

5) целенаправленное изучение структур геохимических полей повышает эффективность среднемасштабных поисков и обеспечивает оценку поисковой изученности при одновременном снижении стоимости ГРП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров С.А. Нелинейная структура геохимического поля рудообразующей системы // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 8. — С. 50–54.
2. Григоров С.А. и др. Особенности строения Наталкинского золоторудного месторождения и основные поисковые признаки // Отечественная геология. — 2007. — № 3. — С. 43–50.
3. Геологическая модель Карамкенского месторождения / А.А. Некрасов, Л.Н. Бельчанская, М.В. Юдин. <http://gold.1prime.ru/aurum79/deps/karamk1.html>

© Григоров С.А., 2015

Григоров Сергей Александрович // grigorovrim@mail.ru

УДК 553.981+553.982

Фурсов В.З. (ФГУП «ИМГРЭ»)

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИХ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ПОИСКАХ И КАРТИРОВАНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПЛОЩАДЕЙ

*Приведены некоторые вопросы использования углеводородов для практических целей. Рассмотрены также ртутные ореолы газовых и нефтяных месторождений в различных регионах с акцентом их значимости для выделения перспективных площадей в условиях южных и северных регионов с вечной мерзлотой. **Ключевые слова:** нефть, газ, поиски, картирование, ртутные ореолы, подпочвы, атмосферы.*

Fursov V.Z. (IMGRE)

CHEMICAL ELEMENTS AND THEIR CONNECTIONS BY SEARCHES AND MAPPING OF THE OIL AND GAS AREAS

*Some questions of use of hydrocarbons for the practical purposes are given. Considered some problems are discussed of hydrocarbon use for practical purposes. Mercury halos of gas and oil fields are considered in different regions with the stress on their significance to delineate most promising areas in southern and northern regions with permafrost. **Key words:** oil, gas, prospecting, mapping, mercury halos, subsoil, atmosphere.*

В нефтяных и газовых месторождениях по данным Н.А. Кудрявцева, В.И. Карцева, В.А. Соколова и других авторов фиксируются повышенные концентрации Al, B, Br, V, Fe, I, Cd, Ca, Co, Mg, Cu, Mo, As, Na, Pt, Hg, Pb, S, Ag, Sr, Ti, U, P, Cr и Zn [3, 7]. Кроме этого, можно предполагать в этих месторождениях концентрирование практически всех известных химических элементов и их различных соединений.

Газовые и нефтяные месторождения представляют собой источники, из которых образуются аномальные потоки химических элементов и различных углеводородов, мигрирующих к поверхности, что приводит к формированию наложенных ореолов в перекрывающих породах [1].

Из газообразных органических соединений наиболее широко распространены в природе метановые (парафиновые) углеводороды, которые проявляются в ат-

мосфере Земли, почвах, в осадочных и других породах. Углекислый газ является конечным продуктом окисления углерода и хорошо растворяется в воде. Источники CO₂ в недрах Земли многочисленны, но главными являются глубинные магматические породы [9].

В обычных условиях элементарный водород существует в виде двухатомных молекул и является хорошим восстановителем, а иногда основным компонентом газовой фазы метаморфических и изверженных пород и встречается в породах осадочного чехла. Под действием радиоактивных излучений водород образуется при радиолизе воды. Свободный водород участвует в реакциях восстановления органического вещества, которые могут иметь важные значения при формировании нефтяных углеводородов.

Сероводород (H₂S) — бесцветный газ, сильнодействующий яд с запахом тухлых яиц. Он является сильным восстановителем и вредной примесью к природным газам.

Наибольшая концентрация кислорода (21 % по массе) фиксируется в атмосфере, где он образуется при процессах фотосинтеза. Азот химически мало активен и в свободном состоянии находится в атмосфере в концентрации 75,5 % по массе.

Группа инертных газов — гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон. В естественных условиях они не образуют химических соединений и в природных газовых смесях присутствуют в незначительных количествах. Радон — радиоактивный газ с периодом полураспада 3,8 суток.

Нелетучие элементы в определенных термодинамических условиях на глубине могут соединяться с галогенами и углеводородами, образуя летучие соединения (бромистый алюминий, трехбромистый бор, шестифтористый вольфрам, бромистый германий, шестифтористый молибден, трехбромистый мышьяк, бромное и йодное олово).

