанных с вулcano-тектоническими постройками.

Материалы и методы

В 2014 г нами были проведены полевые исследования на Керчикском золоторудном проявлении с целью изучения распределения газовых компонент почвенного воздуха. В газогеохимическом отношении рудопроявление приурочено к локальной газогеохимической аномалии индекса флюидонасыщения легкими углеводородами (ИФЛ), выделенной методом математических преобразований многозональных космических снимков и являющейся частью Керчикского ареала эндогенной флюидизации [Парада и др., 2011; Клещенков, Зеленщиков, 2012; Давыденко и др., 2014].

Определение газового состава почвенного воздуха над рудопроявлением осуществлялось вдоль пяти ранее пройденных буровых профилей, четыре из которых были расположены вкрест простирания штокверкного тела (профили 1-1', 2-2', 3-3', 4-4'), а один субмеридианально (профиль ABCD) (рис. 1). Шаг опробования изменялся от 30 до 10 м на четырех секущих профилях и составлял 100 метров на субмеридианальном.

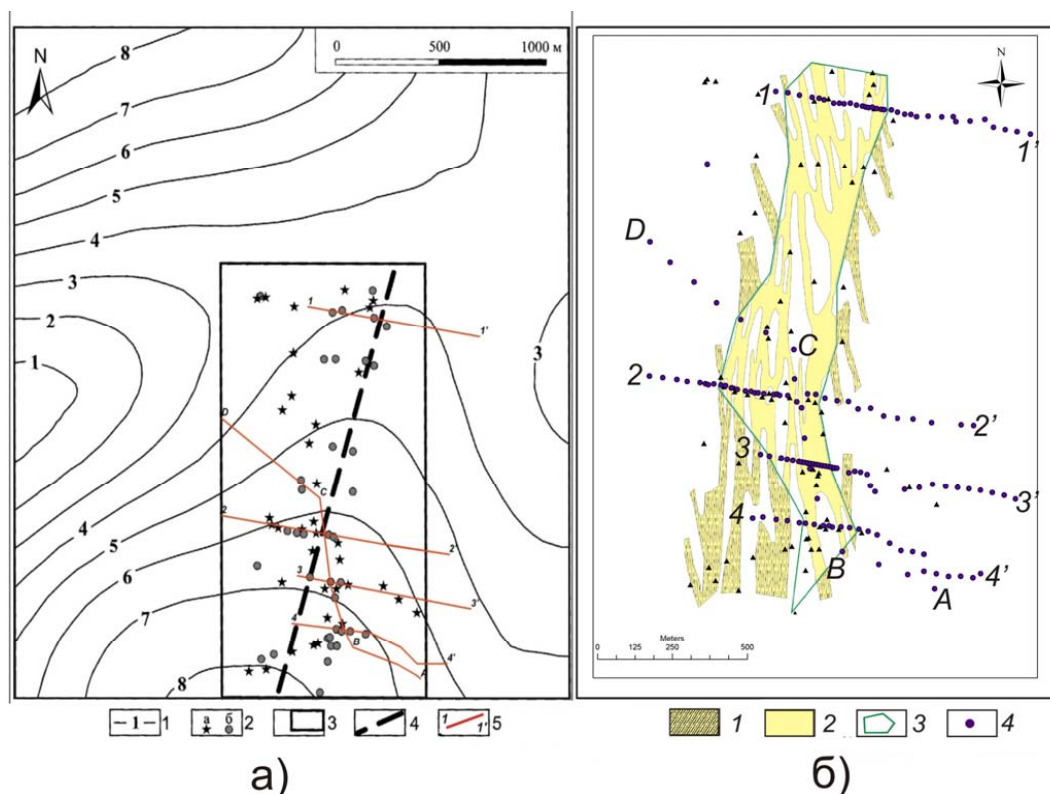


Рис. 1. Схематические карты результатов поисковых работ на Керчикском рудопроявлении золота

а) – совмещенная с локальными аномалиями индекса флюидонасыщения легкими углеводородами и положением профилей атмогеохимических работ 2014 года: 1 – изолинии флюидонасыщения (интенсивность в условных единицах), 2 – поисковые скважины, не вскрывшие (а) и вскрывшие (б) золотое оруденение, 3 – граница Керчикского рудопроявления, 4 – ось штокверка, 5 – профили наземных газогеохимических работ и их номер; б) – совмещенная со схемой рудоносности керчикского рудопроявления и точками газогеохимического опробования: 1 – предполагаемые границы рудоносного штокверка с прожилковым и прожилково-вкрапленным золото-сульфидно-кварцевым оруденением, 2 – установленные границы штокверка, 3 – контур подсчета прогнозных ресурсов золота по категории P1, 4 – точки газогеохимического опробования

