

УДК 550.382.3

В. Гадиров, д-р геол. наук, зав. лаб. "Грави-магниторазведки",

E-mail: vagif-geo@rambler.ru,

НИПИНефтегаз, ГНКАР, г. Баку, Азербайджан,

А. Меньшов, канд. геол. наук, докторант кафедры геофизики,

E-mail: menshov.o@ukr.net,

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

УНИ "Институт Геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, Украина, 03022,

Р. Кудэравец, канд. геол. наук, ст. науч. сотрудник,

E-mail: romankud@cb-igph.lviv.ua,

Карпатское отделение Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,

ул. Научная, 3-б, г. Львов, 79060, Украина,

К. Гадиров, магистр,

E-mail: vagif-geo@rambler.ru,

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

ГРАВИ-МАГНИТОРАЗВЕДКА ПРИ ПОИСКАХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА И УКРАИНЫ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, ст. науч. співроб. М.І. Орлюком)

Залежи углеводородов, находящиеся в различных нефтегазоносных регионах Азербайджана и Украины, отображаются в гравитационном и магнитном полях, под их воздействием изменяется магнитная восприимчивость верхней части геологического разреза и почвенного покрова. Результаты исследований в условиях Азербайджана на примерах месторождений Мурадханлы и Джафарлы зафиксировали локальные магнитные минимумы интенсивностью 30–40 нТл. Аномальный эффект грави-магнитных полей больше зависит от мощности нефтегазовой залежи, нежели от ее глубины. Глубокозалегающие нефтегазовые залежи в грави-магнитных полях отображаются благодаря дополнительному аномальному эффекту, созданному субвертикальной зоной над залежью. В качестве примера изучения магнитного поля и магнетизма почвенного покрова в пределах отложений углеводородов в Украине исследованы Вижомлянское и Судово-Вишнянское месторождения. На фоне региональной аномалии магнитного поля идентифицированы участки, где поле заметно осложняется локальными минимумами с амплитудой порядка 2–8 нТл и шириной 1–3 км. Кроме того, на краях этих локальных аномалий присутствуют короткопериодные максимумы, интенсивностью 10–20 нТл. Повышение значений магнитной восприимчивости почвенного покрова и ее высокая дисперсия связаны с формированием аутигенных оксидов и сульфидов железа под воздействием рассеивания углеводородного флюида над залежью. Такими магнетиками могут быть диагенетические магнетит, маггемит, пирротин. Для повышения эффективности и однозначности интерпретации результатов изучения магнитного поля, магнетизма почвы, природы локальных магнитных аномалий над углеводородными структурами оптимальным подходом является комплексирование с другими геофизическими, геохимическими, литологическими, неотектоническими и почвоведческими исследованиями.

Ключевые слова: магниторазведка, гравиразведка, магнитная восприимчивость, почва, углеводороды.

Введение. Геофизические методы в современных условиях играют важнейшую роль при поисках залежей нефти и газа, что подтверждается практическими результатами отображения присутствия углеводородов (УВ) в аномальных полях и физических свойствах природных объектов. Еще в конце 50-х годов XX века было показано, что в сейсмических полях обнаруживается поглощение (затухание) энергии волн в несколько раз, а в гравитационном поле проявляются локальные минимумы над залежами нефти и газа [14, 23]. Это послужило основой для постановки задачи прямых поисков залежей нефти и газа геофизическими методами [10].

Последующими многочисленными исследованиями была доказана связь малоамплитудных локальных аномалий силы тяжести и магнитного поля с залежами углеводородов как в платформенных, так и в геосинклинальных областях [1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 15, 16, 17, 27, 36]. Показано наличие относительных температурных максимумов, являющихся признаками залежей УВ [28]. Например, в пределах газового месторождения Южно-Луговское на юге о. Сахалин с 2003 г. были проведены сейсмические, гравиметрические, магнитные, термометрические наблюдения и обнаружены устойчивые закономерности. Установлено, что плановое расположение месторождения отображается в гравитационном и термическом полях. Также выявлено, что эти аномальные зоны отмечаются и в сейсмических временных разрезах [20].

