

ПРИНЦИПЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ С ПОЗИЦИЙ АКТИВИЗАЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОСТОЯННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

В.Ю. Шигаев

Саратовский государственный университет, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, Россия

Рассматривается проблема прогнозирования нефтегазоносности локальных объектов и актуальность привлечения к исследованиям вещественных характеристик геологической среды. Предлагаемые принципы прогнозирования нефтегазоносности базируются на анализе распределения содержания типоморфных эпигенетических многовалентных элементов слабозакрепленной формы в породах до и после их обработки электрическим током. Приведенные результаты свидетельствуют об актуальности включения в комплекс нефтегазопроисковых работ геоэлектрохимических методов, несущих вещественную характеристику надпродуктивных отложений.

Активизация геохимических процессов, нелинейность геоэлектрохимических методов, принципы прогнозирования нефтегазоносности, концентрации слабозакрепленных микроэлементов, постоянный электрический ток.

FOUNDATIONS OF PETROLEUM PREDICTION BASED ON THE ACTIVATION OF GEOCHEMICAL PROCESSES BY DIRECT CURRENT

V.Yu. Shigaev

Petroleum prediction in local objects and the applicability of geologic environment parameters in this regard are considered. The proposed guidelines for petroleum potential prediction are based on the analysis of the distribution of typomorphic epigenetic multivalent elements loosely fixed in rocks before and after electric current treatment. The advantage of geoelectrochemical methods, providing data on the chemical composition of above-productive deposits, is demonstrated.

Activation of geochemical processes, nonlinearity of geoelectrochemical methods, guidelines for petroleum prediction, contents of loosely fixed trace elements, direct electric current

По мере исчерпания легкодоступных залежей нефти и газа разведочная геофизика сталкивается с множеством проблем, ограничивающих возможности традиционных геофизических методов по прогнозу залежей углеводородов (УВ). Например, при проведении электроразведочных исследований все реже встречаются контрастные изменения геоэлектрических характеристик горных пород: повышение эффективного электрического сопротивления, высокая проводимость в приконтактных участках, повышение поляризуемости и др.

В этих условиях использование в качестве основного поискового признака продуктивности локальных объектов увеличение удельного электрического сопротивления, связанного с насыщением коллекторов нефтью или газом, во многом себя исчерпало. Объясняется это наличием в разрезе низкоомных нефтегазонасыщенных коллекторов [Ежова, 2006; Ошлакова, Суржанская, 2010; Неvedрова, Санчаа, 2013; и др.].

Таким образом, представляется актуальным включение в комплекс нефтегазопроисковых работ, наряду с классическими методами разведочной геофизики, методов, несущих прямую вещественную характеристику исследуемых объектов, в частности геоэлектрохимических [Шигаев, 2003]. Здесь важно отметить, что под действием УВ, мигрирующих из залежей, в надпродуктивных отложениях формируются зоны эпигенетических изменений, характеризующиеся аномальными параметрами физико-химических свойств.

Заметим, что разработка теоретических основ применения геоэлектрохимии для поисков полезных ископаемых первоначально выполнена для рудных объектов. При этом за рубежом «рудное» направление исследований по-прежнему является приоритетным [Goldberg, 2010; Yun et al., 2013; Sun et al., 2015; и др.]. В нашей стране большое внимание уделяется, в том числе, нефтегазопроисковым геоэлектрохимическим исследованиям [Шигаев, Дудин, 1989; Опыт..., 2008; Развитие..., 2008; Шигаев, 2012; Алексеев и др., 2013; и др.]. Прямой перенос некоторых «рудных» методов в нефтегазовую гео-

физику потребовал постановки исследований по теоретическому и методическому обоснованию геоэлектрохимических нефтегазопроисловых работ.

Геоэлектрохимические поиски залежей УВ базируются на трудах В.И. Вернадского, Ф.А. Алексеева, А.А. Саукова, В.А. Соколова, Л.И. Зорькина, Е.В. Каруса, О.Л. Кузнецова, С.Г. Неручева, А.В. Петухова, А.И. Перельмана, А.К. Джонсона (А.С. Johnson), Е. Макдермотта (Е. Mc Dermott), Р. Шнеффлока (R. Schneeflock), Дж.Э. Уэбба (J.E. Webb), Дж. Пирсона (S.J. Pirson) и др. Они полагают, что вторичные изменения в зоне насыщения пород УВ обусловлены в основном биохимическим окислением УВ и последующим взаимодействием продуктов окисления (CO_2 и H_2O) с минеральными компонентами. В.А. Соколов, в связи с этим, считает наиболее вероятными следующие реакции, связанные с разложением УВ [Соколов, 1965]:

1. Распад УВ и других органических веществ под действием физико-химических факторов (физических, химических, биохимических).