Наибольший поисковый интерес представляют те элементы и соединения, которые имеют низкие кларки, летучи, однородно распределены в горных породах, имеют большие размеры ореолов, возможность определения закларковых концентраций, малые атомные или молекулярные размеры. Такими элементами являются Be, Br, Bi, W, Gd, Ga, Hf, Ge, Ho, Dy, Au, Y, Yb, I, Cd, La, Lu, Mo, As, Nd, Pr, Hg, Sm, Pb, Se, Ag, F, Cs, Zr и Eг. Среди них наиболее важной является ртуть, образующая летучие соединения с углеродными радикалами и галогенами, распределенная в горных породах, почвах, водах и атмосфере. По однородности она занимает второе место после кислорода и имеет малое число аномальных природных источников. Атомно-абсорбционный анализ ртути позволяет определять закларковые содержания в любых средах.

Для проведения эффективных геохимических исследований необходимо применять различные методы анализа нефти и газа. К ним относятся диффузионные, химические, хроматографические, масс-спектрометрические методы, ультрафиолетовая и инфракрасная спектроскопия, ядерный магнитный резонанс и др.

Нефтегазоносная провинция имеет размеры 100–400 тыс. км² и большие объемы осадочных пород. В Рос-

сии выявлены 13 провинций, среди которых Лено-Вилюйская (газонефтеносная) занимает малую площадь в 380 тыс. км² и самая крупная Лено-Тунгусская (нефтегазонефтеносная) — 2800 тыс. км². Две нефтегазонефтеносные области: Прибалтийская — 100 км² и Анадырско-Каваркинская — 134 км² [5].

Геохимические методы поисков нефти и газа направлены на выявление и оценку перспектив нефтегазонефтеносности площадей. Огромное количество углеводородов образуется при термических процессах преобразования глубоко захороненного органического вещества при температурах 60–150 °С, а метана, этана, пропана и бутана при 70–150 °С [8]. Такие температуры позволяют переходить ряду элементов из пород в углеводороды. Для ртути достаточно 60–80 °С, чтобы она возгонялась в значимых количествах из горных пород, окружающих зоны преобразования органики в нефть и газ.

Высокое поровое давление, возникающее при образовании жидких и газовых углеводородов, приводит к появлению в материнских породах трещин, по которым флюиды могут мигрировать, что способствует переходу химических элементов в углеводороды. Для атомарной ртути и ее соединений, находящихся в системе вода–нефть, отмечается четкая тенденция к поглощению нефтью, что характерно и для системы вода–газовые углеводороды. Уран может переходить в нефть из контактирующих с ней пластовых вод, отдающих его при снижении окислительно-восстановительного потенциала на месте контакта, где происходит преобразование растворимого в водах урана в нерастворимый. Здесь часть урана сорбируется асфальто-смолистыми компонентами с образованием металлоорганических соединений [2].

Накопление элементов и их соединений в залежах происходило и происходит при преобразовании растительных и животных остатков в углеводороды, выщелачивании из горных пород и заимствовании из зон глубинных разломов и других источников. Большинство нефтяных промышленных залежей возникает за счет органического вещества осадочных пород. Следовательно, поисковые работы на нефть должны выполняться с позиции этой основной концепции, что характерно и для газа [8].

В свое время ВНИИЯГГом был разработан четырехстадийный цикл выполнения полевых работ. Первый цикл проводится на стадии региональных геологических и геофизических исследований, который включает маршрутные и площадные гидрогазобиохимические исследования естественных и искусственных водосточников в масштабе 1:200 000 и мельче.

Второй цикл включает гидрогазобиохимические съемки масштабов 1:200 000–1:100 000. При этом проводится бурение мелких скважин глубиной до 30 м с опробованием керна или шлама для последующего анализа углеводородов, битумов и микробиологии. Главная задача этих работ — выделение перспективных объектов с подсчетом запасов.

Поисково-оценочные работы выполняются в масштабе 1:100 000–1:25 000 на площадях с аномальными характеристиками геохимических показателей, выявленных при втором цикле. Предусматривается бурение

геохимических или структурных скважин глубиной до 600 м с опробованием керна, шлама, бурового раствора. В этом случае дают рекомендации по выполнению глубокого поискового бурения.

