

ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ РЕШЕНИИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Шигаев В.Ю.

СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Саратов

Изложены результаты решения прикладных задач геоэлектрохимическим методом. Полученные данные позволяют прогнозировать нефтегазоносность выявленных сейсморазведкой локальных объектов, используя в качестве эталонных результаты исследований на известных месторождениях. Взаимодействие с полем постоянного электрического тока вязкопластичных промышленных отходов приводит к изменению их состава и улучшению прочностных свойств. Важными при решении геоэкологических задач являются результаты картирования зон техногенного загрязнения. По результатам выполненных исследований показана практическая ценность геоэлектрохимического метода изучения геологической среды.

Ключевые слова: геоэлектрохимические исследования, прогноз нефтегазоносности, постоянный электрический ток, физико-химические изменения, электроукрепление, картирование техногенных загрязнений.

Анализ научной литературы показывает, что геоэлектрохимические методы развиваются по трём основным направлениям (О.Ф. Путиков, 2008):

1. Поиски и разведка полезных ископаемых.
2. Техническая мелиорация и формирование искусственных грунтов.
3. Геоэкологические исследования.

Общим для всех направлений является преобразование геологической среды при взаимодействии ее с полем постоянного электрического тока. В процессе электрохимических реакций в горных породах (в особенности в непосредственной близости от электрода) происходят качественные и количественные изменения физико-химических свойств (В.С. Кублановский, А.В. Городинский и др. 1978; Ю.С. Рысс, 1983). Эти изменения фиксируются, главным образом, в виде аномального содержания подвижных форм микроэлементов в изучаемом материале и образования горных пород с изменёнными физико-химическими свойствами.

В основе лабораторных вариантов способов геоэлектрохимического прогнозирования нефтегазоносности (Патент 2178189 РФ, Патент 2416115 РФ) лежит признание вертикальной миграции углеводородов (УВ), скорость которой достигает нескольких сотен метров за млн. лет (С.Г.Неручев, С.В.Смирнов, 2007). Отложения нефтегазоносных структур характеризуются, как правило, щелочной, либо нейтральной обстановкой ($\text{pH} \geq 7$) (А.И Перельман, 1975; В.Ю. Шигаев, 2011). В этом случае хорошо растворяются и легко мигрируют $\text{Mn} (4^+)$; $\text{Cr} (6^+)$; $\text{V} (5^+)$ и другие элементы. Такие как $\text{Ba} (2^+)$; $\text{Cu} (2^+)$; $\text{Zn} (2^+)$ и другие весьма подвижны при $\text{pH} \leq 6$. В щелочной среде миграция многих из этих элементов затруднительна, поэтому в этих условиях они обладают способностью к накоплению и образуют вторичные ореолы рассеяния, представляющие собой аномальную зону, совпадающую в плане с контуром нефтегазоносности или окаймляющую залежь. Следствием миграции УВ является так же изменение физико-химической обстановки в надпродуктивной толще (В.Ю. Шигаев, 2007, 2011).

Для примера остановимся на результатах, полученных автором на Алексеевско-Заветном участке, который расположен в западной части Степновского сложного вала, входящего в состав Рязано-Саратовского прогиба. Алексеевская структура представляет собой комбинированную ловушку, образованную антиклинальной складкой и ограниченную разрывными нарушениями. Нефтяная залежь приурочена к воробьевским отложениям среднего девона. Геоэлектрохимические работы проводились с целью оценки влияния залежей УВ на электрохимические показатели на Алексеевском месторождении и последующего прогноза нефтегазоносности на Заветной структуре, выявленной сейсморазведкой и расположенной севернее. По результатам работ были построены схемы распределения исходной суммарной концентрации микроэлементов Mn , Ni , V , Pb , Ti , Cu , обнаруженных в почвенных образцах (рис. 1а), а так же комплексного геоэлектрохимического параметра K_n (рис 1б) (В.Ю. Шигаев, 2012).

