

УДК 550.83/556.3:553.98(470.41)

С.Е. Войтович, М.Г. Чернышова, Л.Г. Гаврилина, Р.И. Гатауллин,  
Ю.А. Гринько, И.В. Дергунов  
Татарское геологоразведочное управление ОАО «Татнефть», Казань  
mg-igru@mail.ru

## РАЗВИТИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПОИСКА И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Приведены основные этапы становления и развития геохимических и геофизических исследований, направленные на повышение эффективности геологоразведочных работ при поиске и разведке месторождений нефти и газа. Отмечены результаты и новые направления в области развития методов.

*Ключевые слова:* геохимические и геофизические исследования, геологоразведочные работы, поиск и разведка месторождений нефти и газа.

В Татарстане после весьма длительного перерыва в несколько десятилетий возобновились полевые геохимические поисковые работы на новом, более высоком уровне исследований. Связано это было с созданием в 1989 году при Казанском комплексном отделе «ТатНИПИ-нефть» геохимической лаборатории под руководством Смерковича Е.С., явившейся первым научно-производ-

ственным коллективом, открывшим новую эпоху в развитии геохимических исследований в Республике Татарстан при поиске и разведке нефтяных месторождений и прогноза нефтегазового потенциала малоизученных территорий (Методические рекомендации по выделению перспективных объектов..., 2011).

На региональном этапе деятельности специалистами

Окончание статьи Н.С. Гатиятуллин, А.Р. Баратов, В.Б. Либермана «Нефтеносные недра Татарстана в аспекте гипотезы дегазации Земли»

Геология Татарстана (стратиграфия и тектоника). Под ред. Б.В. Бутова. Москва: Геос. 2003. 402.

Глубинные исследования докембрия востока Русской платформы. *Сборник статей*. Казань: Таткнигоиздат. 1980. 176.

Дегазация Земли и геотектоника. *Тез. док. II Всесоюз. сов.* М: Наука. 1985. 200.

Дегазация Земли и геотектоника. *Тез. док. III Всесоюз. сов.* Москва. М: Наука. 1991. 262.

Дегазация Земли и геотектоника. *Тез. док. симп.* М: Наука. 1976. 90.

Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. *Мат-лы межд. конф. памяти ак. П.Н. Кропоткина*. Москва. М.: ГЕОС. 2002. 472.

Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезы в системе горючих ископаемых. *Тез. межд. конф.* М.: ГЕОС. 2006. 320.

Дегазация Земли: геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. *Мат-лы Всерос. конф.* М.: ГЕОС. 2008. 3-6.

Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. Углеродородная ветвь дегазации в исследованиях по проблеме «Дегазация Земли». *Мат-лы Всерос. конф. «Дегазация Земли: геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы»*. М.: ГЕОС. 2008. 3-6.

Доплатформенные комплексы нефтегазоносных территорий СССР. Под ред. В.С. Князева, Т.А. Лапинской. М.: Недра. 1992. 305.

Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности. Под ред. Р.Х. Муслимова, Т.А. Лапинской. Казань: Дента. 1996. 148-149.

Кропоткин П.Н. Проблемы происхождения нефти. *Советская геология*. 47. 1955. 104-125.

Муслимов Р.Х. Потенциал фундаментов нефтегазоносных бассейнов – резерв пополнения ресурсов углеводородного сырья в XXI веке. *Георесурсы*. 2003. 4(12). 2-5.

Хаин В.Е. Расслоенность Земли и многоярусная конвекция как основа подлинно глобальной геодинамической модели. *ДАН СССР*. Т. 308. № 6. 1989. 1437-1440.

Христофорова Н.Н., Христофоров А.В., Бергеманн М.А. Анализ геотермических карт и перспективы нефтегазоносности глубинных отложений (на примере Республики Татарстан). *Георесурсы*. 3(26) 2008. 10-12.

N.S. Gatiyatullin, A.R. Baratov, V.B. Liberman. **Oil bearing Resources of Tatarstan in Terms of the Hypothesis of the Earth Degassing**

The aspects of the deep structure and sedimentary cover of Tatarstan are considered. Scientific material handling of deep and ultra-deep wells has confirmed theoretical assumptions that on the significant depth crystalline basement is not a solid massive. It is an open system, in which gas-saturated solutions can circulate. Tatar granite-gneissic dome spatially controlling oil bearing area of Tatarstan is characterized by the maximum perspective.

