УДК 550.46

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ПОИСКАХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В БАРЕНЦЕВОМ И КАРСКОМ МОРЯХ

М.А.ХОЛМЯНСКИЙ, *д-р геол.-минерал. наук, заведующий сектором, holm936@rambler.ru*
ВНИИОкеангеология им. И.С.Грамберга, Санкт-Петербург, Россия
С.П.ПАВЛОВ, *канд. геол.-минерал. наук, главный геофизик, sergeyp@mage.ru*
ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», Мурманск, Россия
О.Ф.ПУТИКОВ, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, oput@OP4130.spb.edu*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

Теоретически и экспериментально обосновано применение геоэлектрохимического метода ионоселективных электродов непрерывной (при движении судна) регистрации микрокомпонентов углеводородов – тяжелых металлов для поисков нефтегазовых залежей на шельфе. Экспериментально выявлено наличие «струйных» ореолов рассеяния в водной толще шельфа над нефтегазовыми залежами, а также описана разработанная аппаратура и методика ведения работ методом ионоселективных электродов для регистрации этих ореолов. Обосновано применение нового геоэлектрохимического метода для поисков в движении (без отбора проб) как структурных, так и неструктурных нефтегазовых залежей на шельфе.

***Ключевые слова*:** геоэлектрохимия, метод ионоселективных электродов, шельф, углеводороды.

Основной метод поисков нефтегазовых залежей – сейсморазведка позволяет выделить структуры, благоприятные для нахождения таких залежей. Определение наличия нефтегазовых залежей в этих структурах и поиски неструктурных залежей остаются нерешенными задачами. Однако положение изменилось после открытия группой исследователей (Ю.С.Рысс и др. [5]) неизвестного ранее явления – близвертикально вытянутых «струйных» ореолов рассеяния (в частности, тяжелых металлов – микрокомпонентов залежей углеводородов), несущих информацию о глубокозалегающих месторождениях. Изучен закон распространения струйных ореолов, получены приближенные [2, 6] и точные решения [4, 7] соответствующей системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Для регистрации указанных ореолов используют геоэлектрохимические методы (частичного извлечения металлов, диффузионного извлечения, переходных (металлоорганических) форм, термомагнитный геохимический) [2-4]. Имеется ряд примеров на суше, когда структуры, выделенные по данным этих методов как нефтегазоносные или «пустые», оказались таковыми и после проверочного бурения [1].

При работе на шельфе отбор проб донных отложений для реализации упомянутых геоэлектрохимических методов требует остановки судна, что замедляет и удорожает исследования. Авторами был предложен и теоретически обоснован для поисков нефтегазовых залежей на шельфе геоэлектрохимический метод ионоселективных электродов [3], позволяющий производить геохимическую съемку при движении судна (без отбора проб). Условия работ на шельфе неизмеримо хуже: влияют разбавление концентраций металлов в 100-1000 раз по сравнению с работами на суше, а также турбулентное перемешивание вод и морских течений [3].

В 2010 г. с участием Морской арктической геологоразведочной экспедиции были выполнены опытные работы над известными газоносными структурами – Русановской и Ле-

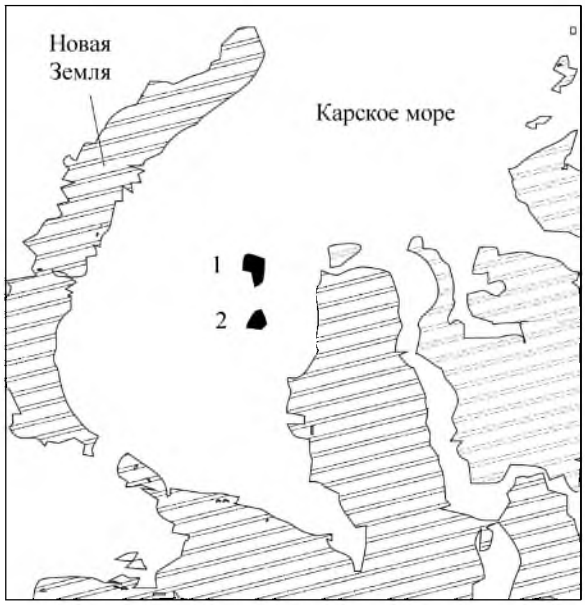


Рис.1. Обзорная схема района работ
1 – Русановская структура, 2 – Ленинградская структура

нинградской в Карском море (рис.1). Глубина моря здесь колеблется в пределах 50-150 м. Во время работ волнение моря составляло 1-2 балла.