Детальные геохимические работы производятся на завершающей стадии поискового этапа геологоразведочных работ на нефть и газ.

По данным В.А. Соколова [7] на 47 площадях были получены положительные газовые аномалии, на 36 из них были открыты в России нефтяные месторождения, а на трех были выявлены промышленные залежи нефти только по результатам газовой съемки. Результаты бурения на участках газовых аномалий свидетельствуют об открытии нефтяных и газовых месторождений в Тимано-Печорском регионе в устье Печоры. В зоне Юрьяхинско-Кумжинского вала открыта новая нефтегазонефтеносная провинция. Ряд месторождений нефти и газа выявлены в Куйбышевской, Пермской, Саратовской и Волгоградской областях и в других регионах с учетом данных по газовой съемке (метан, этан, пропан и другие тяжелые углеводороды).

В пределах Урала проходит глобальный кольцевой суперлинеament, который раскалывает земную кору на две половины (по меридиану 60°) и располагается до глубин сотни километров, что привело к формированию многочисленных региональных и локальных зон проницаемости. Это создало каналы к переносу огромного количества вещества и тепловой энергии из глубин земли [4]. Тепловая энергия привела к существенному палеопрогреву горных пород. Такие явления отразились на характере ртутных геохимических полей, что позволило построить карты легкоадсорбируемой и валовой ртути. Первые позволили выявить региональные зоны проницаемости, а вторые — зоны палеопрогрева горных пород. Совмещение указанных карт (лист О-40) в масштабе 1:1 000 000 позволило установить четкое пространственное совпадение ртутных аномальных зон с известными нефтегазовыми площадями, на которых выявлено 151 промышленное нефтегазовое месторождение. При этом 110 из них находятся в региональных и локальных зонах проницаемости и палеопрогрева.

Зоны и области палеопрогрева и современного прогресса благоприятны для образования нефтяных и газовых месторождений, т.к. как при этих процессах создаются необходимые условия для преобразования органического вещества в углеводороды. Все крупные месторождения нефти и газа в восточной части Баренцева моря приурочены к «термическому куполу», и на шельфе Западно-Арктических морей устанавливается единая тенденция связи крупных месторождений углеводородов с зонами повышенного прогресса [6].

В нефтях содержание ртути в 5–10 раз выше кларка, а в газах нефтяных и газовых месторождений концентрации паров ртути в 5–1000 раз больше, чем ее фон в почвенном и подпочвенном воздухе. Повышенные количества паров ртути, возгоняемые из газов и нефтей, фильтруются и диффундируют по трещинам и микротрещинам главным образом по направлению к поверхности Земли с момента образования месторождений и до их полного разрушения. При этом большая часть

паров ртути сорбируется перекрывающими отложениями, а оставшаяся идет на формирование окклюдированных и свободных ореолов рассеяния в окружающих породах, водах, подпочвенном пространстве, почвах и приземной атмосфере. Пары ртути в отличие от углеводородных газов химически более устойчивы. В силу высокого потенциала ионизации ртуть при гипергенных процессах стремится из любых соединений перейти в самородную. При этом она не уничтожается микроорганизмами как углеводороды. Большой атомный вес ртути, который в 12,5 раз выше, чем у метана приводит к концентрированию ее в почвенном и подпочвенном воздухе, несмотря на влияние атмосферы и метеоусловий. Плохая растворимость ртути в водах и хорошая сорбция горными породами препятствует ее интенсивному выносу из области источника. Газортутные ореолы выделяются на устойчивом фоновом поле и не зависят от типа горных пород. Аномальными источниками являются рудные месторождения, рудные поля, нефтяные и газовые месторождения, а также зоны глубинных разломов с площадями проницаемости и прогрева.

В ИМГРЭ и БГГЭ были разработаны атомно-абсорбционные приборы для измерения ртути в твердой и газовой фазе, в снежном покрове и водах с высокой чувствительностью измерений и достаточной точностью.

На Дружелюбовском газовом месторождении (Украина, Харьковская обл.) газовые залежи находятся на глубине 2000–2500 м, залегающая в осадочных отложениях карбона. В почвенном и подпочвенном воздухе, который откачивался с глубины 0,1–1 м, над газовыми залежами выявлены газортутные ореолы паров ртути интенсивностью 40–110 мг/л при фоне 10–20 мг/л. Через год наблюдения повторялись с достаточной точностью, интенсивность ореола увеличилась, т.к. прошли дожди, и поры в рыхлых образованиях были частично заблокированы влагой.