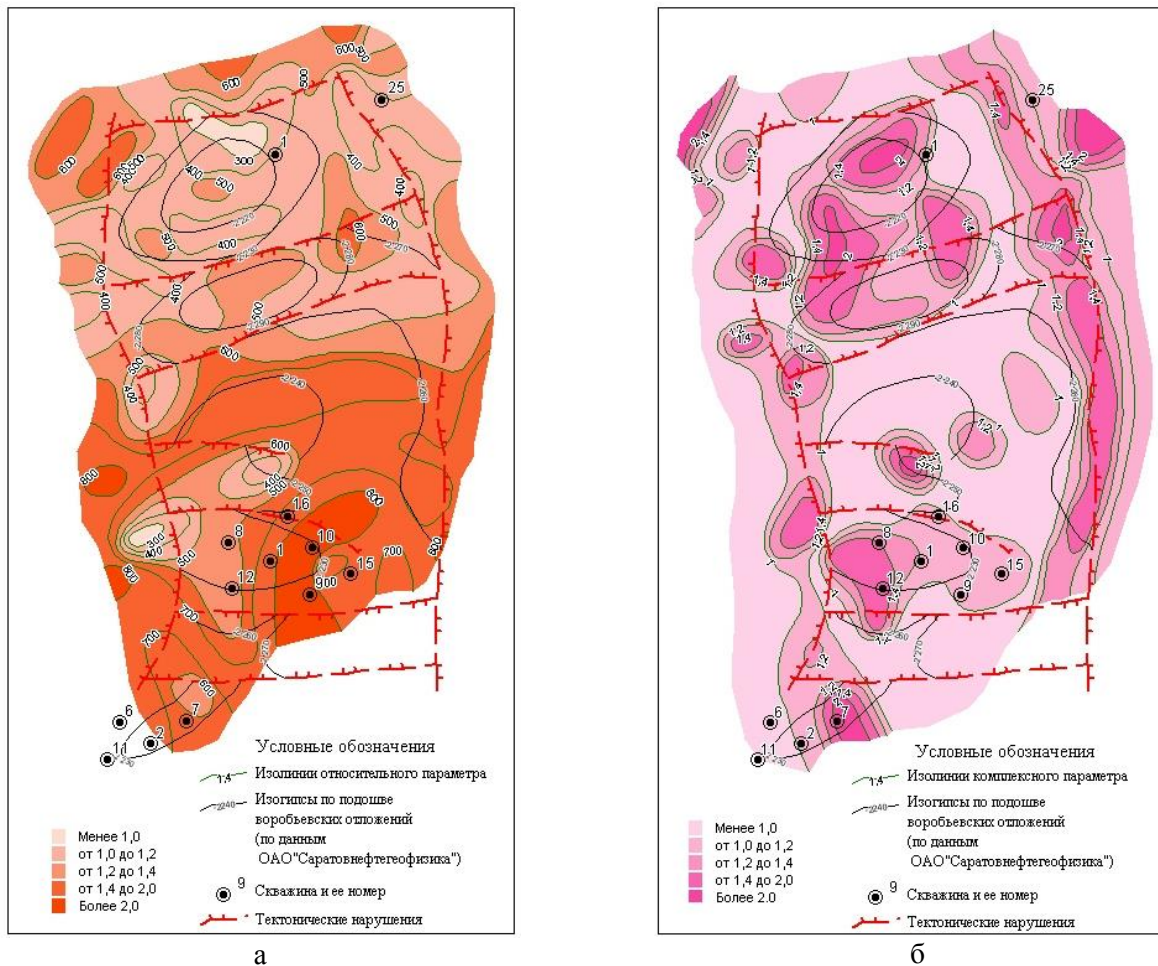


Рис. 1. Алексеевско - Заветный участок. Схемы распределения: суммы исходных концентраций всех элементов (а), комплексного параметра (б).