Выполнены следующие виды работ:

– геоэлектрохимическое профилирование методом ионоселективных электродов на свинец, медь и серу с непрерывным измерением активности (концентрации ионов) указанных элементов, в том числе четыре профиля на Русановской структуре (рис.2, *а*) и шесть профилей на Ленинградской структуре (рис.2, *б*); глубина транспортировки электродов в водной толще составила 40-50 м;

– отбор проб воды (по три пробы на каждой станции – дно, середина разреза водной толщи, поверхность моря) и донных осадков (также по три пробы, глубины 0-1, 1-2 и 2-3 см) на шести станциях на Русановской структуре (рис.2, *а*) и на шести станциях на Ленинградской структуре (рис.2, *б*).

По результатам работ следует отметить, что проекции краевых зон газоносных залежей отмечаются максимумами активностей ионов свинца, иногда – меди. На Ленинградской структуре аномалии менее выражены. Возможно, из-за малых размеров Ленинградской залежи два краевых максимума концентрации ионов сливаются в один максимум над центром залежи по свинцу и по меди. Элементный состав аномалий напрямую связан с составом и количеством микрокомпонентов, встречающихся в углеводородах, и отличается в различных районах работ.

Кроме того, имеются неоднородности распределения металлов по глубине, концентрация свинца и меди в воде возрастает при приближении ко дну моря. Это указывает на глубинный источник аномалий, не связанный с поверхностным загрязнением вод. Результаты анализа проб воды с поверхностного, срединного и придонного горизонтов водной толщи на точках I, II, III (рис.2) Русановской структуры представлены на графике (рис.3). Положение точки II соответствует проекции контура залежи на уровень измерений и отмечается максимумом концентрации в соответствии с теоретическими выкладками, указанными в работе [2].

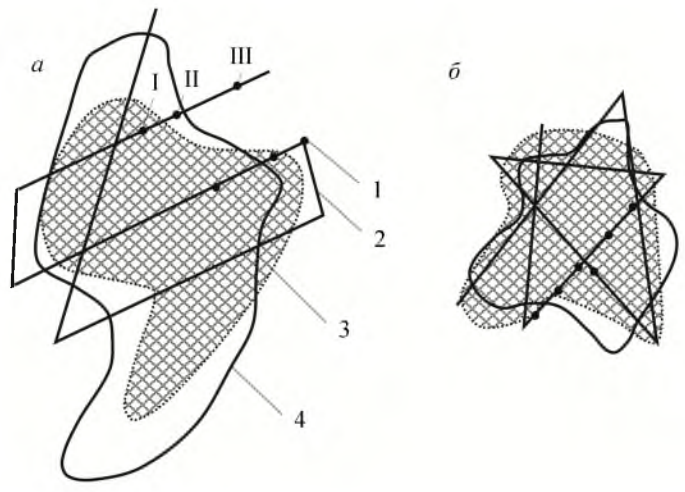


Рис.2. Карта-схема интерпретации результатов профильных электрохимических измерений в районе Русановской (*а*) и Ленинградской (*б*) структур
1 – точки отбора проб воды и донных отложений; 2 – профили наблюдения; 3 – контуры аномалий, выявленных геоэлектрохимическим методом; 4 – контуры газоносных структур

Анализ распределения концентрации металлов в пробах донных осадков подтверждает сделанные выводы о глубинности источника аномалий.

Таким образом, опытными работами в 2010 г. над известными газоносными структурами в Карском мо-

ре – Русановской и Ленинградской – установлено как наличие аномалий концентраций свинца и меди в морских водах над краевыми частями залежей, так и увеличение концентраций этих металлов с приближением к морскому дну.

Это позволило в 2011 г. с разработанной аппаратурой «СПРУТ-М» выполнить геоэлектрохимическое профилирование (Cu, Pb, S) на перспективной площади вала Минина в Карском море. Отработаны Воронинская (560 км профилей) и Обручевская структуры (708 км профилей и пять станций отбора проб воды и донных осадков). Глубина транспортировки ионоселективных датчиков в водной толще составляла 5-15 м. Диапазон измерения постоянных и медленно меняющихся напряжений равен 0,1-2000 мВ.