Изучением магнитного поля над месторождениями нефти и газа, а также перспективными структурами в пределах Южной и Северной прибортовых зон Центральной части Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), выявлены локальные магнитные аномалии ΔT_a , в основном положительные, амплитудой от 4 до 6 нТл, шириной от 3 до 6 км, сводообразной и волнообразной

формы. В пространстве максимумы выделенных аномальных эффектов ΔT_a часто смещены от свода исследованных структур по горизонтам нижнего карбона и тяготеют к рифогенным структурам с залежами нефти и газа, тектоническим нарушениям, которые экранируют залежь [9, 18]. В пределах месторождений УВ с помощью магнитных исследований во Внешней зоне Предкарпатского прогиба выявлены отрицательные магнитные аномалии амплитудой 4–7 нТл и установлена генетическая связь между локальными магнитными аномалиями, магнитными свойствами почвенного покрова и нефтегазоносностью [40, 43, 44]. Над нефтепродуктивной зоной месторождения Зданице в Чешской Республике гаммаспектрометрией установлено заметное снижение содержания таких веществ, как К, U, Th относительно фона, а по образцам, отобранным из неглубоких (до 20 м глубиной) скважин, зафиксировано увеличение содержания Ra (радон) в почвенных газах, магнитной восприимчивости и содержания серы [41]. В пределах нефтегазоносного бассейна Баринас-Апуре (Венесуэла) по результатам исследования 5425 образцов бурового шлама, отобранных из двадцати нефтяных скважин с разных глубин (от поверхности до 4000 м), была сделана попытка связать выявленные магнитные аномалии пород разного возраста с наличием скоплений УВ [45].

Важными являются результаты, полученные в работе [19], где детально рассматривается связь между аномальным магнитным полем над месторождениями УВ и диагенетическими изменениями магнитных минералов, что приводит к понижению или повышению намагниченности соответствующих горных пород на примере ДДВ. В результате исследований пород из

© Гадиров В., Меньшов А, Кудэравец Р., 2016

скважин северо-западной части ДДВ удалось обнаружить области разуплотнения аргиллитов глубже 5000 м на фоне повышения значений магнитной восприимчивости. Также авторами отмечены отдельные интервалы пород с низкой плотностью и повышенной магнитной восприимчивостью на примерах Борзнянской, Нежинской, Зорьковской, Петровской, Гужевской и Савинковской скважин.

При изучении магнитного поля в пределах залежей УВ важным является учет магнитных аномалий, которые формируются за счет магнитных свойств пород верхней части геологического разреза и почвенного покрова. Кроме того, магнетизм почв может использоваться в качестве прямопоискового критерия. Оптимальным подходом является комплексирование информации о магнитных свойствах почвы, подстилающих горизонтов, магниторазведки с другими геофизическими и геохимическими полями и свойствами природных объектов. Так, в работе [31] приведена высокоэффективная методика магнитных исследований на основе определения концентраций диагенетических (аутигенных) магнитных минералов в почвах и горных породах в комплексе с аэромагниторазведкой. Указывается, что существует генетическая связь между миграцией УВ и формированием аутигенного магнетита. Авторы [42] рассматривают магнитные свойства некоторых пород в скважине NWA-1, которая вскрывает меловые и силурийские горизонты. Дисперсия магнитной восприимчивости указывает на изменение геохимического и минералогического состава литологических слоев. Обнаружены метаморфические преобразования и перемагничивания пород продуктивных горизонтов. В продолжение темы аутогенетических изменений более глубоких слоев в пределах месторождений нефти и газа отметим работу [25]. С шагом 2 см проведено 8760 замеров магнитной восприимчивости в скважине. В большинстве случаев контрасты магнитной восприимчивости совпадают с высокой плотностью трещин, содержанием сланцев (увеличение гамма-излучения в данном интервале). По анализу параметров петли гистерезиса и термомагнитных кривых было идентифицировано в зонах повышенных значений магнитной восприимчивости присутствие магнетита и пирротина вторичного происхождения. Публикация [26] посвящена магнитному анализу почв и горных пород трех нефтяных скважин месторождения Ла-Виктория, Венесуэла. Зафиксирована высокая концентрация субмикронных сферических агрегатов магнитных минералов в нефтесодержащих слоях геологического разреза, которые характеризуются максимумами магнитной восприимчивости. Кроме того, в работах [28, 38] на основе измерения магнитной восприимчивости, электронного парамагнитного резонанса и определения концентрации радикалов органических веществ зафиксированы их тесные корреляционные связи в присутствии УВ. Такие закономерности отмечены как для почвенного покрова, так и верхней части геологического разреза. Кроме того, в работе [27] обнаружено, что гематит и магнетит являются продуктами позднего диагенеза под влиянием углеводородных флюидов.

Таким образом, выясняется, что нефтегазовые залежи, находящиеся в различных нефтегазоносных регионах мира, с уверенностью отображаются в геофизических полях, в том числе, гравитационном и магнитном, а также изменяют магнитную восприимчивость почвенного покрова.

