

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по НИР и цифровому развитию
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

д.ф.-м.н., профессор Алексей Александрович Короновский

« 27 » ноября 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»**

на основании решения заседания кафедры геофизики геологического факультета

Диссертация «Развитие геоэлектрохимического метода анализа окислительно-восстановительных свойств и элементного состава отложений над месторождениями нефти и газа» по специальности 1.6.9. – «Геофизика» на соискание ученой степени доктора технических наук выполнена на кафедре геофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Виталий Юрьевич Шигаев, 1969 года рождения, гражданство Россия, окончил в 1992 г. Саратовский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. Н.Г. Чернышевского по специальности «Геофизические методы поисков и разведки» с присвоением квалификации «Геолога-геофизика».

В 1997 г. решением диссертационного совета Саратовского гос. университета им. Н.Г. Чернышевского присуждена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук по специальности 04.00.12 - «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

С 01.10.2002 г. по 01.10.2005 г. соискатель обучался в докторантуре Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского по специальности «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых». В 2013 году приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 188/нк-3 В.Ю. Шигаеву присвоено ученое звание доцента по кафедре геофизики.

С 2008 года работает в должности доцента кафедры геофизики геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по настоящее время.

При экспертизе текста диссертации, публикаций, а также результатов проверки текста системой «Антиплагиат» установлено, что

- оригинальность блоков в диссертации – 90 %, заимствованных источников в диссертации – 10 %;
- соискателем сделаны ссылки на все источники заимствования материалов, **фактов некорректного цитирования или заимствования без ссылки на соавторов в тексте диссертации и автореферате не обнаружено;**
- сведения, представленные соискателем, об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны;
- в тексте диссертации соискателем отмечено, какие результаты получены им лично, а какие – в соавторстве.

Тема диссертации утверждена приказом ректора ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» от 02 декабря 2020 года № 194-Д. Тема диссертации изменена приказом ректора ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» от 13 ноября 2023 года № 212-Д.

По итогам обсуждения диссертационного исследования «Геоэлектрохимические способы анализа вещественного состава отложений над месторождениями нефти и газа», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.9. – «Геофизика», принято следующее **заключение**:

Объект исследования – геоэлектрохимический метод анализа элементного состава отложений, перекрывающих месторождения нефти и газа, на предмет развития способов выявления аномальной концентрации подвижных и близких им по формам типоморфных многовалентных металлов Mn (2^+ , 4^+); Ti (3^+ , 4^+); Ni (2^+ , 3^+); V (3^+ , 4^+ , 5^+); Cu (1^+ , 2^+); Pb (2^+ , 4^+); Cr (2^+ , 3^+ , 4^+) и определения окислительно-восстановительных свойств отложений как показателей наличия месторождений углеводородов (УВ).

Актуальность темы диссертационного исследования. В настоящее время в нефтегазопроисковой электроразведке регистрация значительных изменений геоэлектрических свойств пород (удельного электрического сопротивления, поляризуемости и др.) в нефтегазоносных интервалах разреза возможна лишь в благоприятных условиях. В связи с этим существует острая необходимость включения в комплекс нефтегазопроисковых работ методов, основанных на изучении элементного состава и окислительно-восстановительных свойств горных пород. Для этого привлекается литогеохимический метод, который изучает валовое содержание элементов-индикаторов и физико-химические показатели пород. В силу малой контрастности валовой концентрации элементов-индикаторов и полигенностью аномальных параметров окислительно-восстановительных свойств достоверность поиска месторождений УВ зачастую остается неудовлетворительной.

Повысить достоверность поиска месторождений УВ позволяет привлечение в комплекс нефтегазопроисковых работ геоэлектрохимических способов, позволяющих получать как прямую, так и пограничную информацию. В частности, способ частичного извлечения металлов (ЧИМ) является источником информации по элементному составу отложений, перекрывающих залежи. Фиксируемые способом ЧИМ поверхностные кольцевые аномалии полей концентрации подвижной формы химических элементов указывают на возможную нефтегазоносность глубоко залегающих горных пород. Аномально высокое содержание тяжелых металлов в приповерхностных отложениях над месторождениями объясняется явлением струйных ореолов рассеяния – близвертикальной миграции подвижных форм химических элементов совместно с газовой фазой от залежи к поверхности [Путиков, Духанин, 1994]. В то же время авторами не учитывается взаимодействие мигрирующих УВ с минеральным составом перекрывающих отложений, приводящее к восстановлению окисных форм химических элементов с переменной валентностью за счет нарушения физико-химического равновесия. Кроме того, в способе ЧИМ отсутствует техническая возможность определения концентрации катионных и анионных форм элементов-индикаторов, а зависимость электрохимического процесса от естественной влажности горных пород, особенно в области анода, создает трудности при практической реализации способа ЧИМ.

Таким образом, актуальность выполненного исследования определяется необходимостью развития технико-методической составляющей геоэлектрохимического метода анализа элементного состава отложений над месторождениями нефти и газа для выявления аномальной концентрации элементов-индикаторов, а также окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и водородного показателя (pH).

Цель исследования – повысить информативность и качество анализа элементного состава активизированных постоянным электрическим током образцов породы, а именно по распределению в перекрывающих отложениях элементов-индикаторов, Eh и pH определить потенциальную нефтегазоносность геологической структуры.

Научная проблема – развить геоэлектрохимический метод анализа элементного состава отложений, перекрывающих предполагаемые месторождения УВ, путем разработки и апробации новых способов и устройств исследования концентрации катонных и анионных форм элементов-индикаторов в подвижной форме, Eh и pH для определения потенциальной нефтегазоносности геологической структуры.