Отбор проб почвенного воздуха проводился из шпуров глубиной 0,6 м с герметизацией устья. На каждой точке одновременно измерялись концентрации в почвенном воздухе углекислого газа, кислорода и метана – газоанализатором АНКАТ, водорода – газоанализатором ВГ-2 и радона – газоанализатором РРА-01М Альфа-рад. В общей сложности опробование было проведено на 149 точках наблюдений.

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного анализа полученных результатов измеренные газы были подразделены на две группы: сингенетичные и эпигенетичные. К первой группе отнесены газы, рассматриваемые как глубинные компоненты общего потока дегазации породного массива (H_2 , CH_4), а также радон (Rn), поступающий с глубины по проницаемым зонам. Во вторую группу вошли углекислый газ (CO_2), интенсивно выделяющийся в результате окисления и бактериального разложения сульфидов, и кислород (O_2), который при этом поглощается [Hale, 2000].

В целях усиления полезного сигнала и гашения помех было произведено центрирование и нормирование измеренных концентраций кислорода и углекислого газа. Для учета влияния суточного хода концентраций исследуемых газов в ходе полевых исследований были проведены опытно-методические работы. По их результатам было установлено, что наибольшая суточная изменчивость за время проведения работ была характерна для водорода и кислорода, в связи с чем, для дальнейшего анализа мы использовали значения локальных остатков этих газов, полученных путем вычитания из измеренных значений тренда в данной точке.

Ниже в качестве примера приведены результаты по профилю 1-1'. Общая протяженность 865 метров. Опробовано 33 точки наблюдения. На представленных графиках (рис. 2) показана изменчивость измеренных газов по профилю, отдельно выделена проекция контура подсчета прогнозных ресурсов золота (по фондовым материалам, см. рис. 1).

Как видно, на приведенных графиках в выделенном интервале, соответствующем проекции контура подсчета прогнозных ресурсов золота наблюдается область повышенных значений радона (с 2 по 20 пикет, с отдельными локальными пиками на 3, 9, 15 и 16 пикетах), концентрации водорода демонстрируют минимальные значения, обнаруживая максимумы на флангах, изменчивость метана имеет неоднородный характер, что не позволяет однозначно выделить в пределах профиля аномалиегенерирующий объект или объекты. Вместе с тем, в пределах оконтуренной области на графиках хода кислорода и углекислого газа на интервале с 8 по 18 пи-

кет четко выделяется зона повышенных концентраций углекислого газа и пониженных концентраций кислорода, что может указывать на наличие сульфидизации в данном интервале.