*Keywords:* Athenolithic diapir, gas-saturated solution, granite-gneissic dome, crustal granite formation, crystalline basement, oil fields, ultra-deep wells, heat and mass transfer, energy drain system.

*Накин Салахович Гатиятуллин*

Доктор геол.-мин. наук, начальник Татарского геологоразведочного управления ОАО «Татнефть»

Тел.: (843) 292-67-71

*Азиз Рауфович Баратов*

Начальник НПЦ «Геодинамика»

Тел.: (843) 292-15-24

*Владимир Борисович Либерман*

Начальник Информационно-аналитического центра

Тел.: (843) 292-92-84

Татарское геологоразведочное управление ОАО «Татнефть». 420111 г. Казань, ул. Чернышевского, 23/25.

лаборатории были изучены специфические особенности Волго-Уральского региона, установлена принципиальная оценка возможностей поисковой газо-геохимии в условиях РТ, отработана методика поверхностных геохимических исследований, включающая в себя отбор проб глинистых образований (природный адсорбент) из 5 метровых шурфов, термовакуумную дегазацию и хроматографическое определение углеводородных газов от метана до гексана.

Геохимические исследования проводились совместно с Раменским филиалом ВНИИгеолинформсистем под научным руководством В.И. Федорова и направлены на изучение углеводородных соединений, мигрирующих от залежи до земной поверхности.

Перед лабораторией была поставлена четкая задача: на эталонных участках разного типа – нефтяном, битумном, нефтебитумном и пустом, отработать методику геохимических поисков нефти и газа применительно к условиям ТАССР. В качестве объектов исследования были выбраны Казакларская, Арбузовская, Средне-Кирменская, Карлинская структуры и Горский нефтебитумный участок. Получены результаты, подтверждающие перспективность и работоспособность метода.

С 1992 года начаты работы по применению геохимического метода в экологии. Проведенными газо-геохимической и гелиевой съемками оценена экологическая обстановка приповерхностного слоя литосферы на нефтепромысловых объектах юго-востока РТ, установлены газо-геохимические критерии техногенных аномалий УВ, фиксирующиеся при отсутствии прямых, внешних признаков, ураганными концентрациями газообразных, парообразных гомологов метана, «тяжелых» УВ, что указывает на возможность применения метода в качестве мониторингового контроля.

С 1994 года геохимическая лаборатория вошла в состав Татарского геологоразведочного управления, изменив статус на тематическую партию №2.

Специалисты ТГРУ вот уже два десятка лет занимаются научно-исследовательскими и опытно-промышленными разработками, ориентированными на повышение эффективности геологоразведочных работ поиска и разведки месторождений нефти и газа. Впервые в Татарстане Швыдким Э.К. адаптирован для поиска углеводородных залежей комплексный подход интерпретации геофи-

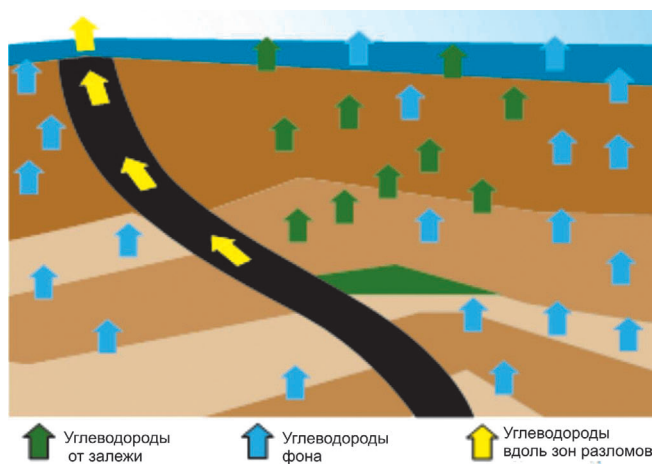


Рис. 1. Схема миграции флюидов через толщу перекрывающих залежь породу.

зических методов исследования электроразведки и магниторазведки (Хисамов и др., 2007; Швыдкин, 2000).