Научно-технические задачи:

1. Разработать геоэлектрохимический способ анализа элементного состава горных пород над предполагаемыми месторождениями нефти и газа и устройство, обеспечивающее его реализацию.

2. Разработать геоэлектрохимический способ анализа окислительно-восстановительной обстановки горных пород над предполагаемыми месторождениями нефти и газа и устройство, обеспечивающее его реализацию.

3. Адаптировать способ направленного суммирования предварительно нормированных относительно исходных значений концентрации каждого элемента-индикатора, Eh и pH в перекрывающих отложениях для расчета коэффициентов активизации постоянным электрическим током геохимических процессов в образцах.

4. Определить по поверхностным отложениям связь распределения аномальных параметров концентрации подвижных и близких им по формам химических элементов, Eh и pH с глубинами залегания и поперечными размерами структур с подтвержденной и предполагаемой нефтегазоносностью.

Методы исследования и фактический материал. В ходе разработки, проверки и применения новых геоэлектрохимических способов и устройств исследования элементного состава, Eh и pH отбор образцов шлама и керна по разрезу скважин, а также образцов подпочвенных отложений по геоэлектрохимическим профилям.

Основной метод исследования – лабораторный эксперимент по определению концентрации элементов-индикаторов – Mn, V, Ti, Ni, Cu, Pb, Cr и др. методом ПКСА [Ельяшевич, 2014] и Eh, pH потенциометрическим методом [Кузнецов, 2001] в отобранных образцах до и после взаимодействия с постоянным электрическим током [Шигаев В.Ю., 2012], исследование работы геоэлектрохимического устройства [Патент РФ 47365] при различном количестве затраченного электричества для измерения концентрации элементов-индикаторов и Eh, pH образцов горных пород, размещенных в устройстве. Выполнен сравнительный и сопоставительный анализ результатов измерения pH с результатами теоретических расчетов pH в прикатодном слое изучаемых образцов. Способом направленного суммирования, адаптированным для геоэлектрохимических работ, рассчитаны геоэлектрохимические коэффициенты активизации геохимических процессов постоянным электрическим током в образцах. Численными расчетами оценены ошибки определения концентрации элементов-индикаторов и Eh, pH путем сравнения данных основных и контрольных замеров [Большаков, 1983]. В результате статистического анализа получены: форма кривой плотности вероятности суммарной концентрации тяжелых металлов в образцах и коэффициенты корреляции между рассчитанными геоэлектрохимическими параметрами и глубинам залегания предполагаемых ловушек УВ, определенных по данным МОГТ. Непараметрическим статистическим методом установлены статистически значимые изменения pH в приэлектродных зонах разработанного устройства. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с известными публикациями.

Большая часть фактического материала получена при проверке разработанных геоэлектрохимических способов анализа на известных месторождениях УВ, расположенных в различных нефтегазоносных провинциях: Прикаспийской (Королевское и Таловское); Волго-Уральской (Алексеевское, Вольновское, Жирновское, Западно-Степное, Михалковское); Западно-Сибирской (Ивановское); Ферганской (Чангыр-Таш). На трех нефтегазоперспективных площадях Степновского сложного вала – Заветной и Западно-Грязнушинской (объекты I и II) – выполнены поисково-разведочные работы; на Петропавловской площади (северная бортовая зона Прикаспийской впадины) изучена зона гипергенеза. Общая протяженность

геоэлектрoхимических профилей составила 208 км, образцы горных пород отобраны на 475 пикетах. По разрезу скважин отобрано 129 образцов шлама и керна. Количество контрольных образцов составило 10 % от общего количества.

Защищаемые результаты:

1. Геоэлектрoхимический способ анализа концентрации типоморфных многовалентных металлов Mn, Pb, V, Ni, Cu, Cr, Ti в образцах надпродуктивных отложений до и после пропускания тока и устройство, обеспечивающее его реализацию. Аномальные значения их концентрации на аноде и катоде, обусловленные электролизом в образцах, служат дополнительным критерием в обоснование нефтегазоносности отложений.

2. Геоэлектрoхимический способ анализа окислительно-восстановительных характеристик в образцах надпродуктивных отложений до и после пропускания тока и устройство, обеспечивающее его реализацию. Аномальные значения pH и Eh на катоде, обусловленные электролизом и электроосмотическим перемещением углеводородов в образцах, служат дополнительным критерием в обоснование нефтегазоносности отложений.

3. Экспериментально обоснованные и апробированные на практике алгоритмы расчета геоэлектрoхимических коэффициентов, распределение аномальных значений которых в перекрывающих отложениях является критерием в обоснование нефтегазоносности отложений.