2. Взаимодействие УВ с веществом горных пород.

3. Окисление УВ свободным кислородом.

К настоящему времени известно [Алексеев, 1959; Архипов и др., 1980], что в породах, находящихся в контакте с УВ, за длительное геологическое время образуются: специфические ассоциации минеральных новообразований (кальцита, сидерита, пирита и др.), аномально низкие концентрации ряда рассеянных микроэлементов за контуром и внутри залежи и высокие в зоне водонефтяного контакта (Ni, Co, U, Mo, V, Pb, Cu и др.), а также фиксируются аномальные значения окислительного-восстановительного потенциала — Eh и концентрации водородных ионов — pH; изменения физических свойств пород (пористости, плотности, электропроводности и др.). Отметим при этом, что вертикальная миграция УВ из залежей способствует нарушению физико-химической обстановки надпродуктивных отложений, с образованием восстановительной среды и перераспределением микроэлементов. В результате сформировалась ассоциация типоморфных эпигенетических многовалентных элементов: $\text{Fe}(2^+, 3^+, 6^+)$, $\text{Cu}(1^+, 2^+)$, $\text{Co}(2^+, 3^+)$, $\text{V}(2^+, 3^+, 4^+, 5^+)$ и др. [Архипов и др., 1980].

В пользу этого свидетельствуют результаты исследований Ф.А. Алексеева (1959, 1966, 1978); А.И. Перельмана (1972), Л.М. Зорькина, Е.В. Каруса, О.Л. Кузнецова и др. (1986), В.Ю. Шигаева (1996, 2003, 2005 и др.), полученные над нефтегазовыми месторождениями Поволжья, Украины, Западной Сибири, Средней Азии и других регионов. Сопоставление данных по элементному составу пород в зоне влияния УВ и вне ее позволяет выявить закономерность в распределении микроэлементов в надпродуктивных отложениях. При этом в ходе взаимодействия мигрирующих УВ с горными породами за длительное геологическое время происходит образование и упорядочивание ореолов рассеяния химических элементов определенного состава, длительное существование которых устанавливает «одно из наиболее общих и универсальных явлений природы, имеющих силу геохимического закона» [Архипов и др., 1980, с. 36].

Плановое положение и форма литогеохимических аномалий определяется рядом факторов. Одни вызваны перераспределением напряжений и возникновением систем трещин различного направления [Белоусов, Гзовский, 1964]. Другие — литологические, гидрогеологические, физико-химические и т.д. обусловлены особенностями геологического строения изучаемого объекта. Все они являются функцией системы экзогенных и эндогенных геологических процессов, проходящих в Земле, изменчивых в масштабе временных геофизических измерений. Следствием этого является невозможность экспериментальных исследований и сложная взаимообусловленность признаков эпигенетических изменений надпродуктивных отложений [Светов, 1995].

Фактически мы имеем дело с контаминацией — возникновением нового интегрального свойства, функциональной связи всех уровней организации составляющих компонент, влияющих на распределение геохимических параметров. При этом вещественная характеристика отдельных составных частей системы, например валовое содержание элементов в породе, в силу малой контрастности их распределения в зоне воздействия УВ и за ее пределами не может являться критерием однозначной интерпретации. Одним из путей более объективного изучения вещественного состава пород, перекрывающих залежи нефти и газа, является оценка концентраций микроэлементов по формам их нахождения, основанная на активизации геохимических процессов постоянным электрическим током [Шигаев, 2003, 2012].

Отличительной особенностью взаимодействия электрического тока с горными породами является нелинейный характер электрокинетических и электрохимических процессов в них, что определяет нелинейность геоэлектрохимических методов [Путиков, 2008]. Они обеспечивают исследование целой системы специфических признаков изучаемой среды в рамках единого информационного потока и, в свою очередь, предполагают анализ их влияния на результаты исследований и оценку значимости при прогнозировании нефтегазоносности. Элементарные составляющие информационного потока опреде-