Огромные площади развития болот в Сибири и на Дальнем Востоке не могут быть опойсканы газортутным методом по почвенному воздуху из-за влияния влаги на результаты измерений. К тому же непроходимость дорог для транспорта не позволяет решить поисковую задачу. Поэтому были проведены работы в зимнее время по снежному покрову, из которого откачивался снежный воздух с глубин 0,6–0,8 м.

До полевых работ были проведены эксперименты. Для этого были расчищены площади от свежего снега и пройдены на них два шурфа глубиной 0,8 м. На дно этих шурфов была рассыпана равномерным слоем мелкодробленная киноварь мощностью 0,3 м. Содержание ртути в левом шурфе было 0,001, а в правом — 0,0008 %. После засыпки киновари суглинками мощностью 0,3 м шурфы были засыпаны свежим снегом мощностью 0,5 м. Измерения в снегу проводились по методике изучения почвенного воздуха. Исследования проводились в течение 2 месяцев через 2 дня. Большая пористость снежного покрова и отрицательный температурный градиент на границе раздела почва–снег, который уменьшает диффузию паров ртути и увеличивает

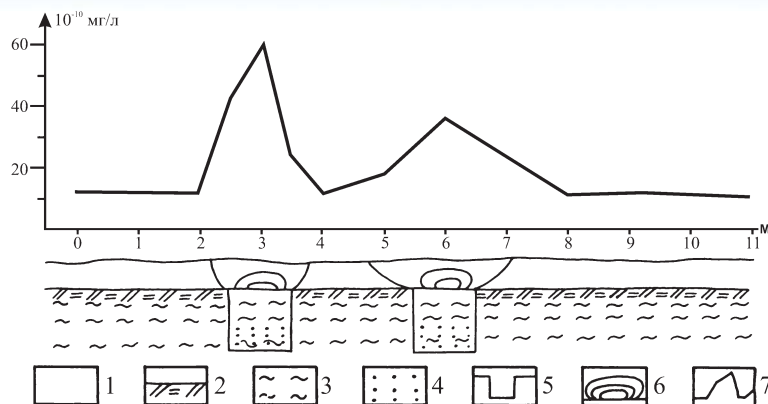


Рис. 1. Газортутные ореолы рассеяния в порах снега над шурфами с киноварью: 1 — снег; 2 — почвенно-растительный слой; 3 — суглинки; 4 — раздробленная киноварь; 5 — шурф; 6 — газортутные ореолы рассеяния в порах снега; 7 — график содержания паров ртути в порах снега

их поглощение снегом, приводит к обогащению пор ртутью, т.е. образованию газортутных ореолов, что изображено на рис. 1. При каждом измерении определялась температура приземной атмосферы, которая была минусовой и изменялась от 5 до 20 °С.

Средне-Ботуобинское газовое месторождение находится в 200 км к северу от г. Ленска. По данным О.Л. Драгунова, Л.И. Соколова и др. в структурном отношении месторождение представляет собой пологую брахиантиклиналь северо-восточного простираения размерами по кровле Ботуобинского горизонта 60×30 км и амплитудой 100 м. Промышленными являются терригенные и карбонатные отложения нижнего кембрия. Сводовая залежь подстилается нефтяной оторочкой. Брахиантиклиналь разбита нарушениями на ряд блоков, вертикально смещенных друг относительно друга на 5–17 м. Продуктивные отложения залегают на глубинах 1200–1800 м и содержат высокоминерализованные рассолы хлоридов кальция, магния — до 400 г/л с содержанием брома до 6 г/л. Газ в основном метановый — до 85–90 %.

Работы проводились на автомобиле ГАЗ-66, где была смонтирована аппаратура для измерений паров ртути в снежном покрове, приземной атмосфере, подпочвенном воздухе. Работы из-за большого снега проводились по профилям автозимников. На рис. 2 показаны результаты измерения паров ртути в снежном покрове по профилю VII, где четко фиксируется газовая залежь ореолом ртути малой интенсивности от 10 до 30·10⁻¹⁰ при фоне (3–5)·10⁻¹⁰ мг/л.