4. Реализация разработанных способов на ряде нефтегазовых месторождений и перспективных площадей в различных нефтегазоносных провинциях показывает, что при толщине перекрывающих отложений меньше ширины антиклинальной структуры распределение аномальных параметров имеет кольцевую форму, при соизмеримой толщине или толщине, больше ширины структуры, – распределение аномальных параметров сплошное или комбинированной формы.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. Для подтверждения наличия месторождений УВ, оконтуривания их границ и локализации нефтегазоперспективных геологических структур поставлены и решены задачи разработки: геоэлектрoхимических способов анализа элементного состава горных пород [Патенты РФ 2178189, 2473928] и окислительно-восстановительной обстановки [Патент РФ 2416115] в надпродуктивных отложениях; устройств, обеспечивающих их реализацию [Патенты РФ 47365, 111295, 66066]; алгоритмов расчета коэффициентов активизации геохимических процессов постоянным электрическим током в образцах [Шигаев В.Ю., 2012]. Соискателем лично:

- обоснована необходимость определения концентрации элементов-индикаторов на аноде и катоде для учета катионных и анионных форм элементов-индикаторов;

- обоснована необходимость измерений Eh и pH на катоде, характеризующих слабощелочную среду над месторождениями УВ; исключена необходимость измерений на аноде, где происходит неинформативное для поиска УВ окисление образцов;

- установлено оптимальное количество электричества, затрачиваемое на проведение лабораторных экспериментов;

- обоснована и экспериментально подтверждена толщина приэлектродного слоя образцов 0,5 см, где происходят статистически значимые изменения значений концентрации элементов-индикаторов и Eh, pH;

- выполнено нормирование значений концентрации элементов-индикаторов и Eh и pH после пропускания тока на их исходные значения при расчете коэффициентов активизации геохимических процессов;

- определены особенности распределения аномальных геоэлектрoхимических параметров в подпочвенных отложениях в зависимости от глубины залегания и поперечных размеров геологических структур.

Способы и устройства опробованы на разных уровнях среза Алексеевского, Вольновского, Жирновского, Западно-Степного, Ивановского, Королевского, Михалковского, Таловского, Чангыр-Таш месторождений, использованы при комплексных нефтегазопромышленных исследованиях [Патент РФ 2337383, 2402049], в геоэкологии и инженерной геологии [Патент РФ 2236314]. Соискатель непосредственно участвовал в полевых исследованиях, лабораторных

экспериментах, подготовке рукописей статей и патентов, личной монографии и монографии в соавторстве.

Высокая степень достоверности полученных результатов обеспечивается:

- представительностью исходных данных и их надежностью: анализируются результаты более 3500 спектральных анализов по 10-12 элементам каждый, реализованных с использованием сертифицированных спектрографов СП-28, и результаты более 1000 измерений Eh и pH в отобранных образцах с использованием сертифицированного pH-метра 410-й модели, укомплектованного малоразмерными комбинированными электродами ЭСК-10603;

- высоким уровнем методического и технического развития геоэлектрохимического метода: использовались специально разработанные и запатентованные способы и конструктивно простые устройства, значительно снижающие материальные затраты на бурение и повышающие эффективность поисково-разведочных работ;

- внедрением разработанных способов в ОАО «Саратовнефтегеофизика» (акты о внедрении от 25.03.1997 г.); Саратовском филиале ПАО НК «РуссНефть» (акт о внедрении от 01.03.2021 г.); ООО «Тюменьгеоспектр» (акт о внедрении от 01.02.2022 г.).

Научная новизна результатов проведенных исследований:

1. Разработанный для локализации нефтегазоперспективных геологических структур с высокой степенью достоверности геоэлектрохимический способ анализа элементного состава перекрывающих отложений [Патент РФ 2178189] основан на изучении ранее не учитываемых аномальных значений концентрации катионных и анионных форм элементов-индикаторов (Mn, Pb, V, Ni, Cu, Cr, Ti) за счет перераспределения ионов металлов в образцах при электролизе.

2. Разработанный для локализации нефтегазоперспективных геологических структур с высокой степенью достоверности геоэлектрохимический способ анализа окислительно-восстановительной обстановки в перекрывающих отложениях [Патент РФ 2416115] основан на изучении ранее не учитываемых аномальных значений окислительно-восстановительных характеристик pH и Eh на катоде за счет электролиза и электроосмотического перемещения углеводов в образцах.

3. Разработаны оригинальные алгоритмы выявления и картирования «слабых» геоэлектрохимических аномалий с использованием адаптированного способа направленного суммирования предварительно нормированных относительно исходных значений концентрации каждого элемента-индикатора, Eh и pH в перекрывающих отложениях.

4. При опробовании разработанных геоэлектрохимических способов анализа, выполненном с привлечением результатов перераспределения подвижных форм микроэлементов, нарушения физико-химического равновесия в горных породах – Eh и pH под действием электрического тока, определены особенности распределения аномальных геоэлектрохимических параметров в зависимости от глубины залегания и поперечных размеров геологических структур.

Теоретическая и практическая значимость проведенных исследований:

Разработанный геоэлектрохимический способ анализа элементного состава горных пород над предполагаемыми нефтегазоносными объектами позволяет изучать концентрации подвижных форм элементов-индикаторов после пропускания тока. Достоинством разработанного способа является раздельное изучение аномальных значений концентрации катионных и анионных форм элементов-индикаторов за счет перераспределения форм микроэлементов под действием электрического тока. В частности устанавливается рост концентрации в прианодном и прикатодном пространствах за счет изменения степени окисления металлов с образованием комплексных соединений, имеющих суммарный отрицательный и положительный заряды. Их совместное использование, в отличие от анализа валовой концентрации металлов, способствует повышению достоверности подтверждения наличия месторождений УВ, оконтуривания их границ и локализации нефтегазоперспективных геологических структур.

