УДК 550.849

Н.А.КАСЬЯНКОВА
Геолого-разведочный факультет, аспирантка кафедры
геофизических и геохимических методов поиска
и разведки месторождений полезных ископаемых
Т.В.ЛАВРЕНОВА
Геолого-разведочный факультет, студентка группы РФ-97

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУЙНЫХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ

Основной метод поиска нефтегазовых месторождений шельфа – сейсморазведка. Применение недорогих геохимических методов поисков углеводородов направлено на изучение донных осадков и придонных вод и приводит к выявлению большого числа ложных аномалий, связанных с деятельностью метанпродуцирующих бактерий. Геоэлектрохимические методы, основанные на изучении распределения в горных породах подвижных и вторично закрепленных форм нахождения тяжелых металлов, так называемых струйных ореолов рассеяния, широко применяются при поисках и изучении глубокозалегающих рудных и нефтегазовых месторождений суши. Есть пример успешного применения геоэлектрохимических методов на шельфе Балтийского моря – сотрудниками ВИРГ-Рудгеофизика получены контрастные геоэлектрохимические аномалии при изучении донных проб над нефтяным месторождением Ладушкинское. Отбор донных проб более трудоемок, чем изучение состава жидкой фазы, и требует больших финансовых вложений. Поэтому интересным направлением для поисков нефтегазовых месторождений шельфа может стать включение в комплекс геофизических методов геоэлектрохимических методов, изучающих струйные ореолы рассеяния непосредственно в водной толще. Работа посвящена рассмотрению возможностей применения геоэлектрохимических методов поисков нефтегазовых месторождений шельфа при отборе проб (или без отбора проб – в жидкой фазе можно определять концентрацию подвижных форм металлов in situ) из средней или верхней толщи воды шельфа. В основу положена упрощенная модель формирования струйного ореола над нефтегазовой залежью в водной толще, разработанная проф. О.Ф.Путиковым. Рассмотрены результаты численного моделирования струйного ореола на шельфе.

The main method of prospecting for oil and gas deposits on shelf is seismography. The aim of application of inexpensive geochemical prospecting methods for hydrocarbons is to study bottom sediments and bottom waters. This application leads to revealing a great number of false anomalies, dealing with the activity of methane-producing bacteria. Geoelectrochemical methods based on the study of distribution of active and secondary stable forms of existence of heavy metals in rocks (so called stream haloes of dispersion) are widely adopted when searching and studying ore deposits and oil and gas fields, occurring at depth. There is an example of successful application of geoelectrochemical methods on the Baltic Sea shelf- the scientists of VIRG-RUDGEOFISIKA obtained contrast geo electrochemical anomalies while studying the bottom samples above Ladushkinskoe oil field. Bottom sampling is more labour consuming than the study of the composition of liquid phase and demands huge financial investments. So, inclusion of geoelectrochemical methods that study stream haloes of dispersion within water mass, into the complex of geophysical methods may become an interesting direction in searching for oil and gas fields on shelf. The paper is devoted to the possibility of application of geoelectrochemical prospecting methods for oil and gas shelf deposits when collecting samples from middle and upper level of water mass within the shelf, or without sampling- in liquid phase it is possible to determine the concentration of active forms of metals in situ. The basis of this paper is a simplified model of forming of stream haloes above the oil and gas deposit in water mass, worked out by Putikov O.F. The results of numerical modelling of stream haloes on the shelf are discussed.

Геоэлектрохимические методы применяются при поисках и изучении глубокозалегающих рудных и нефтегазовых месторождений. Геоэлектрохимические методы основаны на изучении распределения в горных породах подвижных и вторично закрепленных форм нахождения тяжелых металлов, образующих так называемые струйные

ореолы рассеяния. Для рудных и нефтегазовых месторождений суши проф. О.Ф.Путиковым разработаны физико-геологическая и физико-математические модели формирования струйных ореолов рассеяния. В основу этих моделей положен механизм квазиконвективного вертикально вверх направленного переноса подвижных форм металлов региональным потоком газовых пузырьков. В результате численного моделирования струйных ореолов показано, что основное влияние на форму струйных ореолов оказывает параметр – отношение скорости вертикальной квазиконвекции и удвоенному коэффициенту диффузии подвижной формы металла в горных породах. Как показано обширными полевыми геоэлектрохимическими исследованиями, геоэлектрохимические аномалии над нефтегазовыми месторождениями имеют кольцевую форму, максимумы аномалий примерно соответствуют проекции контура нефтегазовой залежи на дневную поверхность.