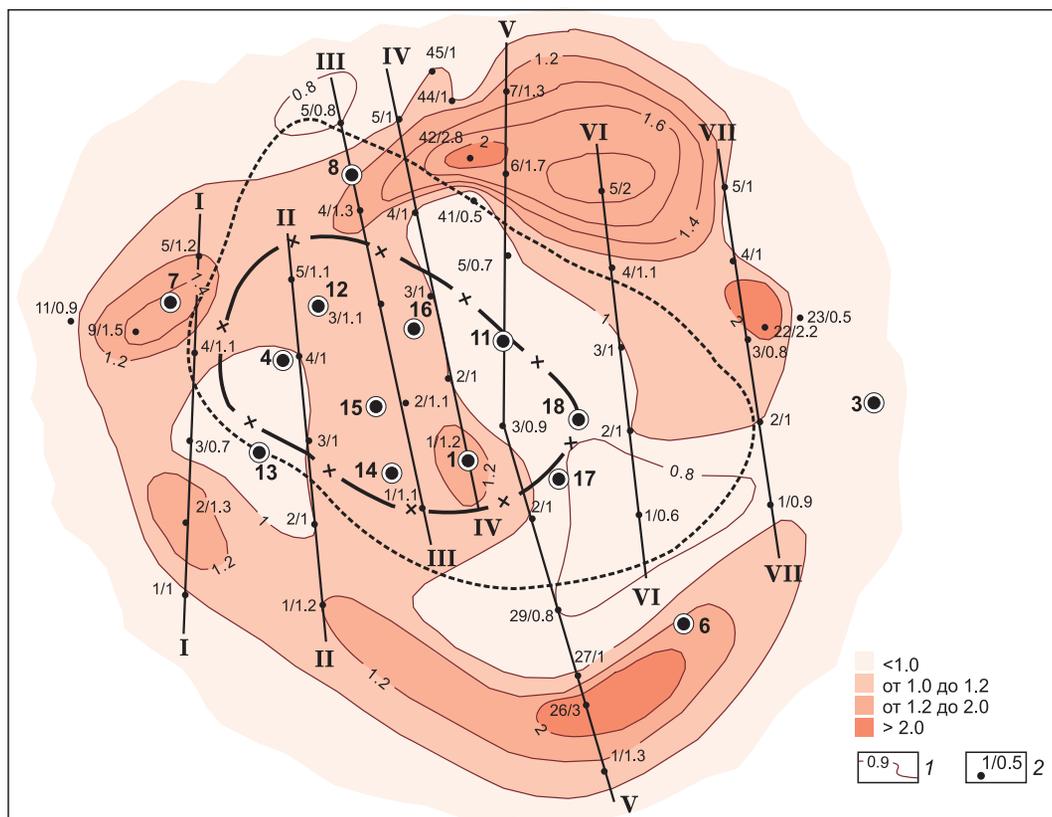
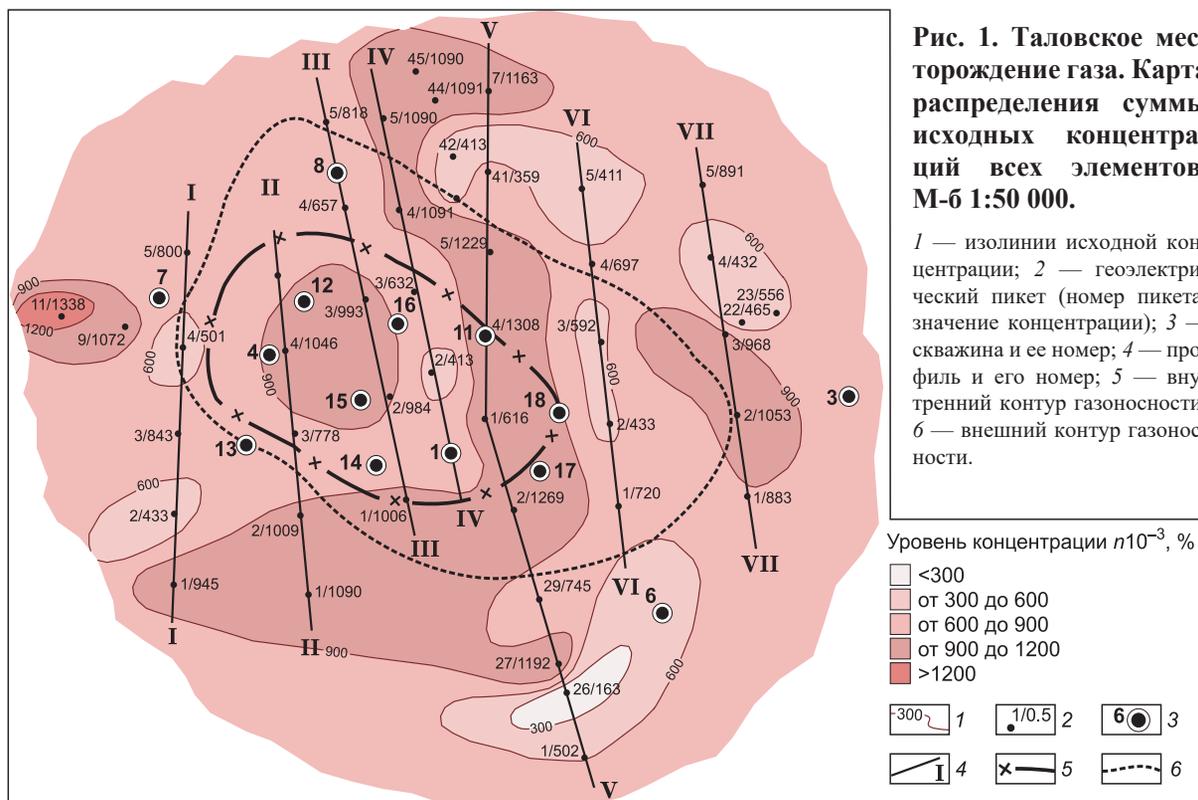