За длительное геологическое время в перекрывающих отложениях фиксируются аномальные значения Eh и pH с образованием слабощелочной среды за счет «дыхания» залежи. Из-за окисляющего воздействия свободного кислорода (озона), серы, окислительных вод и др. слабощелочная среда становится нейтральной и мало пригодной для поиска УВ. Разработанный геоэлектрохимический способ анализа окислительно-восстановительной характеристики горных пород над предполагаемыми нефтегазоносными объектами позволяет решить задачу их достоверной локализации за счет активизации процесса восстановления на катоде до значений, не достижимых в естественных условиях. Это обеспечивается электролизом и перемещением к катоду углеводородных флюидов в образце электроосмотическим потоком за счет вязкого трения. Предлагаемое и запатентованное для практической реализации способа конструктивно простое устройство дает возможность оперативно проводить измерения Eh и pH по всей длине исследуемого образца.

Дизъюнктивные нарушения, стратиграфические замещения и др. геологические причины смещают «дыхание» залежи в субвертикальном направлении, поэтому аномальные значения концентрации элементов-индикаторов и pH , Eh в перекрывающих отложениях формируются в общем случае под воздействием любой точки залежи, рассматриваемой как единый источник УВ. Направленное суммирование проводится по различным направлениям от источника УВ к точкам наблюдения по каждому микроэлементу в отдельности. Это позволяет ослабить влияние случайных помех, вызванных особенностями геологического строения, погрешностями аппаратуры, технологии определения элементного состава пород и др., на результаты и усилить за счет суммирования полезный сигнал.

На продуктивность геологических структур указывают коэффициенты активизации геохимических процессов постоянным электрическим током с аномальными параметрами, совпадающими в плане с контуром геологических объектов или их окаймляющими. Определяющим здесь является отношение значений аномальных параметров в контуре структур к фоновым значениям, превышающее 1,0 отн. ед. Это превышение является геоэлектрохимическим критерием нефтегазоносности.

Оконтуривание и локализация геологических объектов по признаку формы геоэлектрохимических аномалий способствуют значительному снижению затрат на бурение за счет выделения перспективных участков в ходе исследования.

Ценность научных работ соискателя ученой степени – в диссертации развивается новое направление в геолого-поисковых работах и восполняется существенный пробел в оценке перспектив нефтегазоносности геологических объектов. Проведенные исследования имеют высокую практическую ценность, они реализованы в девяти патентах РФ на изобретение и полезную модель и внедрены в производство.

Внедрение результатов диссертационного исследования в практику подтверждается актами о внедрении разработанных способов:

- в ОАО «Саратовнефтегеофизика» (акты о внедрении от 25.03.1997 г.);
- в Саратовский филиал ПАО НК «РуссНефть» (акт о внедрении от 01.03.2021 г.);
- в ООО «Тюменьгеоспектр» (акт о внедрении от 01.02.2022 г.).

Научная специальность, которой соответствует диссертация.

Работа выполнена по специальности 1.6.9. – «Геофизика» по техническим наукам и соответствует пунктам паспорта специальности:

п. 13 «Лабораторное изучение физических свойств геологического вещества для решения геофизических задач».

п. 16 «Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей, в том числе применительно к разведочной геофизике».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Материалы диссертации изложены в 72 публикациях, из которых 15 входят в перечень изданий, рекомендованных ВАК, в реферативные международные базы данных входят 5 работ и 4 публикации в «Scopus» и «Web of Science» соответственно; девять патентов РФ на изобретение и полезную модель, две монографии; 25 докладов на конференциях (16 докладов сделано лично), в том числе 12 международные.

Основные публикации по теме диссертации:

Монографии

1. **Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимические исследования при поисках нефтегазоперспективных объектов / **В.Ю. Шигаев, Ю.Г. Шигаев.** – Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2002. – 147 с.

Соискателем по результатам лабораторных экспериментов обоснована правомерность использования геоэлектрохимических исследований при поиске нефтегазоперспективных объектов. На основе анализа и обобщения опубликованных в разные годы данных рассмотрены теоретические предпосылки, методика полевых работ и интерпретации их результатов. По материалам экспериментальных работ, проведенных в различных геолого-геофизических условиях, уточнена обобщенная физико-геологическая модель нефтегазового месторождения (совместно с Ю.Г. Шигаевым). Охарактеризованы основные факторы, влияющие на эффективность и результативность нефтегазоперспективных геоэлектрохимических исследований.

2. **Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимические исследования геологической среды / **В.Ю. Шигаев.** – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. – 184 с.

Соискателем изложены физико-химические и экспериментально-методические основы геоэлектрохимических исследований геологической среды, обобщены геолого-геофизические данные, используемые при формировании физико-геологической модели нефтегазоперспективных объектов, рассмотрены результаты лабораторных экспериментов при решении нефтегазоперспективных, инженерно-геологических и геоэкологических задач.

Патенты

3. Патент 2178189 РФ, МКИ7 G01V3/00. Способ геоэлектрохимического прогнозирования нефтегазоносности / **В.Ю. Шигаев, С.И. Михеев, Ю.Г. Шигаев** (РФ; Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики). – № 2000125434/28; Заявл. 09.10.00; Оpubл. 10.01.02. Бюл. № 1 (II ч). — С. 393.

Соискателем предложено отбирать пробы образцов по геоэлектрохимической сети профилей с глубины 0,4-0,5 м и определять в них C_0 – концентрацию тяжелых металлов (совместно с С.И. Михеевым, Ю.Г. Шигаевым). Соискателем разработан алгоритм активизации геохимических процессов в образцах горных пород путем воздействия постоянным электрическим током силой 100-120 мА в течение 30-40 мин, с последующим определением концентрации тяжелых металлов (C_T) в образцах, отобранных в приэлектродных зонах. Алгоритм позволяет и по увеличению относительного параметра ΔU , определяемого как $\Delta U = C_T / C_0$, судить о нефтегазоносности исследуемого геологического объекта.