Основной метод поиска нефтегазовых месторождений шельфа – сейсморазведка. Применение геохимических методов направлено на изучение донных осадков и придонных вод. Есть пример успешного применения геоэлектрохимических методов – сотрудниками ВИРГ-Рудгеофизика получены контрастные геоэлектрохимические аномалии при изучении донных проб над месторождением на шельфе Балтийского моря. Отбор донных проб более трудоемок, чем изучение состава верхних слоев воды, и требует больших финансовых вложений. Поэтому интересным направлением для поисков нефтегазовых месторождений шельфа может стать включение в комплекс геофизических методов геоэлектрохимических методов, изучающих струйные ореолы рассеяния непосредственно в водной толще, а не в придонной зоне.

Работа посвящена рассмотрению возможностей применения геоэлектрохимических методов поисков нефтегазовых месторождений шельфа при отборе проб (или без отбора проб – в жидкой фазе можно определять концентрацию подвижных форм металлов in situ) из средней или верхней толщи воды шельфа. В основу положена упрощенная модель формирования струйного ореола над нефтегазовой залежью в водной толще, разработанная проф. О.Ф.Путиковым. Основное отличие струйных ореолов суши и шельфа заключается в наличии течения воды, которое должно приводить к смещению струйных ореолов от своего источника – нефтегазовой залежи – по течению воды. Согласно проф. О.Ф.Путикову, диффузионно-конвективное стационарное уравнение для концентрации C подвижных форм металла в морских водах можно написать в виде:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial z^2}+\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}+ \\ +\frac{\partial^2 C}{\partial y^2}-\frac{v}{D}\frac{\partial C}{\partial z}-\frac{u}{D}\frac{\partial C}{\partial x}-\frac{\chi}{D}C=0, \qquad (1)$$

где D – коэффициент диффузии подвижной формы в морской воде; χ – коэффициент поглощения подвижной формы в морской воде; u – скорость течения воды; v – скорость квазиконвекции; x, y и z –декартовые координаты.

Так как скорость квазиконвекции v больше коэффициента диффузии D, то влиянием диффузии в вертикальном направлении вдоль оси z можно пренебречь (в первом приближении); примем $\frac{\partial^2 C}{\partial z^2}=0$. Согласно квазиконвективной модели, источником подвижных форм металла является кольцевая зона – граница залежи и околонефтяных вод. Для первой оценки можно рассмотреть точечный источник подвижных форм металла. Интегрированием решения задачи распределения подвижных форм металла для точечного источника по контуру залежи может быть получено распределение концентрации для всей залежи.

Наличие точечного источника может быть учтено граничным условием:

$$vC\big|_{z=0}=Q\delta(x)\delta(y), \qquad (2)$$

где Q – мощность точечного источника подвижных форм металла; $\delta(z)$ – дельта-функция, определяемая соотношениями:

$$\delta(\alpha)=\begin{cases}\infty, \alpha = 0\\ 0, \alpha \neq 0\end{cases};$$

$$\int_{-\infty}^{\infty}\delta(\alpha)d\alpha = 1. \quad (3)$$

Решение уравнения (1) при условии (2) и нулевых граничных условиях:

$$C = \frac{Q}{4\pi}\frac{v}{Dz}e^{-\frac{\chi}{v}z}e^{-\frac{v}{4Dz}\left(\frac{u}{v}z-x\right)^2}e^{-\frac{vy^2}{4Dz}}. \quad (4)$$

На основании численных расчетов (4) были сделаны следующие выводы:

1. Большое влияние на формирование струйных ореолов на шельфе оказывает скорость течения воды. Хотя величина скорости течения меняется как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, в модели, которая является первым приближением струйного ореола, достаточно рассмотреть некоторую среднюю величину скорости течения. Расчеты показывают, что при больших значениях скорости течения (соответствующих верхней толще воды) струйный ореол будет отнесен от своего источника на значительное расстояние по горизонтали (более $n = n \cdot 10$ км), что ограничивает возможности применения геоэлектрохимических методов.

2. Чем меньше смещение струйного ореола от своего источника, тем более информативны данные геоэлектрохимических исследований, и наоборот, при значительных смещениях применение геоэлектрохимических методов вообще теряет смысл. Поэтому важно определить возможности применения геоэлектрохимических методов на шельфе. Глубинность геоэлектрохимических методов, определяемая толщиной слоя воды между дном акватории и плоскостью измерений, зависит от величины смещения струйного ореола по течению воды. Расстояние, на которое сносит ореол течением, пропорционально толщине промежуточного слоя воды z. Основным параметром, регулирующим величину этого сноса, является отношение скорости квазиконвекции к скорости течения. Скорости течения вод – известны. Имеются оценки скорости квазиконвекции для суши. Но для дальнейшего обоснования применения геоэлектрохимических методов на шельфе нужны оценки величины скорости квазиконвекции в воде.

Научный руководитель профессор, д.г.-м.н. *О.Ф.Путиков*