Анализ материала показал отсутствие совпадения аномалий $C_{исх}$ с контуром нефтеносности на Алексеевском месторождении и мозаичный характер распределения $C_{исх}$ на Заветной структуре. Значения $K_{п}$ изменяются в пределах от 0,5-0,7 до 2,0-3,0 отн. ед. и более. Максимальные значения $K_{п}$ характерны для тектонических нарушений. Непосредственно Алексеевскому месторождению соответствует кольцевая аномалия повышенных значений $K_{п}$ с амплитудой 1,2 - 1,4 отн. ед. Непосредственно Заветная структура характеризуется серией из трех аномалий повышенных значений $K_{п}$, амплитудой 2 и более отн. ед. Все три аномалии практически совпадают с поднятием по pD_2^{vb} и образуют единую зону повышенных $K_{п}$. Отметим, что скважина 1 Заветная пробурена северо-восточнее геоэлектрохимической аномалии и находится в неблагоприятных условиях, ее следовало бы переместить в юго-западном направлении на 700 м. Данный вывод был сделан до бурения скважины.

Примером геоэлектрохимических исследований, изучающих физико-химическую обстановку в зоне УВ насыщения, являются работы на Вольновском месторождении нефти. Контролирующими факторами при этом являются окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и концентрация водородных ионов (pH) (А.В. Петухов, 1989). Изучаемое месторождение приурочено к локальному поднятию, осложняющему юго-западный борт Карамышской впадины, входящий в состав Рязано-Саратовского прогиба. Нефтяная залежь приурочена к бобриковским отложениям нижнего карбона. Результирующие материалы представлены на рис. 2 в виде схем распределения по площади $pH_{исх}$ и $K_{овп}$ (В.Ю. Шигаев, 2012). По распределению $pH_{исх}$ (рис. 2а) отмечается факт неоднозначного отражения контура нефтеносности. Наиболее четко аномалийные зоны фиксируются на карте $K_{овп}$, главным элементом которой является кольцевая аномалия повышенных значений этого параметра до 5-7 отн. ед., окаймляющее месторождение (рис 2б).

Другим важным направлением геоэлектрохимических исследований является решение геоэкологических и инженерно-геологических проблем. Для примера рассмотрим возможности геоэлектрохимических методов при управлении физико-химическими свойствами вязкопластичных

промышленных отходов промышленных производств. Предотвращение миграции вредных веществ, содержащихся в отходах, устранение или ограничение их влияния на окружающую среду, является важной и актуальной задачей. С целью исследования преобразований вязкопластичных промышленных отходов, составной частью которых являются глинистые породы, автором были отобраны экспериментальные образцы из прудов-накопителей ОАО «Саратоворгсинтез» (г. Саратов).