4. Патент 2236314 РФ, МПК7 B09B3/00, E02D3/11. Способ литификации вязкопластичных промышленных отходов / **В.Ю. Шигаев, Ю.Г. Шигаев, Д.А. Плюснин** (РФ). – №2003105004; Заявл. 19.02.03; Оpubл. 20.09.04. Бюл. № 26 (III ч). – С. 417.

Соискателем предложено проводить литификацию вязкопластичных промышленных отходов путем введения коагулирующих добавок в емкость с вязкопластичными отходами и воздействия на отходы знакопеременным электрическим током посредством металлических электродов. Для получения требуемой твердости литифицируемых отходов измеряется глубина погружения иглы прибора Вика до воздействия электрическим током h_0 и в процессе воздействия током h_t и определяется относительный коэффициент механической прочности литифицируемой среды по соотношению: $K = h_t / h_0$, время пропускания электрического тока, необходимое для получения требуемой твердости литифицируемых отходов, определяется из соотношения: $t = 1 / I(1 - K)$, где t - время пропускания знакопеременного электрического тока; I - сила тока, при

этом в качестве коагулирующих добавок используется винилпирролидон или цетилпиридиний хлористый (совместно с Ю.Г. Шигаевым, Д.А. Плюсниным).

5. Патент 47365 РФ, МПК7 C25B9/00. Устройство для мониторинга физико-химических параметров образцов горных пород / **В.Ю. Шигаев**, Ю.Г. Шигаев, Д.А. Плюснин, А.В. Карпенко (РФ; ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»). – 2005111426/22; Заявл. 18.04.05; Оpubл. 27.08.05. Бюл. № 24. — С. 685.

Соискателем разработано конструктивно простое устройство для измерения физико-химических параметров образцов горных пород, например, удельного электрического сопротивления (ρ), окислительно-восстановительного (E_h) и водородного (pH) потенциалов с последующим изучением их распределения для решения задач в области нефтегазопроисковой геологии (совместно с Ю.Г. Шигаевым, Д.А. Плюсниным, А.В. Карпенко).

6. Патент 66066 РФ, МПК51 G01V13/00. Устройство для магнитометрических измерений сыпучих образцов горных пород / **В.Ю. Шигаев**, Ю.Г. Шигаев (РФ; ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»). – № 20071149221122; Заявл. 19.04.07; Оpubл. 27.08.07. Бюл. № 24.

Соискателем разработано конструктивно простое устройство, позволяющее проводить магнитометрические измерения сыпучих образцов горных пород (совместно с Ю.Г. Шигаевым).

7. Патент 2337383 РФ, МПК51 G01V11/00. Технология прогноза нефтегазоносности / **В.Ю. Шигаев**, С.И. Михеев, Ю.Г. Шигаев, А.В. Шаманов (РФ; ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»). – №2007111781; Заявл. 02.04.07; Оpubл. 27.10.08. Бюл. № 30.

Соискателем предложено проводить нефтегазопроисковые работы методом общей глубинной точки (МОГТ) для определения планового положения аномальных параметров эффективного сечения обратного рассеяния на уровне целевых нефтегазоперспективных горизонтов (совместно с С.И. Михеевым, Ю.Г. Шигаевым, А.В. Шамановым). Наряду с МОГТ предложено проводить лабораторные геоэлектрохимические эксперименты для определения аномальных значений геоэлектрохимических параметров в подпочвенных отложениях. Совпадение в плане геоэлектрохимических и сейсмических аномалий указывает на наличие залежей нефти и газа.

8. Патент 2402049 РФ, МПК51 G01V11/00. Способ геофизической разведки месторождений нефти и газа / М.И. Рыскин, Е.Н. Волкова, **В.Ю. Шигаев**, Ю.Г. Шигаев, И.Ю. Фролов, А.С. Михеев (ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского»). – № 2009117565/28, Заявл. 12.05.09; Оpubл. 20.10.10. Бюл. №29.

Соискателем разработан алгоритм проведения разведки нефтяных и газовых месторождений по результатам аэромагниторазведки и гравиразведки, определяющим зоны положительных аномалий магнитного и гравитационного полей, осложненных локальными минимумами. В пределах выделенных зон аномалий магнитного и гравитационного полей предложено проводить сейсморазведку МОГТ, геоэлектрохимическую и термомагнитную съемки с определением геоэлектрохимических и термомагнитных аномалий. Совпадение выделенных зон аномалий магнитного и гравитационного полей и геоэлектрохимических и термомагнитных аномалий указывает на наличие нефтегазовых месторождений (совместно с М.И. Рыскиным, Е.Н. Волковой, Ю.Г. Шигаевым, И.Ю. Фроловым, А.С. Михеевым).

9. Патент 2416115 РФ, МПК51, G01V0/00. Способ геоэлектрохимического прогнозирования нефтегазоносности / **В.Ю. Шигаев**, Ю.Г. Шигаев (РФ; ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского»). – № 2009147832/28, Заявл. 22.12.2009; Оpubл. 10.04.11. Бюл. № 10.