Получены подтверждения теории американского исследователя С.Д. Пирсона: источник электрических потенциалов и токов типа «топливных элементов» существует всегда при наличии углеводородов, накапливающихся в любых типах ловушек. Электротеллурические поля и токи над залежами УВ существуют ровно столько, сколько будет существовать сама залежь, причем плотность электромагнитного поля и токов должна быть максимальной над контуром залежи. По мере разрушения залежи УВ плотность токов стремится к нулю. Распределение и интенсивность электромагнитного эффекта на дневной поверхности напрямую зависит от контура и объема залежей УВ (Сейфуллин и др., 1986).

Из расчетов качественных и количественных газо-геохимических показателей, отражающих миграцию углеводородных газов (УВГ) от залежи в верхние приповерхностные отложения, получены критерии эпигенетичности, на

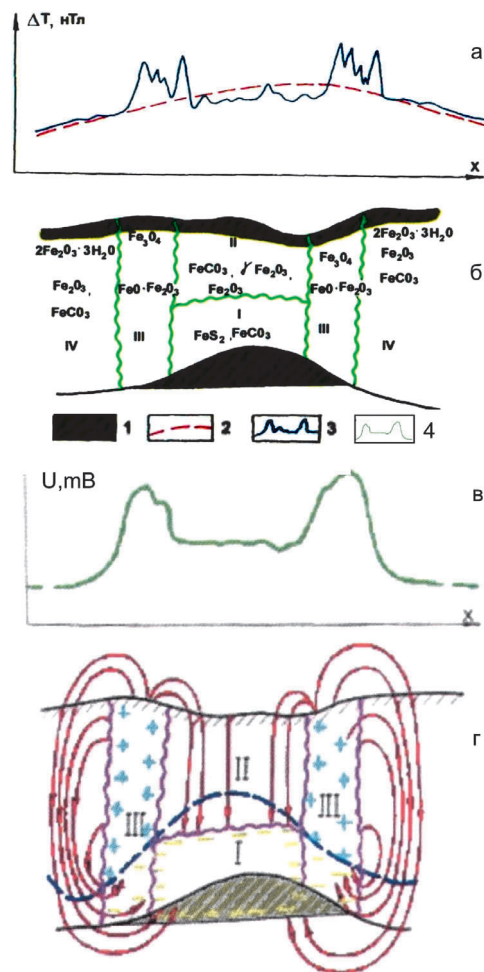


Рис. 2. Интерпретация геофизических полей над углеводородной залежью (Швыдкин, 2000). а – Аномальное магнитное поле над углеводородной залежью, б – Схема распределения основных минералов железа в окислительно-восстановительной системе, в – Схема распределения электрического потенциала на углеводородной залежью, г – Распределение зарядов в формировании окислительно-восстановительной системы над углеводородной залежью, 1 – залежь углеводородов, 2 – влияние магнитного поля фундамента, 3 – суммарная кривая  $\Delta T$ . I – зона восстановления, II – зона окисления, III – зоны субвертикальных неоднородностей, IV – законтурное пространство, V – фундамент.

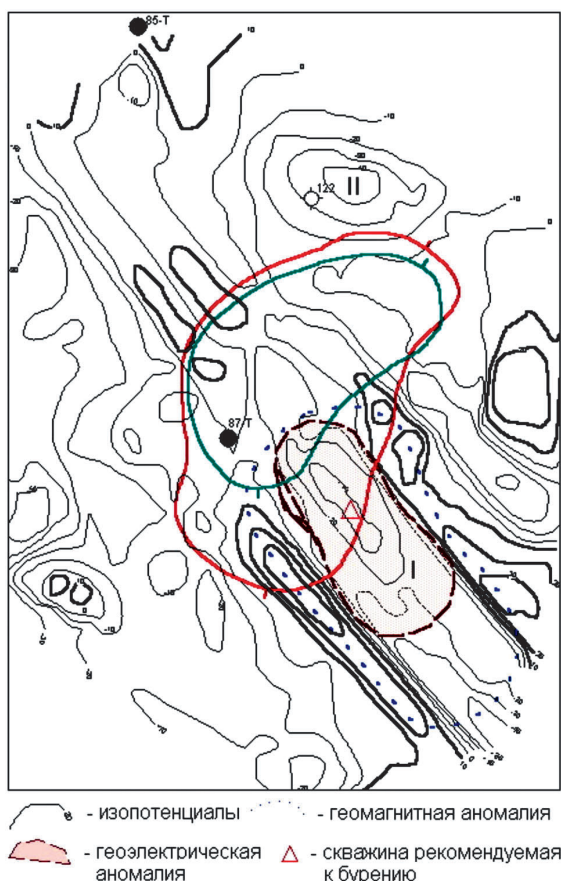


Рис.3. Результаты исследования комплексом ГГХМ на Тогашевском поднятии.