Рис. 2. Таловское месторождение газа. Карта распределения относительного параметра суммы концентраций всех элементов на аноде. М-б 1:50 000.

I — изолинии относительного параметра; 2 — геоэлектрический пикет (номер пикета/значение относительного параметра).
Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

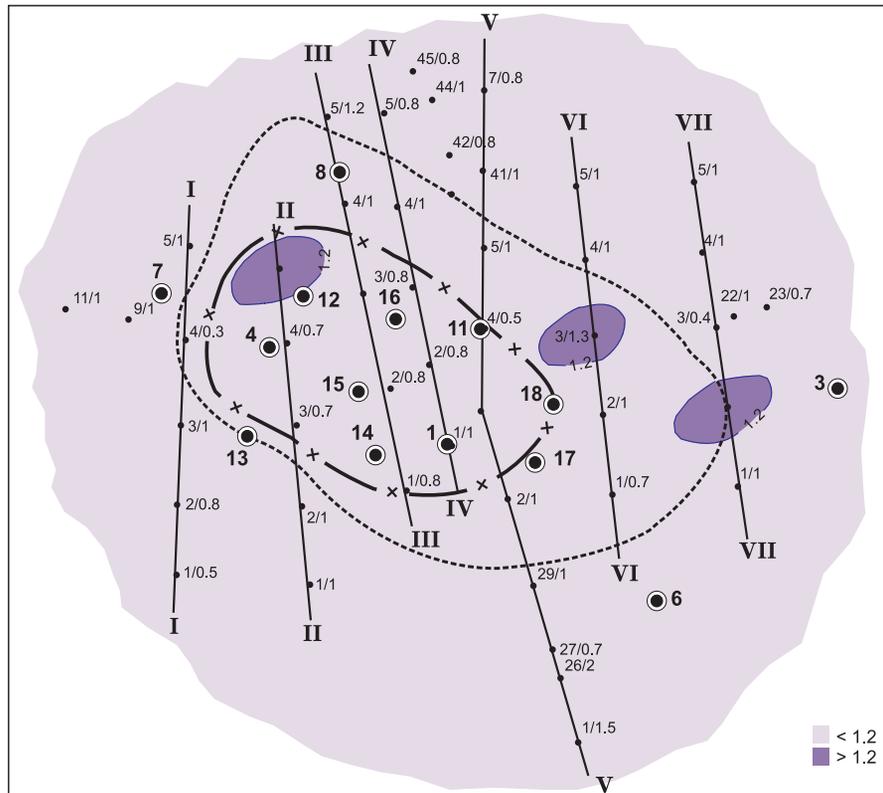


Рис. 4. Таловское месторождение газа. Карта распределения относительного параметра S_i на ка-тоде. М-6 1:50 000.

Усл. обозначения см. на рис. 1, 2.