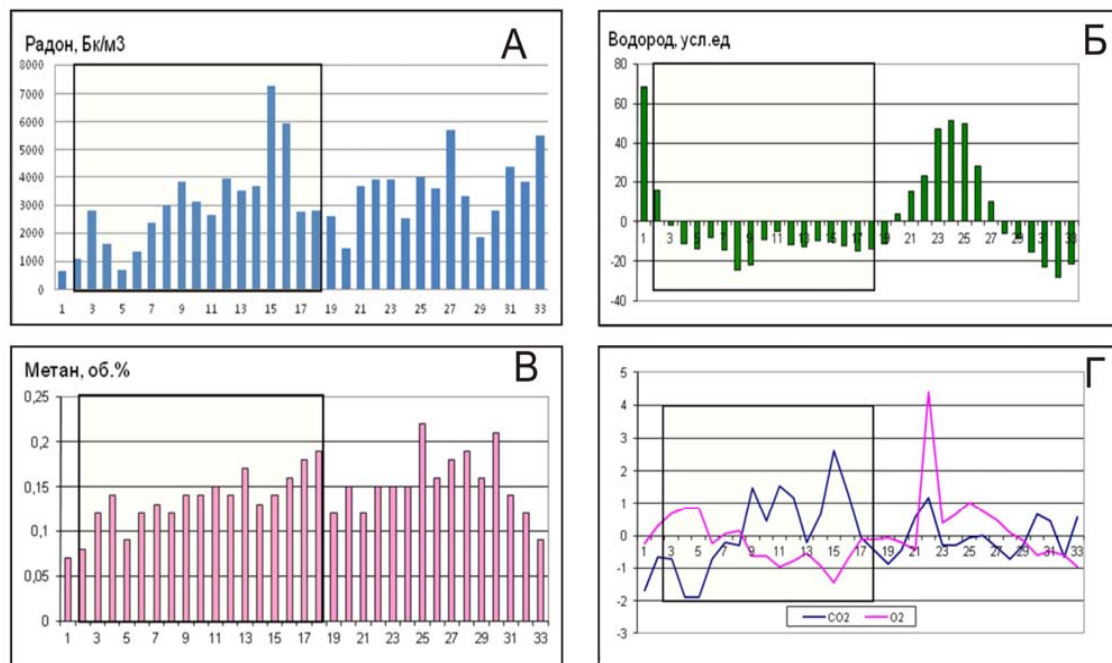


Рис. 2. Содержание газовых компонентов в почвенном воздухе по профилю 1-1'
 А – радона, Б – водорода, В – метана, Г – распределение нормированных
 и центрированных значений концентраций кислорода и углекислого газа
 по профилю 1-1'

В пределах профиля 2-2' максимумы радона находятся вне пределов границ подсчетного плана, и приурочены к разломам, в пределах самого профиля изменчивость концентраций не высокая, и находится в интервале 1000-2500 Бк/м³. Содержание метана в почвенном воздухе изменяется от 0,21 до 0,02% об. со значительной областью повышенных значений в западной части профиля. Максимумы водорода фиксируются на трех пикетах за пределами границ штокверка и на шести точках в границах подсчетного плана. Распределение кислорода и углекислого газа характеризуется высокой степенью изменчивости.

Профили 3-3' и 4-4' выделяются повышенными значениями радона и пониженными значениями водорода в пределах контура подсчета прогнозных ресурсов золота. Отмечаются максимумы метана в краевых частях рудоносного штокверка. На обоих профилях контрастно выделяются участки с понижением концентраций кислорода и одновременным повышением концентраций углекислого газа, что более четко видно при рассмотрении результатов в плане. Для отображения максимумов и минимумов содержаний газов в почвенном воздухе использован критерий стандартного отклонения.

Наиболее значительны локальные максимумы водорода располагаются за пределами рудоносной области (рис. 3).