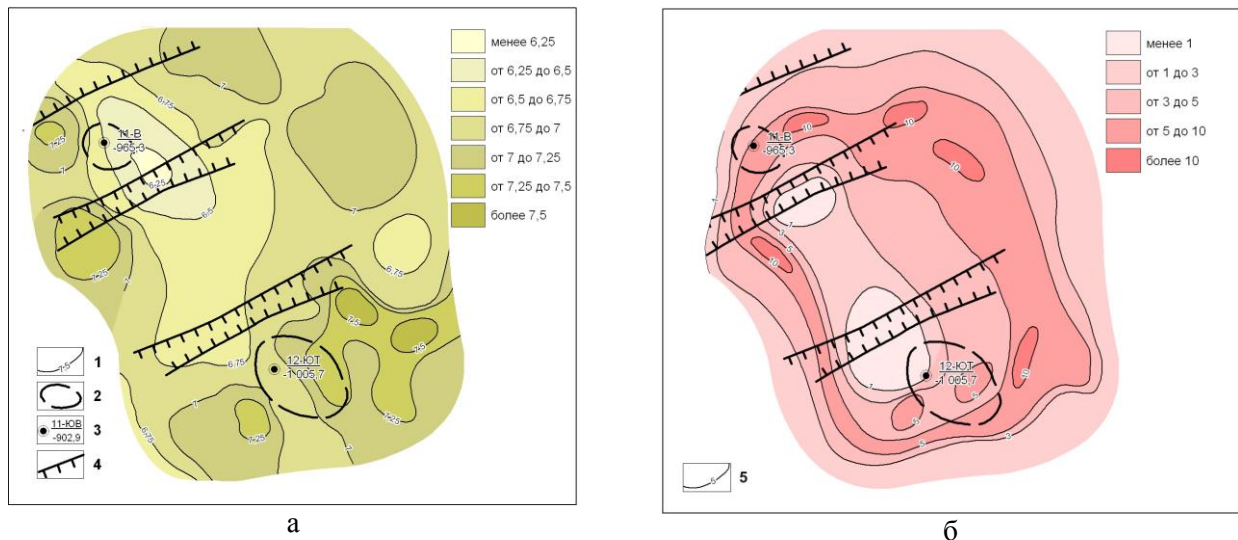


Рис. 2. Вольновская площадь. Схемы распределения $rN_{исх}$ -а; $K_{овп}$ -б. Условные обозначения: 1-изолинии $rN_{исх}$; 2-схематическое положение ловушки; 3-скважины; 4-граница зоны отсутствия коллекторов; 5-изолинии $K_{овп}$.

Наложение знакопеременного постоянного электрического поля с использованием алюминиевых электродов проводится по запатентованной методике (Патент 2236314 РФ) и ведет к связыванию глинистых частиц. Образцы характеризуются развитием вторичного кальцита и гипса, процесс образования которых при прохождении электрического тока определяет уплотнение породы. Изменению вещественного состава вязкопластичных промышленных отходов сопутствует существенный рост прочностных свойств. В ходе эксперимента прочностные свойства литифицируемой среды замерялись с помощью прибора Вика, предназначенного для определения времени схватывания тампонажных растворов при цементировании скважин. Глубина погружения иглы прибора является косвенным показателем степени увеличения прочностных свойств вязкопластичных промышленных отходов. Пропускание электрического тока без введения коагулирующих добавок, в течении 6 часов привело к повышению прочности литифицируемого материала вблизи электродов в 2,8 – 3,3 раза, а в средней части – в 2,5 раза (рис. 3а). Введение в качестве коагулянта цетилпиридиния хлорида повышает прочность в 10-20 раз во всем литифицируемом объеме (рис. 3б).

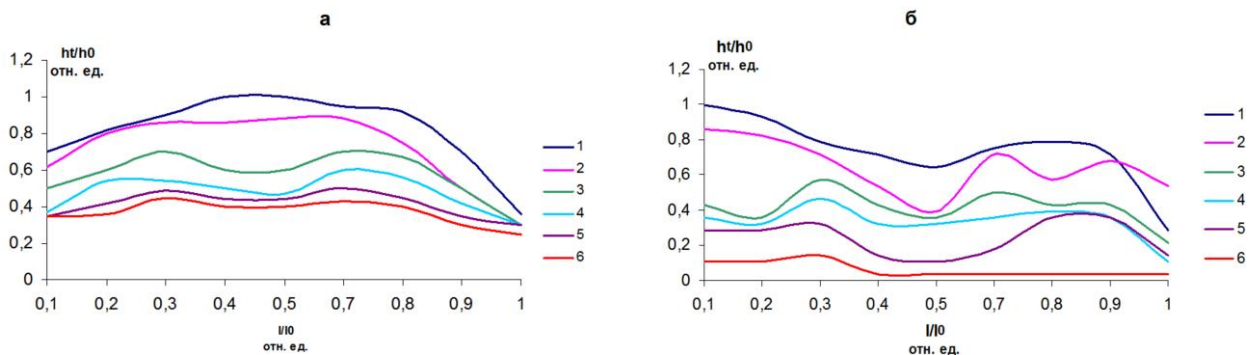


Рис. 3. Изменение прочностных свойств вязкопластичных промышленных отходов при электрообработке: а – без введения коагулирующих добавок, б – с использованием в качестве коагулянта цетилпиридиния хлорида. Шифр кривых – время пропускания электрического тока (ч).