Соискателем предложено отбирать пробы образцы подпочвенных отложений по геоэлектрохимической сети профилей, активизировать геохимические процессы в образцах путем воздействия постоянным электрическим током силой 100÷150 мА в течение 20÷50 мин. Определять значения окислительно-восстановительного потенциала $E_{h_{\text{ток}}}$ и кислотно-щелочного параметра $\text{pH}_{\text{ток}}$ в приэлектродной катодной зоне. Предложен способ расчета относительных параметров $\Delta c = \text{pH}_{\text{ток}} / \text{pH}_{\text{исх}}$ и $\Delta d = E_{h_{\text{ток}}} / E_{h_{\text{исх}}}$, а также комплексного параметра, определяемого как

$S_k = |\Delta c \cdot \Delta d|$. По увеличению значений комплексного параметра судят о нефтегазоносности исследуемого геологического объекта (совместно с Ю.Г. Шигаевым).

10. Патент 111295 РФ, МПК51 G01N7/04. Устройство для лабораторного варианта сейсмогеоэлектрохимических исследований / Ю.Г. Шигаев, **В.Ю. Шигаев**, Э.С. Шестаков (РФ; ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского»). – № 2011134890/28, Заявл. 19.08.2011; Оpubл. 10.12.11. Бюл. № 34.

Соискателем разработано конструктивно простое устройство, позволяющее проводить сейсмогеоэлектрохимические нефтегазоперспективные исследования в лабораторном варианте. Технический результат разработки заключается в повышении достоверности исследований за счет создания упругих колебаний образца в момент пропускания через него электрического тока (совместно с Ю.Г. Шигаевым, Э.С. Шестаковым).

11. Патент 2473928 РФ, МПК51, G01V1/00. Способ поисков залежей нефти и газа / Ю.Г. Шигаев, Э.С. Шестаков, **В.Ю. Шигаев** (РФ; ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского»). – № 201136021/28, Заявл. 29.08.2011; Оpubл. 27.01.13. Бюл. № 3.

Соискателем предложено отбирать пробы образцы подпочвенных отложений по геоэлектрохимической сети профилей и определять в них концентрацию тяжелых металлов (C_o), окислительно-восстановительный потенциал (Eh_o) и водородный показатель (pH_o). Активизировать геохимические процессы в образцах путем одновременного воздействия полем упругих колебаний частотой 1-100 Гц амплитудой 0,01-1 мм и постоянным электрическим током силой 100-120 мА в течение 10-15 мин (совместно с Ю.Г. Шигаевым, Э.С. Шестаковым). Определять концентрацию тяжелых металлов ($C_{с.т.}$) в образцах, отобранных в приэлектродных зонах, замерять $pH_{с.т.к.}$ и $Eh_{с.т.к.}$ в прикатодной зоне устройства и по увеличению относительных параметров на аноде – $\Delta U_{с.т.а.} = C_{т.а.}/C_o$, катоде – $\Delta U_{с.т.к.} = C_{т.к.}/C_o$ и $\Delta d = |pH_{с.т.к.}/pH_o|$ судят о нефтегазоносности исследуемого геологического объекта.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

12. **Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимический метод поисков месторождений углеводородов / **В.Ю. Шигаев** // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2003. – № 6. – С. 64–68.

Соискателем проведено физико-химическое обоснование геоэлектрохимического метода поисков месторождений нефти и газа. Предложена методика полевых исследований, приведены результаты экспериментального опробования в различных геологических условиях, показана высокая эффективность разработанного геоэлектрохимического метода.

13. **Шигаев В.Ю.** Выявление пространственных закономерностей размещения нефтегазоперспективных зон геоэлектрохимическим методом / **В.Ю. Шигаев** // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2005а. – № 1. – С. 44–47.

Соискателем по результатам лабораторных экспериментов выявлены пространственные закономерности размещения нефтегазовых залежей. В зависимости от соотношения поперечных размеров и глубины залегания залежи получены аномальные значения относительного и комплексного геоэлектрохимических параметров кольцевой, сплошной и комбинированной форм.

14. Технология прогноза нефтегазоносности по геоэлектрохимическим и сейсморазведочным данным / **В.Ю. Шигаев**, С.И. Михеев, Ю.Г. Шигаев, А.В. Шаманов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2005б. – № 11. – С. 45–49.

Соискателем представлены независимые результаты геоэлектрохимических и сейсморазведочных исследований на Западно-Грязнушенской площади. На уровне целевых нефтегазоперспективных горизонтов выявлен факт удовлетворительного совпадения аномальных зон эффективного сечения обратного рассеяния волн и зон аномальных значений геоэлектрохимических параметров. Представленный комплекс геофизических методов рекомендован как технология прогноза нефтегазоносности локальных объектов (совместно с С.И. Михеевым, Ю.Г. Шигаевым, А.В. Шамановым).

15. Конценебин Ю.П. Исследование наложенных ореолов рассеяния микроэлементов

геоэлектрохимическим методом при поисках нефти и газа / Ю.П. Конценебин, **В.Ю. Шигаев**, Ю.Г. Шигаев // Вестн. Воронеж. Гос. ун-та. Серия геология. – 2006. – № 1. – С. 142–145.

Соискателем рассмотрены результаты исследований наложенных ореолов рассеяния элементов-индикаторов геоэлектрохимическим методом при поисках и разведки месторождений нефти и газа. Выявлен эффект кольцевого окаймления Таловского месторождения углеводородов по распределению аномальных геоэлектрохимических параметров в подпочвенных отложениях (совместно с Ю.П. Конценебиным, Ю.Г. Шигаевым).

16. **Шигаев В.Ю.** Влияние постоянного тока на изменения физико-химических параметров горных пород / **В.Ю. Шигаев** // Цветные металлы. – 2009а. – № 11, – С. 12–14.