Установлено значительное сползание «нулевой» линии измеряемых потенциалов (например, на Воронинской структуре для меди изменение «нулевого» потенциала составило 100 мВ), в связи с чем за условную нулевую линию принята линия «тренда». На структуре Обручевской «сползание» нуля менее значительно.

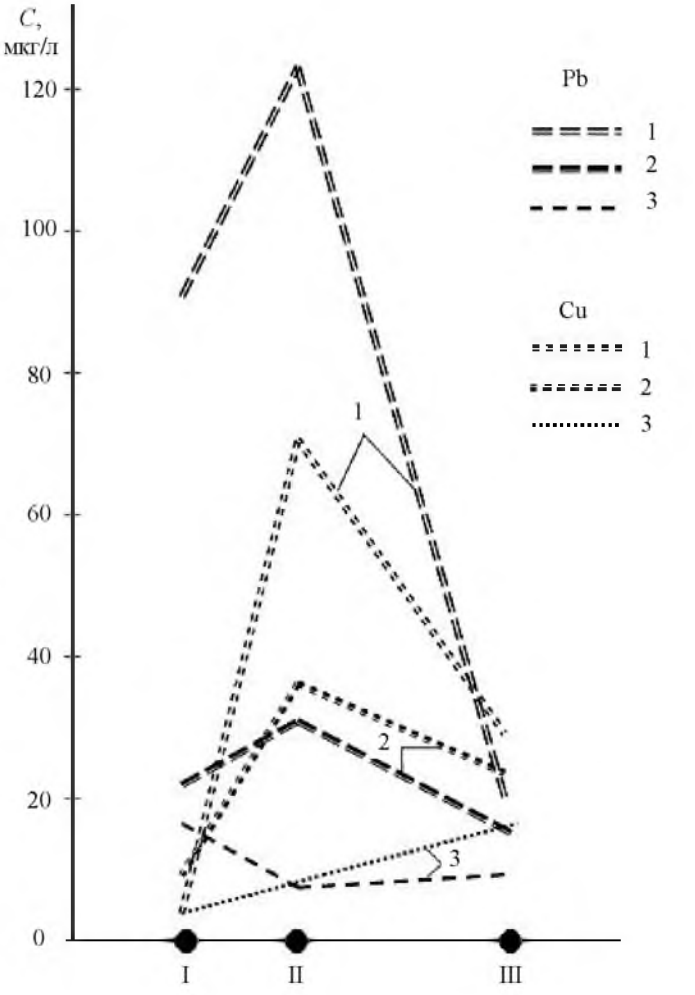


Рис.3. Результаты анализа проб воды с придонного (1), срединного (2) и поверхностного горизонтов водной толщи на точках I-III Русановской структуры

Получены близкольцевые аномалии распределения свинца и серы, что, по аналогии с аномалиями, наблюдаемыми над залежами углеводородов на суше, позволяет сделать вывод о наличии залежей в обеих этих структурах.

Таким образом:

1) экспериментально показано наличие «струйных» ореолов рассеяния в водной толще шельфа над нефтегазовыми залежами;

2) разработана и опробована аппаратура и методика геоэлектрохимического метода ионоселективных электродов для регистрации этих ореолов.

Другими словами, обосновано применение нового геоэлектрохимического метода для поисков как структурных, так и неструктурных нефтегазовых залежей на шельфе в процессе движения судна (без отбора проб).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Путиков О.Ф.* Геоэлектрохимия: Учеб. пособие / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. 101 с.

2. *Путиков О.Ф.* Основы теории нелинейных геоэлектрохимических методов поисков и разведки / Санкт-Петербург. горный ин-т (технический ун-т). СПб, 2009. 534 с.

3. *Путиков О.Ф.* Поиски нефтегазовых месторождений на шельфе геоэлектрохимическими методами изучения водной толщи / О.Ф.Путиков, М.А.Холмянский, Н.А.Касьянкова // Доклады Академии наук. 2008. Т.423. № 4. С.530-532.

4. *Путиков О.Ф.* Точное решение системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных теории геоэлектрохимических методов / О.Ф.Путиков, Н.П.Сенчина // Доклады Академии наук. 2015. Т.463. № 2. С.213-215.

5. Струйная миграция вещества в образовании вторичных ореолов рассеяния / Ю.С.Рысс, И.С.Гольдберг, С.Г.Алексеев, А.С.Духанин // Доклады Академии наук. 1987. Т.297. № 4. С.956-958.