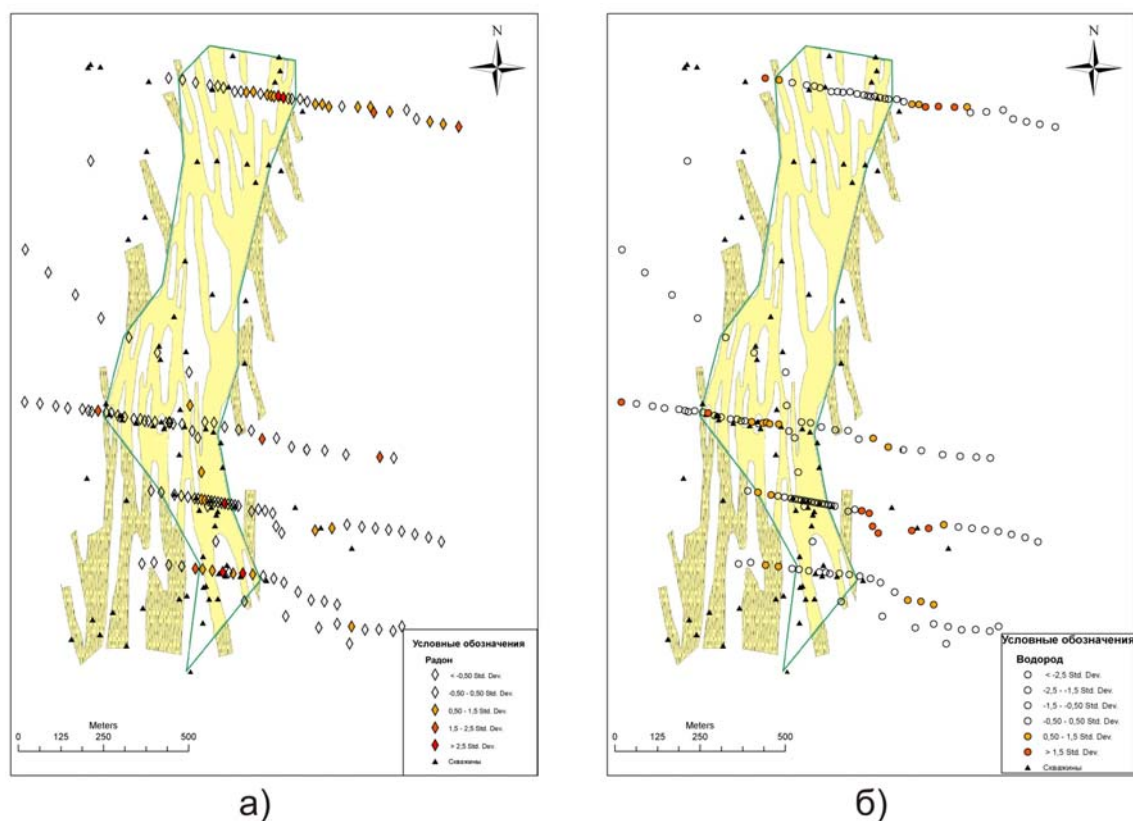


Рис. 3. Схема распределения содержания а) радона и б) водорода в почвенном воздухе на Керчикском золоторудном проявлении

Лишь в пределах второго профиля и западной части третьего профиля они сосредоточены в границах подсчетного плана. Распределение радона указывает на повышенную раздробленность северной и южной части исследуемой территории (см. рис. 3), и, по-видимому, их большую по сравнению с прилегающими участками геодинамическую активность.

Распределение на изученном участке концентраций метана в почвенном воздухе в целом согласуется с ориентировкой аномалий ИФЛ (см. рис. 1). Максимальные концентрации приурочены к северо-северо западному простиранию, что также соответствует оси штокверка (рис. 4а).

Анализ взаимной изменчивости распределения кислорода и углекислого газа по профилям привел нас к выводу, что наблюдаемый здесь эффект формирования повышенных концентраций углекислого газа в подпочвенном воздухе с одновременным контрастным понижением содержания кислорода, описанный на целом ряде рудных месторождений, может выступать в качестве критерия рудоносности исследуемого участка. Это наглядно прослеживается при рассмотрении в площадном варианте. Для удобства визуализации данных эффектов мы вычли из централированных и нормированных значений углекислого газа таковые для кислорода. Полученную разницу обозначили как индекс газовых аномалий (GA) и вынесли на схему (см. рис. 4б).

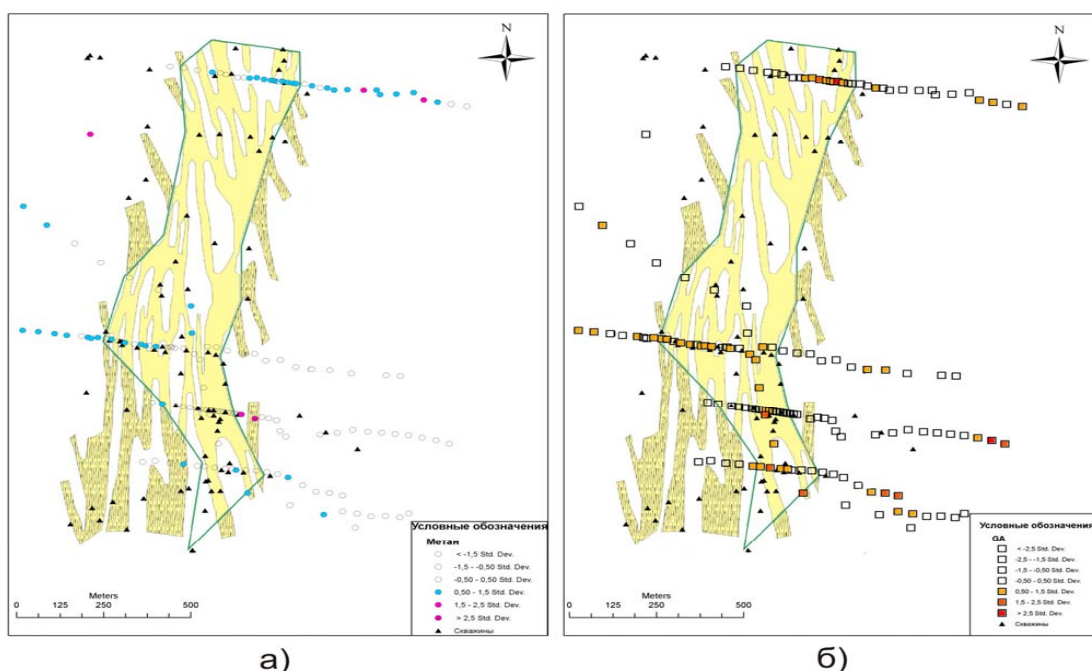


Рис. 4. Схемы распределения а) содержаний метана и б) индекса газовых аномалий (GA) в почвенном воздухе на Керчском золоторудном проявлении

Очевидно, что участки положительных значений индекса GA отражают интервалы профилей, на которых происходит поглощение кислорода и выделение углекислого газа, что соответствует участкам с повышенным содержанием рудных компонентов.