Соискателем рассмотрены результаты временных наблюдений за окислительно-восстановительными процессами, проходящими в приэлектродных частях разработанного геоэлектрохимического устройства. Выявлена интенсивная динамика параметра щелочности-кислотности (рН) образцов горных пород при пропускании через образцы постоянного электрического тока. Экспериментальные данные сопоставлены с данными теоретических расчетов рН и выявлено статистически незначимое различие экспериментального и теоретического материала.

17. **Шигаев В.Ю.** О прикладном значении геоэлектрохимических эффектов при решении нефтегазопроисловых и инженерно-геологических задач / **В.Ю. Шигаев** // Геология и геофизика. — 2009б. – Т. 59, № 11. – С. 1276–1281.

Соискателем выявлены геоэлектрохимические эффекты в образцах горных пород при проведении нефте- газопроисловых и инженерно-геологических исследований. Установлено аномально высокое содержание подвижных форм элементов-индикаторов в контуре Жирновского нефтегазового месторождения, в 1.5-2 раза превышающее фоновые значения. Приведены результаты электроукрепления маастрихтских глин, являющихся зеркалом скольжения оползней в пределах Нижнего Поволжья. Зафиксирован рост прочностных свойств глин более чем в 2 раза.

18. Рациональное комплексирование геофизических и геохимических методов прогноза нефтегазовых залежей / М.И. Рыскин, Е.Н. Волкова, С.И. Михеев, И.Ю. Фролов, **В.Ю. Шигаев** // Изв. вузов. Геология и разведка. – 2010. – № 1. – С. 59–63.

Соискателем рассмотрено современное состояние актуальной проблемы прямого прогнозирования залежей нефти и газа геофизическими и геохимическими методами. Обоснована необходимость совместного применения этих методов и предложена инновационная модель их рационального комплексирования с обязательным включением в комплекс лабораторных геоэлектрохимических экспериментов. Предложена система совместного анализа результатов полевых работ и фондовых геолого-геофизических материалов (совместно с М.И. Рыскиным, Е.Н. Волковой, С.И. Михеевым, И.Ю. Фроловым).

19. **Шигаев В.Ю.** О закономерностях изменения физико-химических свойств поверхностных отложений под влиянием постоянного электрического тока / **В.Ю. Шигаев** // Докл. РАН. – 2011а. – Т. 436, № 1. – С. 106–108.

Соискателем установлена зависимость концентрации подвижных форм элементов-индикаторов от окислительно-восстановительных характеристик образцов перекрывающих отложений до и после электрообработки. В образцах наблюдается «псевдокластерное» распределение относительного коэффициента окислительно-восстановительного параметра на участках, соответствующих образцам, аномально насыщенным и не насыщенным углеводородами.

20. **Шигаев В.Ю.** Комплексирование геоэлектрохимических методов прогнозирования нефтегазоносности / **В.Ю. Шигаев**, М.В. Решетников // Геофизика. – 2011. – № 3. – С. 29–31.

Соискателем установлены основные принципы комплексирования результатов лабораторных геоэлектрохимических экспериментов с геолого-геофизическими методами прогнозирования залежей углеводородов. Предложено решать задачи прямого прогнозирования нефтегазоносности путём совместной интерпретации данных геохимии, геоэлектрохимии и терромагнитных исследований, несущих как прямую, так и косвенную информацию о залежи

(Совместно с М.В. Решетниковым).

21. **Шигаев В.Ю.** К электрохимической взаимосвязи физико-химических параметров горных пород с содержанием в них тяжелых металлов / **В.Ю. Шигаев** // Докл. РАН. – 2011б. – Т. 441, № 3. – С. 388–390.

Соискателем установлена связь содержания тяжелых металлов в образцах горных пород с нарушением физико-химического равновесия при электрохимических и электрокинетических реакциях в рассматриваемых образцах. Аномалии повышенного содержания тяжелых металлов на двух пикетах геоэлектрохимического профиля Алексеевского нефтяного месторождения приурочены к градиентным зонам распределения комплексного параметра. Показано, что электрохимические процессы в образцах горных пород взаимосвязаны и предельно зависят от времени пропускания электрического тока и расстояния от электродов.

22. **Шигаев В.Ю.** Физико-химические факторы локализации геоэлектрохимических аномалий при прогнозировании нефтегазоносности / **В.Ю. Шигаев** // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 1. – С. 42–44.

Соискателем установлены физико-химические факторы локализации геоэлектрохимических аномалий, подтверждена каталитическая роль влияния постоянного электрического тока на геохимические процессы в горных породах над залежами углеводородов. Определена связь между геоэлектрохимическими, геохимическими и физико-химическими параметрами геологической среды в пределах Алексеевского нефтяного месторождения.

23. **Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимические исследования физико-химической обстановки надпродуктивных отложений / **В.Ю. Шигаев**, Е.Н. Волкова, Е.В. Аверченкова // Геофизика. – 2014. – № 1. – С. 53–56.

Соискателем получены результаты лабораторных геоэлектрохимических экспериментов, ориентированных на изучение нарушения физико-химической обстановки в надпродуктивных отложениях Вольновского месторождения нефти. Установлено наличие кольцевой аномалии комплексного параметра физико-химических свойств, что позволяет ввести в практику нефтегазопроисловых исследований новый диагностический признак нефтегазоносности локальных объектов.

24. **Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимическая прогнозно-поисковая модель нефтегазовых месторождений / **В.Ю. Шигаев** // Геофизика. – 2014. – № 3. – С. 72–77.