Важным поисковым индикатором может быть наличие аномальной ртути в подземных водах. На Средне-Тюнгской газоконденсатной площади (Якутия), где содержание атомарной ртути в водах скважин было равно (25–80)·10⁻⁸ при фоне (2–5)·10⁻⁸ мг/л.

ИМГРЭ совместно с институтом прикладной геофизики гидрометслужбы были выполнены аэрортутные исследования над месторождением Нефтяные Камни в Азербайджане на высоте 200 м с помощью ртутного газоанализатора ИМГРЭ-4, смонтированного на борту самолета ИЛ-14. На рис. 3 приведены графики паров ртути в приземной атмосфере над Каспийским морем

по двум маршрутам, которые пересекали месторождение. Аномалиями ртути в атмосфере интенсивностью $(5-7) \cdot 10^{-10}$ при фоне $(2-3) \cdot 10^{-10}$ мг/л отмечилось месторождение Нефтяные Камни и участки со следами нефти на поверхности моря. Аномальные концентрации могут быть обусловлены частично разливом нефти и частично миграцией паров ртути от месторождения через толщу воды в атмосферу.

ИМГРЭ и Тюменской комплексной геологоразведочной экспедицией на нефтяном Пальяновском месторождении были выполнены газортутные работы с измерением паров по почвенному воздуху путем откачки его с глубины 1–2 м через золотые сорбенты. На

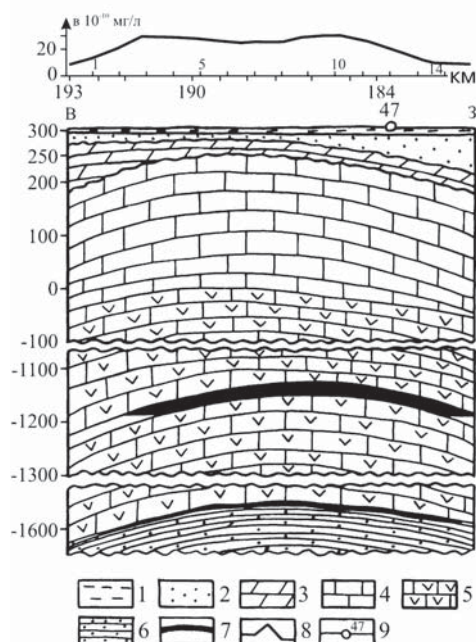


Рис. 2. Результаты газортутных наблюдений по профилю VII. Средне-Ботубинское газовое месторождение (Якутия): 1 — глины и суглинки, Q; 2 — песчаники, J₁; 3 — мергели, E₃; 4 — доломиты, E₂; 5 — доломиты с прослоями каменной соли, E₁; 6 — аргиллиты, E₁; 7 — газовая залежь; 8 — график содержания паров ртути в порых снега в 10^{-10} мг/л (1980 г., t снега $-14 \div -11^\circ\text{C}$); 9 — скважины.

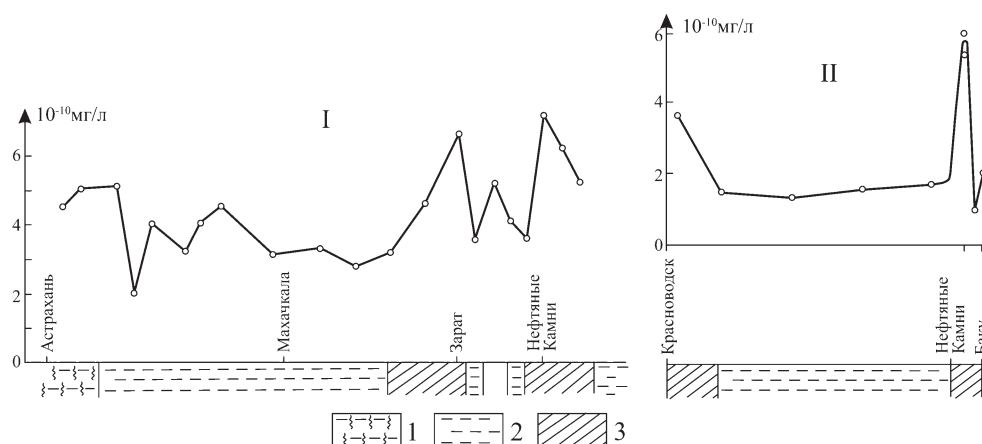


Рис. 3. Графики концентраций паров ртути в атмосфере в 10^{-10} мг/л над Каспийским морем (по Б.П. Абрамовскому и В.А. Ионову). I — измерения в августе 1974 г., II — измерения в июне 1975 г.: 1 — прибрежные водоросли; 2 — чистая поверхность моря; 3 — следы нефти на поверхности моря