Обоснование грави-магнитных аномалий. В процессе анализа материалов геофизических и петрофизических исследований, собранных по разным структурам и регионам, установлено, что породы, образующие за-

лежи нефти и газа, по своим физическим параметрам отличаются от окружающих пород, в первую очередь, от водоносных коллекторов. Плотность коллекторов в пределах залежи, насыщенных нефтью и газом, по сравнению с плотностью пород, размещенных за контуром залежи, уменьшается до $0,1\text{--}0,15\text{ г/см}^3$ и $0,1\text{--}0,25\text{ г/см}^3$ соответственно. Увеличивается электрическое сопротивление в 1,5–5 раз, а поляризация пород более чем на 15%. Уменьшаются скорость продольной сейсмической волны на 25–30%, магнитная восприимчивость пород в 2–8 раз, увеличиваются поглощение сейсмических волн в 10 раз и температура на 10–18% [4, 5, 35].

Исследования, проведенные на различных месторождениях нефти и газа, показывают, что эффективная плотность в области залежи изменяется в пределах $0,1\text{--}0,25\text{ г/см}^3$, что приводит к появлению отрицательных аномалий в гравитационном поле в пределах $0,1\text{--}2,0\text{ мГал}$, в зависимости от мощности залежи и состава УВ [4, 35].

Предполагается, что именно нефть и газ приводят к изменению физических свойств вышележащих и окружающих залежь пород. Миграция легких фракций УВ в вышележащие слои влияет на физические свойства пород над залежью. Соответствующие изменения зафиксировали многие исследователи. Например, Дж. Харрис (1908 г.) в Луизиане, Ф. Ривз (1922 г.) на нефтяном месторождении Цемент в Оклахоме, Т. Донован (1979 г.) и многие другие установили, что в породах над нефтяными залежами происходит пиритизация, изменение цвета и намагниченности пород.

В осадочном чехле над залежью скапливаются магнитные минералы, такие как магнетит, маггемит, гематит, грейгит, что является физико-геологической предпосылкой применения магниторазведки для поиска залежей нефти и газа. Часто осадочные отложения отличаются низкой магнитной восприимчивостью. В то же время, под воздействием УВ в субвертикальной зоне над залежью происходят вторичная минерализация, перенос микропузырьками тяжелых металлов из области залежи, которые приводят к изменению магнитного поля над залежью [21, 23, 32].

Магнитные аномалии, наблюдаемые над месторождениями нефти и газа, объяснялись также протеканием естественных электрических токов над месторождениями, и приводящих к появлению тепловых и магнитных аномалий (С.Дж. Пирсон, 1971, Р.С. Сейфуллин, 1980).

Методологические основы применения магнетизма почвенного покрова и магнитометрии для поисков УВ заложены в работе [46], где обоснованы физико-химические основы метода. Сейчас построено несколько моделей физико-химических изменений магнитной минералогии в почвах и подстилающих горных породах под действием УВ. Первая такая модель предложена в работе [29]. Она включает диагенетические изменения магнетитовой фазы. Позднее в работе [37] описана роль сульфидов железа в аутогенетических преобразованиях. В работе [39] рассмотрены микробиологические и термохимические превращения, а в публикации [30] детально исследуется замещение сидерита. Также результаты исследований [47] указывают на то, что качественную интерпретацию миграции молекул нефти и газа можно дать на основе термодинамической теории диффузии газов и жидкости.

Субвертикальные неоднородности над залежью и их физические характеристики. Согласно выдвинутой "геосолитонной" концепции образования углеводородных месторождений, независимо от типа ловушек их объединяет общий механизм образования [3]. Отмечается наличие субвертикальных каналов под всеми типами месторождений, тянущихся в глубину Земли.

По мнению авторов, образование таких субвертикальных зон связано с разломами и процессами дегазации Земли. Их называют "субвертикальный геологический объект", "зона разрыва и напряжения", "зона высокой проводимости" и т.д. Они определяются как "каналы флюидопотоков", а в сейсмической волновой картинке такие зоны отражаются "волновым рассеянием" и высокой "сейсмической мутностью". Обосновывается связь миграционных путей УВ именно с "вертикальными зонами сейсмической мутности" и расположением залежей вблизи этих зон [12, 22].

Образование над залежами субвертикальных зон, отличающихся своими физическими параметрами, объясняется распределением тектонического напряжения и деформации в пределах геологических структур, уменьшением плотности над залежью вследствие миграции легких фракций УВ к поверхности Земли [6, 11]. Геохимические исследования также показывают, что такие зоны над залежью могут прослеживаться вплоть до земной поверхности.