Соискателем определены особенности формирования геоэлектрохимической прогнозно-поисковой модели нефтегазовых месторождений. Применение сформированной модели иллюстрируется примером геоэлектрохимического анализа вещественного состава горных пород при прогнозировании нефтегазоносности Западно-Грязнушинской площади.

25. **Шигаев В.Ю.** Геоэлектрохимический анализ физико-химической обстановки надпродуктивных отложений месторождений углеводородов / **В.Ю. Шигаев**, Ю.Г. Шигаев, С.А. Руднев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 1. – С. 48–52.

Соискателем проанализированы результаты геоэлектрохимического анализа физико-химической обстановки надпродуктивных отложений Алексеевского месторождения нефти. Установлены корреляционные взаимосвязи геоэлектрохимических параметров до и после электрообработки с данными газогеохимии и сейсморазведки.

26. **Шигаев В.Ю.** Принципы прогнозирования нефтегазоносности с позиций активизации геохимических процессов постоянным электрическим током / **В.Ю. Шигаев** // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 11. – С. 1883–1889.

Соискателем предложены принципы прогнозирования нефтегазоносности локальных объектов, которые базируются на анализе распределения содержания типоморфных эпигенетических многовалентных элементов слабозакрепленной формы в перекрывающих породах до и после их обработки электрическим током. Подтверждена актуальность включения в комплекс нефтегазопроисловых работ геоэлектрохимических способов, несущих вещественную характеристику надпродуктивных отложений.

Наиболее значимые доклады на конференциях:

27. **Шигаев В.Ю.** Возможности геоэлектрoхимического метода при решении нефтегазoпоисковых, инженерно-геологических и геoэкологических задач. / В.Ю. Шигаев // Материалы VI Всероссийской школы-семинара им. М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли – ЭМЗ-2013, 2–6 сентября 2013 г. – Новосибирск, 2013.

Соискателем по результатам опробования разработанных геоэлектрoхимических способов изучения вещественного состава и окислительно-восстановительных характеристик перекрывающих отложений приводится материалы нефтегазoпоисковых работ на Заветной площади. Отмечается универсальность разработанных способов, расширяющая область их применения для решения геoэкологических и инженерно-геологических задач.

28. **Шигаев В.Ю.** Экспериментально-теоретические основы геоэлектрoхимических исследований геологической среды / В.Ю. Шигаев // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Геологические науки – 2014», 10–12 апреля 2014 г. – Саратов, 2014. – С. 119-121.

Соискателем по результатам лабораторных экспериментов выполнен прогноз нефтегазoносности на двух объектах Западно-Грязнушенской площади (Степновский сложный вал). По результатам петрографического и механического анализов изучено электроукрепление (литификацию) глинистых пород с целью улучшения их инженерно-геологических свойств. Полученные результаты позволили сформулировать теоретические основы нелинейных геоэлектрoхимических методов изучения геологической среды.

29. Integration of non-seismic methods in identifying oil and gas deposits in keeping with the geo-soliton theory / M.I. Ryskin, E.N. Volkova, V.Y. Shigaev et al. // 7th EAGE Saint Petersburg International Conference and Exhibition: Understanding the Harmony of the Earth's Resources through Integration of Geosciences. – 2016. – P. 234–238.

На основе ранее разработанных принципов комплексирования результатов лабораторных геоэлектрoхимических экспериментов с геолого-геофизическими методами прогнозирования залежей углеводородов соискателем предложен принцип совместной интерпретации геоэлектрoхимических данных с данными гравитационной и магнитной разведки, газогеохимии, термомагнитометрии. По результатам интерпретации составлены единые карты, отражающие кольцевые аномалии геолого-геофизических параметров на нефтегазoперспективных площадях. (Совместно с М.И. Рыскиным, Е.Н. Волковой, Е.А. Власенко).

Диссертация Виталия Юрьевича Шигаева «Развитие геоэлектрoхимического метода анализа элементного состава отложений над месторождениями нефти и газа» – научно-квалифицированная работа, в которой на основе разработанных и запатентованных геоэлектрoхимических способов анализа вещественного состава и окислительно-восстановительной обстановки по образцам перекрывающих пород над предполагаемыми месторождениями нефти и газа и геоэлектрoхимических устройств, обеспечивающее их реализацию, получены новые результаты, позволяющие квалифицировать их как решение крупной научной проблемы, обеспечивающее развитие технико-методической составляющей геоэлектрoхимического метода изучения вещественного состава перекрывающих отложений для определения потенциальной нефтегазoносности геологической структуры. Разработанные и запатентованные способы, а также конструктивно простые устройства, обеспечивающие их реализацию, значительно снижают материальные затраты на бурение и повышают эффективность поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-11, 13, 14 раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 26.10.2023) и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Первичная документация проверена и соответствует материалам, включенным в диссертацию.

Диссертация «Развитие геоэлектрoхимического метода анализа окислительно-восстановительных свойств и элементного состава отложений над месторождениями нефти и

газа» по специальности 1.6.9. – «Геофизика» В.Ю. Шигаева **рекомендуется к защите** на соискание ученой степени доктора технических наук.

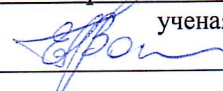
Заключение принято на заседании кафедры геофизики геологического факультета ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ протокол № 3 от 22.11.2023 г.

Присутствовало на заседании 13 чел.

Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 1 чел.

Заключение оформила
заведующий кафедрой геофизики СГУ
должность руководителя структурного подразделения
кандидат геолого-минералогических наук,

ученая степень



(Подпись)

Волкова Елена Николаевна

(ФИО)