основе которых определяются газо-геохимические аномальные концентрации УВГ, служащие индикатором скопления УВ на глубине.

В 1994 году отрабатывается методика оценки контуров залежей битумов. Получены положительные результаты при исследованиях на Мордово-Кармальной, Ягодной и Минсалиховской залежах природного битума (ПБ) в отложениях песчаной пачки уфимского яруса в пределах Черемшано-Ямашинской структурной зоны западного склона Южно-Татарского свода. В 1995 г. методика геофизических исследований комплексируется с газо-геохимическим методом при оценке герметичности покрышек разрабатываемых залежей.

На практике получено подтверждение преобразований электромагнитных и газо-геохимических полей над углеводородной залежью, изучены изменения физико-химических явлений и закономерностей (Рис. 1, 2):

- миграция углеводородов приводит к образованию в поверхностных слоях осадочного чехла устойчивых геохимических аномалий,

- над залежами углеводородов образуются «топливные гальванические элементы», резервуар углеводородной залежи и вторичные эпигенетические минералообразования (например, сульфиды) выполняют функцию электродов, создавая условия наличия двух сред с положительными и отрицательными значениями показателя  $pH$ ,

- за счет вторичной минерализации в породах над углеводородной залежью и в зонах водо-нефтяного контакта, образуются оксиды и сульфиды железа (пирротин, магнетит, гематит), создавая условия для изменения магнитного поля над залежью.

Значительный вклад в разработку и внедрение методики локального прогноза нефтеносности комплексом геофизических и газо-геохимических методов исследования (ГГХМ) внесли Смеркович Е.С., Швыдкин Э.К., Близеев А.Б. Первый опыт положительного результата применения комплекса ГГХМ получен в 1995 году на Чегодайском поднятии с доказанной нефтеносностью в каменноугольных отложениях юго-западного склона ЮТС, на Тогашевском нефтеперспективном поднятии (Рис. 3). Поисковым критерием в те времена являлось совмещение контуров аномальных полей с контуром сейсмоподнятия (Рис. 4).

С 1998 г. комплекс ГГХМ проводится на участках перспективных поднятий, выявленных сейсморазведкой. С учетом предшествующих исследований разработано «Методическое руководство по оконтуриванию залежей нефти в каменноугольных отложениях методами полевой геофизики и геохимии» при оценке перспектив нефтеносности локальных поднятий, подготовленных сейсморазведочными работами (Близеев, 1999). Метод ГГХМ защищен патентом России в 2004 году №2143714, как способ локального прогноза нефтеносности.

Параллельно, благодаря появлению высокоразрешающей аналитической техники и технологии моделирования генерационно-аккумуляционных УВ-систем, развивается направление геохимических исследований, предназначенных для решения локальных поисковых, оценочных задач, а также мониторинга процессов разработки месторождений.