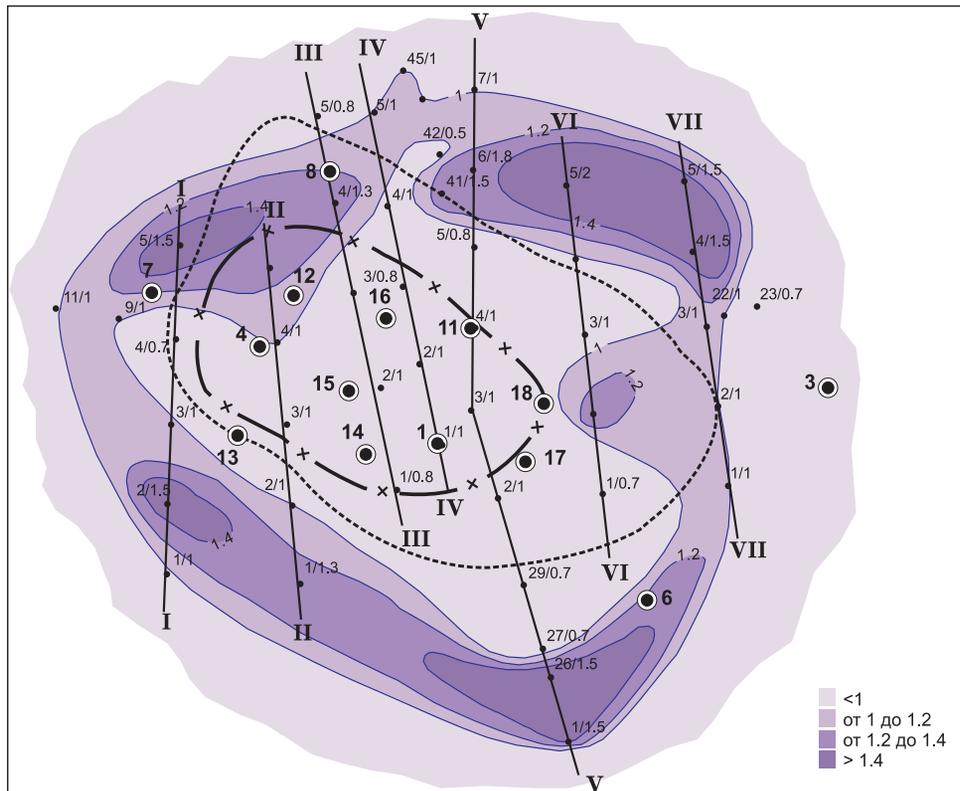


Рис. 5. Таловское месторождение газа. Карта распределения относительного параметра S_i на ано-де. М-6 1:50 000.

Усл. обозначения см. на рис. 1, 2.

породе K_{Π} может быть больше, меньше или равен единице. При этом аномалийными считаются значения K_{Π} больше единицы.

Подробнее с методикой полевых работ, порядком расчета анализируемых геоэлектрохимических характеристик можно ознакомиться в работах [Шигаев, 2003, 2012].

Подтверждением правильности предлагаемого подхода к прогнозированию нефтегазоносности являются результаты геоэлектрохимических исследований в Нижнем Поволжье [Шигаев, 2012]. Примером могут служить данные по Таловскому месторождению газа, расположенному в северной части Прикаспийской впадины. Промышленная газоносность здесь установлена в верхневолжских отложениях верхней юры на глубинах 830—880 м. Газовая залежь пластовая, сводовая, этаж газоносности — 50 м.

Работы выполнены по семи профилям, пересекающим структуру в субмеридиональном направлении. Непосредственно в контуре газоносности отработано 20 пикетов, 29 пикетов были вынесены за контур газоносности. Пробы на анализ отбирались из подпочвенных отложений с глубины 0.4—0.5 м. По результатам геоэлектрохимических наблюдений были построены карты распределения суммарной исходной концентрации микроэлементов, относительных параметров ΔU_a и ΔU_k для Mn, Ni, Ti, Cu, V и комплексного параметра K_{Π} .

Анализ показывает отсутствие совпадения в распределении суммы исходных концентраций микроэлементов с контуром газоносности (рис. 1). Напротив, на картах ΔU_a и ΔU_k суммы концентраций всех обнаруженных элементов выделяется кольцевая аномалия повышенных значений относительных параметров, опоясывающая месторождение, причем наблюдается превышение ΔU_a (рис. 2) над ΔU_k (рис. 3). Данный факт наиболее заметен при анализе относительного параметра меди, где оказалось невозможным даже построить карту ΔU_k (рис. 4).

Более четкие и контрастные аномалии ΔU_a меди в подпочвенных отложениях (рис. 5) объясняются, по-видимому, увеличением концентрации этого металла в прианодном пространстве за счет взаимодействия Cu с веществом, входящим в породу, повышения ее степени окисления с образованием комплексных соединений, имеющих суммарный отрицательный заряд.