Проведено сопоставление значений индекса GA полученных по результатам работ 2014 года с результатами наших предыдущих исследований [Клещенков, Зеленщиков, 2012] в пределах третьего профиля (рис. 5).

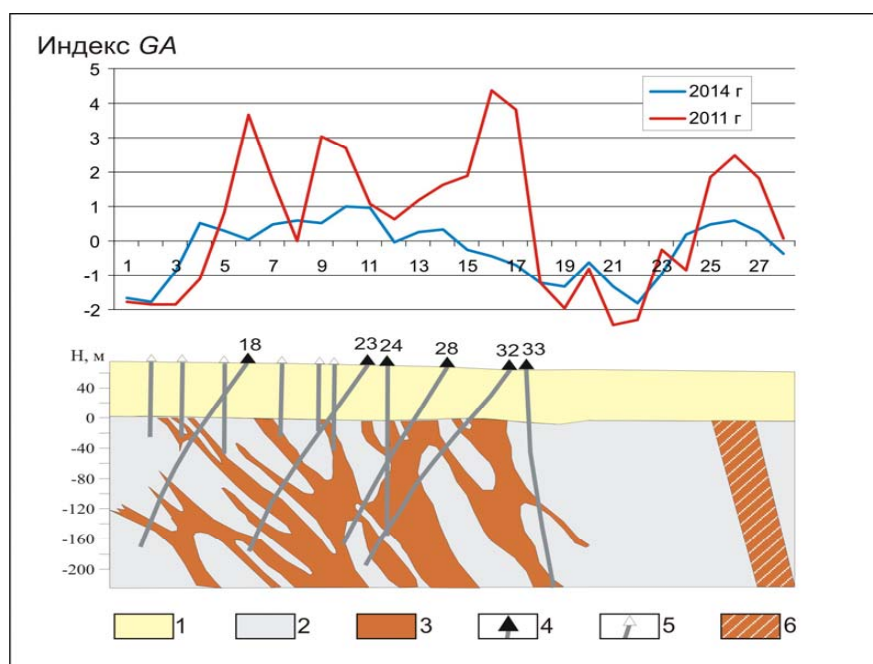


Рис. 5. Результаты сопоставления индекса газовых аномалий в почвенном воздухе по профилю 3-3' по результатам полевых работ 2011 г. и 2014 г.

- 1 – рыхлые отложения палеоген-неогенового возраста;
- 2 – метасоматически измененные терригенные породы среднекаменноугольного возраста;
- 3 – намеченный по результатам бурения рудоносный штокверк с прожилково-вкрапленным золото-сульфидно-кварцевым оруденением;
- 4 – скважины поисковые;
- 5 – скважины картировочные;
- 6 – прогнозируемое по результатам газогеохимических работ рудное тело

Результаты сопоставления показывают, что интенсивность проявления рудных объектов в газогеохимических полях с течением времени подвержена изменчивости. Вместе с тем, локализация интервалов перспективных на обнаружение рудных объектов четко подтверждается. По данным 2011 года было высказано предположение о наличии не известного ранее рудного тела в районе пикетов 25–27. Данные 2014 года подтвердили это предположение. Следовательно, результаты газогеохимических исследований позволяют прогнозировать новые рудные тела.

Выводы

Проведенные газогеохимические исследования позволили установить особенности распределения природных газов в почвенном воздухе в пределах Керчикского золоторудного проявления и на прилегающих участках. Результаты интерпретации содержания газовых компонент (радона, углекислого газа, кислорода и водорода) по наземным профилям позволяют выделять атмогеохимические аномалии, взаимосвязанные с контуром выявленного буровыми работами золоторудного тела. Наиболее информативным в этом отношении выступает индекс газовых аномалий, отражающий поглощение кислорода и выделение углекислого газа при окислении рудных компонентов под толщей перекрывающих пород. В связи с чем он может выступать в качестве косвенного признака рудоносности.