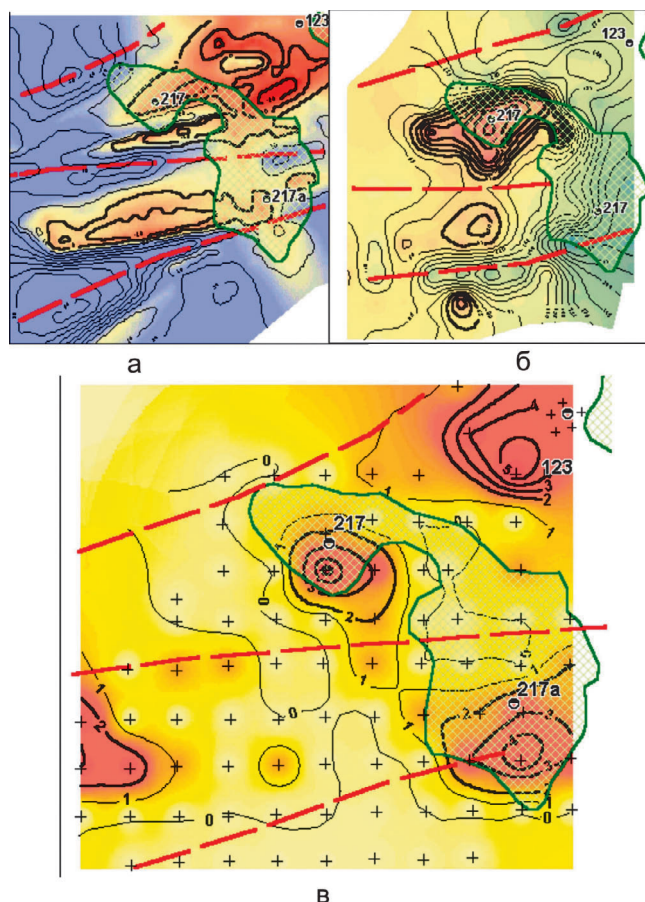


Рис. 4. Результаты положительного прогноза комплекса ГГХМ на Алимовском поднятии Мензелино-Актанышской зоны. а – карта аномалий естественного электрического поля; б – карта аномалий магнитного поля; в – карта аномалий геохимического поля.

С 2003 года партнерами ОАО «Татнефть» являются зарубежные компании W.L. GORE & Associates, GmbH (США) и Petro Geochemical Services GmbH (Германия), используется высокочувствительная геохимическая технология сканирования с поверхности контура скоплений углеводородов, образовавшихся в результате естественных геологических процессов. Технология основана на принципе пассивной адсорбции углеводородов почвенно-грунтового воздуха при помощи сорбера – сборщика, и способна различать микро-, макро-просачивания углеводородов от залежи в приповерхностном почвенно-грунтовом слое и сигнал углеводородных соединений фоновых концентраций.

ТГРУ проводит полевое и научное сопровождение геохимических исследований пассивной адсорбции углеводородных соединений. Первый положительный результат был получен на территории Зимницко-Калмаюрской лицензионной зоне Ульяновской области. Результаты проведенных работ на Поповкинском и примыкающих к нему поднятиях позволили дать рекомендации для продолжения поисково-разведочных работ, а две пробуренные скважины в контуре геохимической аномалии вскрыли УВ залежи. Нефтепродуктивными в исследуемом районе являются терригенные отложения тульского и бобриковского горизонтов нижнего карбона, а также карбонатные отложения каширского и верейского горизонтов башкирского яруса среднего карбона (Рис. 5, 6).

Использование аппаратуры зарубежных фирм: прибор для автоматической подачи проб для производства анализов фирмы Shimadzu/Япония АОС-20i, газохромато-масспектрометр фирмы Shimadzu/Япония GCMS-QP2010, масселективный детектор фирмы Agilent/Канада G2577A; программное обеспечение фирмы Shimadzu/Япония GCMS-Solution 2.10 позволяют определять содержания углеводородов в геохимических пробах-сорбентах с точностью до 1 пикограмма ( $1 \times 10^{-12}$  грамма), выявлять более 80 соединений, включая нормальные алканы, изоалканы, циклоалканы, ароматические углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, алькены, альдегиды и т. д.: от  $C_2$  (этан) до  $C_{20}$  (фитан).

В приповерхностных отложениях осадочного чехла углеводородные компоненты находятся в нано-весовых частях, поэтому чувствительность приборов является необходимым условием успешного поиска залежи углеводородов. На приборах с низкой чувствительностью порядка ppm-% $10^{-6}$  состав отдельных компонентов определяется на уровне шумов. Таким образом, при увеличении чувствительности приборов повышается точность сравнительного анализа.

Геохимические исследования с использованием пассивной адсорбции углеводородов выполнены на лицензионных участках ОАО «Татнефть» в центральной и западной частях РТ и за пределами Республики Татарстан в Ульяновской, Самарской, Оренбургской областях, в Калмыкии, НАО, в Ливии и в Сирийской Арабской Республике.

В 2012 году геохимические исследования по технологии «Способа пассивной адсорбции углеводородов» проведены в Западной Сибири ЯНАО.