каждой точке измерения проводились двукратно из независимых бурок. Нефтяная залежь месторождения перекрыта меловыми глинами и аргиллитами мощностью 2300–2500 м. Над залежью выявлены четыре прерывистые аномалии с концентрациями $(30-100) \cdot 10^{-10}$ при фоне $(5-10) \cdot 10^{-10}$ мг/л шириной 2–6 км. Прерывистость аномалий обусловлена неоднородной микротрещиноватостью перекрывающих пород. Контрольные измерения, выполненные через 2–5 дней показали удовлетворительную сходимость. Работы выполнялись при отрицательных температурах $-5 \div -8^\circ\text{C}$.

В Западной Сибири в районе Ханты-Мансийска на нефтяных крупных месторождениях Узень, Жетыбай (Мангышлак, Западный Казахстан) были проведены ртутнометрические исследования. На первом были отобраны литохимические пробы с глубины 0,8–1 м. В контуре нефтеносности были выявлены аномалии с концентрациями $(6-8) \cdot 10^{-6}$ при фоне $2 \cdot 10^{-6} \%$. На месторождении Жетыбай были изучены литохимические валовые пробы по керну скважин и пары ртути, извлеченные из керна путем дегазации с помощью вакуумирования. Газовые наложенные ореолы ртути в контуре нефтеносности (скважина К-IV) фиксируются с глубины до поверхности с концентрациями 25–350 при фоне 10 мг/л, а вне контура — с поверхности до глубины 100 м (К-III), что говорит о веерообразном характере ореолов. Литохимические наложенные ореолы находятся только в пределах контура нефтегазоносности с содержаниями $(6-25) \cdot 10^{-6}$ при фоне $(2-3) \cdot 10^{-6} \%$. Наибольшее их концентрирование начинается с глубины 200 м.

На крупном газовом месторождении Даулетабад в юго-восточной Туркмении вблизи границы с Ираном были выполнены измерения паров ртути в почвенном и приземном воздухе и отбор литохимических проб с глубины 0,5 м. Длина профиля 45 км, шаг наблюдений 1–2 км. Ртуть в атмосфере наблюдалась на высотах 0,7 и 2,2 м в движении и на стационарных точках. Аномальных концентраций паров ртути в почве и приземной атмосфере не выявлено. Ореолы легкоадсорбируемой наложенной ртути в эоловых песках установлены в виде трех широких прерывистых зон шириной 5–15 км с

содержаниями $(15-35) \cdot 10^{-10}$ при фоне $(6-8) \cdot 10^{-10} \%$. По валовым концентрациям наложенные литохимические ореолы ртути установлены только в двух точках интенсивностью $(4-5) \cdot 10^{-6}$ при фоне $(1-2) \cdot 10^{-6} \%$. Наличие наложенных легкоадсорбируемых литохимических ореолов в эоловых песках свидетельствует о постоянном потоке паров ртути от месторождения к поверхности, чему способствует сейсмическая активность региона. Однако этот поток недостаточен для формирования устойчивых валовых ореолов

при приземной, почвенной атмосфере и валовых литохимических ореолов в золотом песке.