Отметим, что выявленная особенность характерна для всей совокупности типоморфных эпигенетических многовалентных элементов [Шигаев, 2012]. Рассмотренные данные приводят к пониманию необходимости системного подхода к проблеме прогнозирования нефтегазоносности локальных объектов и важности привлечения к исследованиям вещественных характеристик геологической среды. Доминирующей основой при этом является распределение содержания микроэлементов слабозакрепленной формы в породах, перекрывающих залежи нефти и газа.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеев С.Г., Вешев С.А., Ворошилов Н.А. Опыт комплексирования геофизических и геоэлектрохимических методов при прогнозе и поисках полезных ископаемых // Записки Горного института, 2013, т. 200, с. 14—18.

Алексеев Ф.А. Радиогеохимический метод поисков нефти и газа // Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений. М., АН СССР, 1959, с. 299—312.

Архипов Л.А., Кучерук Е.В., Петухов А.В. Геологические и геохимические методы поисков полезных ископаемых // Итоги науки и техники. М., ВИНТИ, 1980, т. 5, 145 с.

Белоусов В.В., Гзовский М.В. Экспериментальная тектоника. М., Недра, 1964, 119 с.

Ежова А.В. Методика оценки нефтенасыщенности низкоомных коллекторов в юрских отложениях юго-востока Западно-Сибирской плиты // Изв. ТПУ, 2006, т. 309, № 6, с. 23—26.

Неведрова Н.Н., Санчаа А.М. Применение электромагнитных зондирований становлением поля для нефтегазопроисковых исследований в Западной Сибири // Записки Горного института, 2013, т. 200, с. 71—75.

Опыт использования наложенных ореолов рассеяния при прогнозе и поисках месторождений на закрытых территориях / С.Г. Алексеев, Н.А. Ворошилов, С.А. Вешев и др. // Разведка и охрана недр. 2008, № 4—5, с. 93—99.

Ошлакова А.С., Суржанская Л.А. Определение степени достоверности измерений сопротивлений низкоомных коллекторов (Западная Сибирь) // Геология и разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами: Сб. докл. X научно-практ. конф. М., ЗАО «Издательство Нефтяное хозяйство», 2010, с. 53.

Путиков О.Ф. Основы теории нелинейных геоэлектрохимических методов поисков и разведки. СПб., Изд-во СПб. горн. ин-та, 2008, 534 с.

Развитие геоэлектрохимических технологий и комплексное их использование при поисках месторождений углеводородов / М.Б. Штокаленко, С.Г. Алексеев, С.А. Вешев и др. // Записки Горного института, 2008, т. 176, с. 136—141.

- Светов Б.С.** Неклассическая геоэлектрика // Материалы Междунар. конф. Саратов, 1995, с. 3—4.
- Соколов В.А.** Процессы образования и миграции нефти и газа. М., Недра, 1965, 275 с.
- Физический энциклопедический словарь** / Ред. А.М. Прохоров. М., «Советская энциклопедия», 1983, 928 с.
- Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимический метод поисков месторождений углеводородов // Изв. вузов. Геология и разведка, 2003, № 6, с. 64—68.
- Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимические исследования геологической среды. Саратов, Изд-во Саратов. ун-та, 2012, 184 с.
- Шигаев Ю.Г., Дудин В.В.** Применение геоэлектрохимических методов исследований при прогнозировании нефтегазоносности горных пород // Комплекс геофизических методов исследований в сложных геологических условиях: Тез. докл. Пермь, 1989, с. 37—38.
- Goldberg, I. S.** Geoelectrochemical model of ore formation on the base experimental data // Conference on Goldschmidt. Knoxville, 2010, p. 341.
- Sun B.B., Liu Z.Y., Zhou G.H.** Research status and development trends for geoelectrochemical methods // Geophys. Geochem. Explor., 2015, № 39 (1), p. 16—21.
- Yun H.H., Xi J.L., Xiang R.L.** Geoelectrochemical-extraction measurement method to look for hidden lead-zinc ore deposit and prospecting effect // 2nd International conference on energy and environmental protection. Guilin, 2013, v. 734—737, p. 95—99.

*Рекомендована к печати 25 апреля 2018 г.
М.И. Эповым*

*Поступила в редакцию 24 января 2017 г.,
после доработки — 21 сентября 2017 г.*