Установленная устойчивость во времени газогеохимических аномалий, обусловленных рудными объектами подтверждает обоснованность и необходимость применения данных дистанционного зондирования Земли, т.к. газы в таком случае способствуют изменению спектральной отражательной способности ландшафта.

Миграцию природных газов рудных месторождений предлагается рассматривать по аналогии с миграцией углеводородов от залежей к земной поверхности в том смысле, что в обоих случаях происходит формирование газогеохимических аномалий в приповерхностном слое. Это подтверждает необходимость продолжения работ по развитию разработанного поискового комплекса, включающего в себя наземные газогеохимические работы, который основан на выявлении в приповерхностных породах признаков миграции первичных (сингенетических) и вторичных (эпигенетических) газовых компонент от рудных тел к поверхности. Основная задача, решаемая таким поисковым комплексом – выявление в ландшафтах следов устойчивых флюидных потоков, связанных с наличием в недрах рудных полезных ископаемых.

Литература

1. Войтов Г.И. О химической и изотопно-углеродной нестабильностях свободных газов (газовых струй) в Хибинах // Геохимия. 1991. № 6. С. 769-780.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 2000. Масштаб 1:200000. Изд. 2-е. Серия Донецкая. лист L-37-V (г. Шахты). Объяснительная записка. Санкт-Петербург, изд-во ВСЕГЕИ: 183 с.
3. Грановская Н.В. Минералогия и термобарогеохимия золота в Юго-Восточном Донбассе // Записки ВМО. 1992. №4. С.29–42.
4. Давыденко Д.Б., Давыденко Е.Д., Исаев В.С., Клещенков 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.
5. 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.
6. Карасик М.А., Кирикилица С.И., Герасимова Л.И. Атмогеохимические методы поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1986. 246 с.
7. Клещенков А.В., Зеленщиков Г.В. Опыт изучения газогеохимических эффектов от рудных залежей на примере Керчикского рудопроявления в Восточном Донбассе, Ростовская область // Руды и металлы. 2012. №4. С.24–28.
8. Куликова Н.Н. О применении газокерновой съемки для обнаружения слепых рудных зон в районе Балейского месторождения // Известия вузов. Геология и разведка. 1960. №12. С.78-82.
9. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. Выбор рудоперспективных площадей по результатам дистанционной флюидоиндексации как фактор рационального недропользования в условиях горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. 2010. №3 (5). С.57-62.
10. 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.
11. Невалённый Ю.В. Ресурсы металлических полезных ископаемых / В кн.: Проблемы и перспективы комплексного освоения минеральных ресурсов Восточного Донбасса. Ростов н/Д., изд-во ЮНЦ РАН. 2005. С.71–84.
12. Парада С.Г. Перспективные геолого-промышленные типы рудопроявлений золота в Ростовской области // Вестник Южного научного центра. 2014. Т.10. №4. С.53-60.
13. 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.
14. Терентенко Н.А., Лихачев В.А., Зеленщиков Г.В., Кузнецов Ю.А. Литолого-структурные условия локализации цветных и благородных металлов на Керчикском рудопроявлении / В кн.: Геологическое строение и полезные ископаемые Ростовской области. Ростов н/Д., изд-во РГУ. 1987. С.90–95.
15. Фридман А.И. Природные газы рудных месторождений. М.: Недра, 1970. 192 с.
16. Hale M. (ed.). 2000. Geochemical Remote Sensing of the Subsurface. Handbook of Exploration Geochemistry. Amsterdam, Elsevier, 7: 550 p.

DOI: 10.23671/VNC.2016.1.20714

RESULTS OF FIELD RESEARCH GEOCHEMICAL COMPONENTS OF ORE DEPOSITS IN THE EASTERN DONBASS

© 2016 A.V. Kleschenkov, S.G. Parada, Sc.Doctor (Geol.-Min.)

Institute of Arid Zones Southern Scientific Center RAS 344006, Rostov-on-Don, pr.
Chehova, 41, e-mail: geo@ssc-ras.ru, parada@ssc-ras.ru.

The results of the study geochemical halos of gold deposits located within Kerchik ore in the Eastern Donbass. A gas anomaly index, which reflects the oxygen reduce and increase of carbon dioxide in the oxidation of ore components under the thickness of the overburden. It is stable over time geochemical anomalies caused by ore objects. The expediency and the need for the use of remote sensing data, as gases contribute to a change in the spectral reflectance of the landscape.

Keywords: gas geochemistry, soil gas, gold, ore, East Donbass.