Результаты исследований углеводородных и ртутных ореолов на газовых и нефтяных месторождениях свидетельствуют о возможности использования их при поисках месторождений нефти и газа с применением высокочувствительных методов анализа химических элементов и их соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бартоломей Н., Коломбо У. Основные аспекты геохимии нефти: Пер. с англ. — М.: Недра, 1970. — 385 с.
2. Германов А.И., Пантелеев В.Н., Швеиц В.Н. Генетические связи органического вещества и микрокомпонентов подземных вод. — М.: Недра, 1975. — 240 с.
3. Кудрявцев Н.А. Генезис нефти и газа. — М.: Недра, 1973. — 230 с.
4. Овчинников Л.Н. Полезные ископаемые и металлогения Урала. — М.: ИМГРЭ, 1998. — 77 с.
5. Недра России. — Т. 1. — СПб.–М., 2001.
6. Подгорных Л.В., Хугорской Н.Д., Грамберг И.С., Леонов Ю.Г. Трехмерная геотермическая модель Карского шельфа и прогноз нефтегазоносности // Докл. АН России. — 2001. — Т. 380. — № 2. — С. 228–232.
7. Соколов В.А. Геохимия природных газов. — М.: Недра, 1971. — 336 с.
8. Фурсов В.З. Ртуть — индикатор при геохимических поисках рудных месторождений. — М.: Недра, 1977. — 144 с.
9. Хант Д.Ж. Геохимия и геология нефти и газа. — М.: Мир, 1982. — 703 с.

© Фурсов В.З., 2015

Фурсов Василий Захарович // imgre@imgre.ru

УДК 543.062:546.59/92/98:546.08

Ваганов И.Н., Алексашкина А.С. (БГГЭ ФГУП «ИМГРЭ»)

НОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНО-СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В БРОНИЦКОЙ ГГЭ ПРИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ РАБОТАХ

*Интегрально-сцинтилляционный метод был разработан и внедрен в 2007 г. сотрудником Бронницкой геолого-геохимической экспедиции д.т.н. В.Н. Аполищким. В интегрально-сцинтилляционном методе используют периодическое накопление аналитических спектральных сигналов с временем этого накопления $> 0,001$ с. **Ключевые слова:** аналитические приборные комплексы, метод интегральной сцинтилляции, химико-спектральное определение золота.*

Vaganov I.N., Aleksashkina A.S. (BGGE IMGRE)

NEW INTEGRATED AND SCINTILLATION METHODS USED IN BRONNITSKAYA GGE AT REGIONAL GEOCHEMICAL WORKS

*Integral-scintillation method was developed and implemented employee Bronnitskaya Geology and Geochemistry of the expedition in 2007 — Ph. D. V.N. Apoliticism. In integral-scintillation method using periodic accumulation of analytical spectral signals with time, this accumulation is > 0.001 s. **Key words:** analytical instrument systems, method of integral scintillation, chemical-spectral determination of gold.*

При выполнении работ по интегрально-сцинтилляционному методу определения золота в Бронницкой геолого-геохимической экспедиции (БГГЭ) применяют стандартную пробоподготовку: переводение золота

в раствор смесью кислот — соляной и азотной, сорбции золота на активированном угле, его озоления и спектральном интегрально-сцинтилляционном анализе золы с фотоэлектрической регистрацией спектральных излучений [3].

В интегрально-сцинтилляционном методе используют периодическое накопление аналитических спектральных сигналов с временем этого накопления $> 0,001$ с. Расчет результатов анализа по спектральным линиям элементов с учетом фона и сортировки сигналов по соотношению аналитического сигнала к флуктуациям фона для каждого из накоплений сигнала создают условия для импульсного излучения атомов исследуемого материала. Исследуемое вещество вводят в источник возбуждения относительно большой порцией. В этом случае исследуемый материал задерживается на раскаленных концах электрода до полного его испарения в плазму и возникает импульс спектрального излучения. Улучшение соотношения «сигнал-шум», а значит, чувствительность анализа, зависит от длительности каждого периодического накопления спектральных сигналов и величины навески (массы) исследуемого материала, попадающей за этот период в плазму источника возбуждения. «Шум» растет значительно медленнее времени регистрации спектральных сигналов. Таким образом, улучшение соотношения «сигнал-шум» осуществляется увеличением самого спектрального сигнала за счет увеличения количества атомов определяемого элемента, т.е. за счет увеличения времени периодического накопления $> 0,001$ с. [1] (рис. 2, 3).

Спектр регистрируют на спектральном приборе со средней дисперсией: СТЭ-1, ДФС-458С, 461 (или большей дисперсией) с фотоэлектрической приставкой к спектрографу, позволяющей осуществлять фотоэлектрическую регистрацию аналитических спектральных линий и фона вблизи них. При интегрально-сцинтилляционной регистрации должна производиться прерывистая периодическая кратковременная регистрация спектрального излучения плазмы источника возбуждения спектров (периодическое синхронное накопление (интегрирование) аналитических сигналов за время



Рис. 1. Патент