6. Условия формирования естественного электрического поля (ЕП) на месторождениях силикатного никеля кор выветривания / О.Ф.Путиков, В.Г.Лазаренков, И.В.Таловина, Н.П.Сенчина // Записки Горного института. 2013. Т.200. С.81-86.

7. *Putikov O.F.* Precise Solution of the System of Nonlinear Differential Equations in Partial Derivatives of the Theory of Geoelectrochemical Methods / O.F.Putikov, N.P.Senchina // Doklady Earth Sciences. 2015. Vol.463. Part 1. P.726-727.

REFERENCES

1. *Putikov O.F.* Geoelektrokhimiya (*Geoelectrochemistry*): Natsional'nyi mineral'no-syr'evoi universitet «Gornyi». St Petersburg, 2013, p.101.

2. *Putikov O.F.* Osnovy teorii nelineinykh geoelektrokhimicheskikh metodov poiskov i razvedki (*Fundamentals of the theory of nonlinear geoelectrochemical methods of exploration*). St Petersburg. gornyi in-t (tekhnicheskii un-t). St Petersburg, 2009, p.534.

3. *Putikov O.F., Kholmyanskii M.A., Kas'yankova N.A.* Poiski neftegazovykh mestorozhdenii na shel'fe geoelektrokhimicheskimi metodami izucheniya vodnoi tolshchi (*Prospecting of oil and gas deposits on the shelf using geoelectrochemical methods of water column investigation*) Doklady Akademii nauk. 2008. Vol.423. N 4, p.530-532.

4. *Putikov O.F., Senchina N.P.* Tochnoe reshenie sistemy nelineinykh differentsial'nykh uravnenii v chastnykh proizvodnykh teorii geoelektrokhimicheskikh metodov (*The precise solution of nonlinear differential equations in partial derivatives of the geoelectrochemical methods theory*). Doklady Akademii nauk. 2015. Vol.463. N 2, p.213-215.

5. *Ryss Yu.S., Gol'dberg I.S., Alekseev S.G., Dukhanin A.S.* Struinaya migratsiya veshchestva v obrazovanii vtorichnykh oreolov rasseyaniya (*Jet agent migration in the formation of secondary halos*). Doklady Akademii nauk. 1987. Vol.297. N 4, p.956-958.

6 *Putikov O.F., Lazarenkov V.G., Talovina I.V., Senchina N.P.* Usloviya formirovaniya estestvennogo elektricheskogo polya (EP) na mestorozhdeniyakh silikatnogo nikelya kor vyvetrivaniya (*Conditions of natural electric field formation at the silicate nickel deposits of weathering crust*). Zapiski Gornogo instituta. 2013. Vol.200, p.81-86.

7. *Putikov O.F., Senchina N.P.* Precise Solution of the System of Nonlinear Differential Equations in Partial Derivatives of the Theory of Geoelectrochemical Methods. Doklady Earth Sciences. 2015. Vol.463. Part 1, p.726-727.

APPLICATION OF THE GEOELECTROCHEMICAL METHOD FOR PROSPECTING OF OIL AND GAS DEPOSITS IN THE BARENTS AND KARA SEAS

M.A.KHOLMYANSKII, *Dr. of Geological & Mineral Sciences, Head of Sector, holm936@rambler.ru*
VNIIOkeangeologia named after I.S.Gramberg, St Petersburg, Russia
S.P.PAVLOV, *PhD in Geological & Mineral Sciences, Chief Geophysicist, sergeyp@mage.ru*
OJSC «Marine arctic geological expedition», Murmansk, Russia
O.F.PUTIKOV, *Dr. of Geological & Mineral Sciences, Professor, oput@OP4130.spb.edu*
National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

The use of the geoelectrochemical method of ion-selective electrodes for continuous recording of hydrocarbon micro-components – heavy metals – during the vessel movement to search for oil and gas deposits on the shelf is justified theoretically and experimentally. The existence of «jet» halos in the water column above the shelf oil and gas deposits is discovered experimentally and the method of geoelectrochemical ion-selective electrodes as well as the developed instrumentation for recording these halos is described. The application of a new geoelectrochemical method for prospecting in motion (without sampling) both structural and non-structural oil and gas deposits on the shelf is justified.

***Key words*:** geoelectrochemistry, method of ion-selective electrodes, shelf, hydrocarbons.