На рисунке 3 по оси абсцисс отложен параметр l/l_0 , где l_0 - расстояние между электродами; l - расстояние от катода до места замера, по оси ординат - параметр h_i/h_0 , где h_0 - глубина погружения

иглы прибора в исходном образце, h_i - глубина погружения иглы прибора в том же образце после пропускания электрического тока.

Важным направлением геоэлектрохимических исследований является картирование техногенных органических загрязнений геологической среды. Данные работы могут быть выполнены комплексом геофизических методов, включающим геоэлектрохимические и электроразведочные наблюдения методами сопротивлений (ВЭЗ, СЭП). В качестве полигона для апробации возможностей комплекса был выбран район загрязнения авиационным топливом вблизи г. Энгельса. По данным ВЭЗ и СЭП определены границы распространения УВ - загрязнения. Глубина залегания аномалеобразующего тела не превышает 7 м (рис. 4).

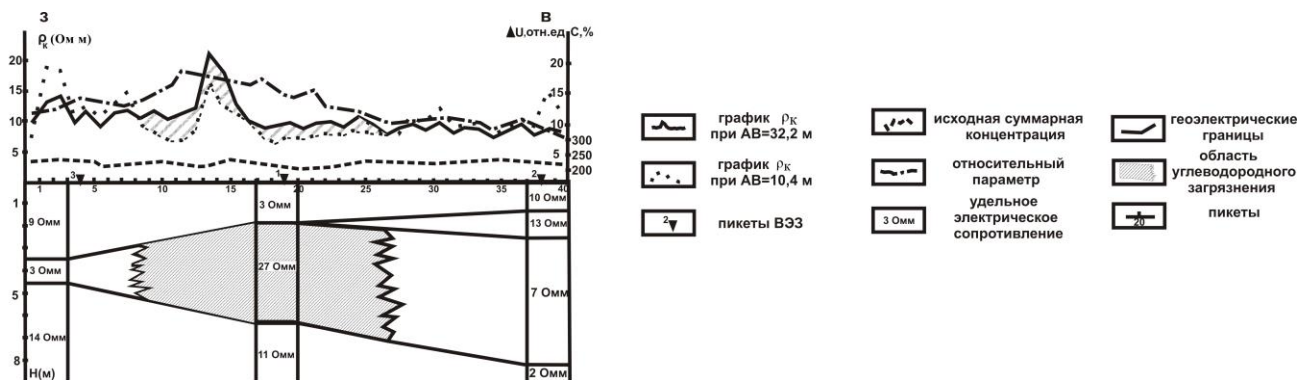


Рис. 4. Результаты электроразведочных и геоэлектрохимических исследований.

По геоэлектрохимическим данным были установлены концентрации слабозакрепленных форм Mn, Pb, Ni, Cu, Zn, Ti до и после электрообработки, для каждого микроэлемента и их суммы рассчитан параметр ΔU (В.Ю. Шигаев, 2012). Полученные результаты указывают на отсутствие аномалий по исходным данным и участки аномально высоких значений ΔU , совпадающих в плане с зоной повышенного удельного электрического сопротивления по данным ВЭЗ. Полученные в ходе наблюдений результаты позволяют рекомендовать комплекс геоэлектрохимических и электроразведочных исследований на постоянном токе для картирования зон техногенного углеводородного загрязнения.

Изложенные в работе результаты позволяют рассматривать геоэлектрохимические методы исследования как перспективное направление изучения геологической среды, позволяющее решать нефтегазопроисковые, инженерно-геологические и геоэкологические задачи.