Дальнейшее развитие комплекса геофизических и геохимических методов связано с высокой разведанностью недр на поздней стадии освоения нефтяных ресурсов и

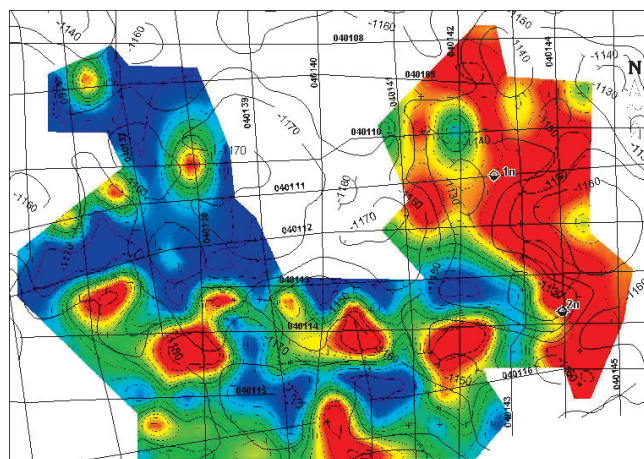


Рис. 5. Геохимическое распространение нефтеподобной вероятности по типу скважины 70.

направлено на локальный прогноз нефтеносности. Применение нового аппаратного оборудования, инновационных технологий, повышение качества исследований сейсморазведки, геофизических данных электромагнитных и геохимических полей, привлечение данных гравиразведки, использование при комплексировании вероятностно-статистических подходов интерпретации и нейрокомпьютерной системы обработки данных, использование методов искусственного интеллекта на основе обучающих нейронных сетей позволило повысить эффективность поисково-разведочных работ.

Возникла идея повышения контрастности поискового «сигнала», при использовании комплексного параметра вероятности. Расчетный параметр вероятности включает структурно-стратиграфические особенности выявленного объекта, геохимические маркеры, изменения естественных геофизических полей в формировании признаков аномалии «типа залежь», регистрируемых с поверхности. На примере Ахтарского поднятия Сармановской площади представлены результаты положительного прогноза перспектив нефтеносности кыновского горизонта верхнего девона при использовании расчетного

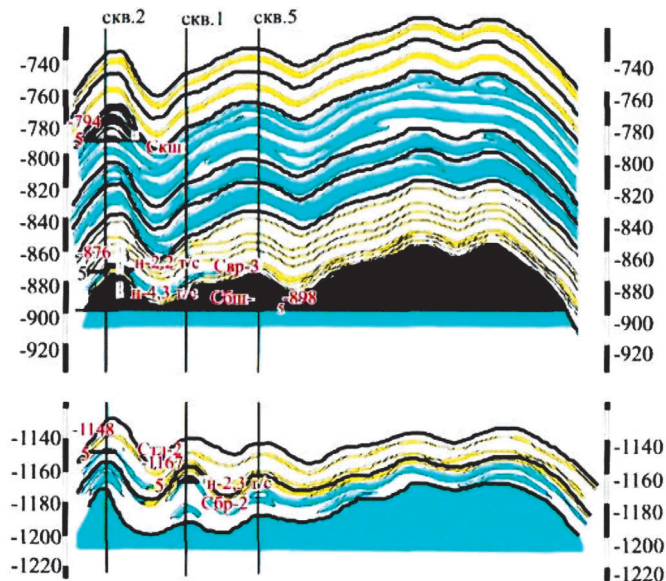


Рис. 6. Геологический профиль по линии (скв. 2, 1, 5) Поповкинского месторождения.

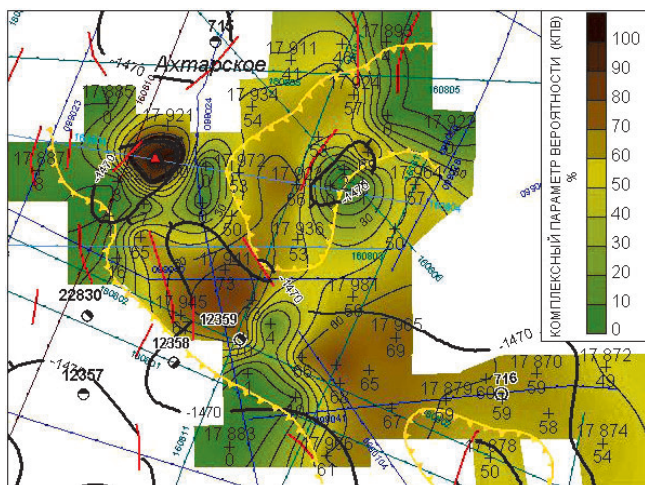


Рис. 7. Карта комплексного параметра вероятности кыновского горизонта верхнего девона на Ахтарском поднятии.

комплексного параметра вероятности.

Задача прироста запасов нефти осуществляемая за счет геологоразведочных работ на новых структурах остается приоритетной. Повышение эффективности нефтепоисковых задач требует использования объективной геолого-геофизической информации, позволяет избежать бурения «лишних» параметрических, ликвидированных по геологическим причинам поисковых и разведочных скважин, не дающих новой информации и не решающих поставленных задач. Экономия каждой скважины способствует значительному снижению материальных затрат и соответственно повышению общей экономической эффективности проводимых работ.

Сегодня комплексные исследования геофизических и геохимических методов проводятся квалифицированным персоналом. Научно-производственный центр ГГХМ Татарского геологоразведочного управления ОАО «Татнефть» оснащен всем необходимым оборудованием для производства полевых исследований, буровых, камеральных, лабораторных работ, программным обеспечением интерпретации, картопостроения и моделирования результатов.

### Литература

Близев А.Б. Разработка методического руководства по оконтуриванию нефтяных залежей в каменноугольных отложениях методами полевой геофизики и геохимии. ТГРУ. Казань. 1999.

Методические рекомендации по выделению перспективных объектов с целью поисков залежей нефти комплексом методов полевой геофизики и геохимии с использованием комплексного параметра вероятности нефтеперспективности. ТГРУ. Казань. 2011.

Сейфуллин Р.С., Портягин Н.З., Изотова О.В. Геоэлектрическая модель залежей углеводородов Западной Украины. *Советская геология*. 1986. №3. 100-107.

Смеркович Е.С. и др. К оценке перспектив нефтеносности локальных поднятий геохимическими методами. *Тез. научно-тех. конф.: «Основные итоги геологоразведочных работ на территории Татарии в XII пятилетке, направления и пути повышения ГРП на 1991-1995 гг.»*. Альметьевск. 1991. 38.

Хисамов Р.С., Боровский М.Я., Гатиятуллин Н.С. Геофизические методы поисков и разведки месторождений природных битумов в Республике Татарстан. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ. 2007. 247.

Швыдкий Э.К. Активные эпигенетические процессы в разрезах над залежами углеводородов и формирование геохимических и геофизических полей. Мониторинг геологической среды: активные эндогенные и экзогенные процессы. *Мат-лы I Всерос. конф.* Казань: Издательство Казанского университета. 2000. 371-375.



S.E. Voitovich, M.G. Chernishova, L.G. Gavrilina, R.I. Gataullin, Yu. A. Grinko, I.V. Dergunov. **Development of Geochemical and Geochemical Methods of Research for Exploration and Prospecting of Oil and Gas Fields**

Main stages of establishment and development of geochemical and geophysical researches oriented on the efficiency increase of exploration works at search and prospecting of oil and gas fields are outlined. Results and new directions of methods development are emphasized.

**Keywords:** geochemical and geophysical research, exploration works, search and prospecting of oil and gas fields.

*Сергей Евгеньевич Войтович*

Главный геолог – первый заместитель начальника Татарского геологоразведочного управления ОАО «Татнефть». Тел.: (843) 292-52-06

*Марина Геннадьевна Чернышова*

Канд. геол.-мин. наук, начальник НПЦ «ГГХМ»

*Людмила Геннадьевна Гаврилина*

Ведущий инженер НПЦ «ГГХМ»

*Руслан Ильдусович Гатауллин*

Заместитель начальника НПЦ «ГГХМ»

*Юрий Александрович Гринько*

Геолог 2 кат. НПЦ «ГГХМ»

*Игорь Валентинович Дергунов*

Геолог 2 кат. НПЦ «ГГХМ»

Татарское геологоразведочное управление ОАО «Татнефть», научно-производственный центр «ГГХМ» (НПЦ «ГГХМ»)

420111 г. Казань, ул. Чернышевского, 23/25.

Тел.: (843) 292-52-13