Отмеченные субвертикальные зоны такого типа, естественно, отличаются своими физическими параметрами от окружающей среды. Подобные субвертикальные геологические объекты находят своё отображение во всех геофизических полях, в том числе, сейсмическом, гравитационном, магнитном, электрическом, теп-

ловом, а также при геохимической съемке [3, 13, 22, 23]. Такие исследования требуют изучения образования нефтегазовых месторождений и связанных с ними вторичных геологических факторов, а также физико-геологических основ их отображения в геофизических полях на основе новых концепций и взглядов.

В ряде случаев количественные оценки изменений физических параметров субвертикальной зоны над залежью отсутствуют, поскольку по керновым материалам сложно устанавливать незначительные изменения физико-химических параметров. По результатам изучения некоторых физических параметров, полученных в лабораторных условиях по кернам Среднекуринской депрессии Азербайджана [7, 34, 35], нами была проведена количественная оценка изменения магнитной восприимчивости, температуры и плотности пород в пределах и вне залежи (табл. 1). В дальнейшем эти данные были использованы при составлении физико-геологической модели нефтяных месторождений в Азербайджане. Отмечая значимость вертикальных неоднородностей в геологическом разрезе при поиске залежей нефти и газа, в т.ч. глубокозалегающих, используя температурные изменения в зоне залежи, удалось вывести формулу, позволяющую количественно оценить относительное уменьшение плотности пород в субвертикальной зоне над залежью [33].

Таблица 1

Физические параметры отложений на юго-восточной части Среднекуринской впадины

Возраст отложений и индексы	Литоология	Глубина и средняя мощность, м	Плотность (кг/м^3) и пористость, %	Магнитная воспр., $\times 10^{-6}$ СИ		Температура, t, °C		Изменения физических параметров над залежью		
				За контуром залежи	В пределах залежи	За контуром залежи	В пределах залежи	Магнит. воспр., $\Delta\alpha$, $\times 10^{-6}$ СИ	Температура Δt , °C	Дефект плотности, вычисленный по формуле $\Delta\sigma$, кг/м^3
Четвертичный Q	песчаники, пески	$\frac{0}{400}$	$\frac{2050}{20-25}$	-	-	25,0	27,5	-	2,5	0,8
Абшерон Qab	песчаники, глины, пески	$\frac{400}{1200}$	$\frac{2100}{18-30}$	500	-	49,0	53,9	-	4,9	1,8
Акчакул N ₂ ak	"-----"	$\frac{1600}{500}$	$\frac{2100}{18-30}$	700	-	58,9	65,6	-	6,7	2,4
Продукт. толща (Балаханский ярус) N ₂ ¹	глины с прослойками песчаников, песчаники	$\frac{2100}{200}$	$\frac{2230}{15-20}$	600	400	63,0	70,4	200	7,4	2,1
Верхн. миоцен N ₁ ³	песчаники, глины	$\frac{2300}{500}$	$\frac{2210}{15,9}$	980	150	73,1	82,6	830	9,5	2,5
Чокрак N ₁ ² ч	песчаники, просл. мергелей и доломит.	$\frac{2800}{50}$	$\frac{2210}{15,9}$	650	160	74,1	83,9	490	9,8	2,6
Майкоп P ₃ +N ₁ ¹	глины, алевролиты, прослойки песков и песчаников	$\frac{2850}{650}$	$\frac{2300}{16,2}$	1100	130	87,3	100,4	970	13,1	3,5
Эоцен P ₂	глины известков., просл. известняков и доломитов	$\frac{3500}{700}$	$\frac{2340}{11,2}$	3000	500	101,6	119	2500	17,4	3,6
Палеоцен P ₁	"-----"	$\frac{4200}{50}$	$\frac{2350}{9}$	6500	2140	102,6	120,6	4360	18	3,2
Верх. мел, K ₂	осад.	известняки, аргиллиты, мергели	$\frac{4250}{>1000}$ $\frac{2650}{0,9-3,8}$	>9000	-	-	-	-	-	-
	вулк.	андезиты, базальты, порфириды		>20000	3300	-	-	>10000	-	-

Результаты. Результаты грави-магнитной разведки, проведенной на различных нефтегазовых площадях Азербайджана, показали, что при особом подходе можно выделить характерные локальные гравитационные и магнитные аномалии, связываемые с залежью нефти и газа [7, 34]. При этом важным фактором является точность и алгоритм работ. В первую очередь, необходимо построить аппроксимационную кривую (региональный фон), проходящую через минимальные значения наблюдаемого поля [36]. Затем выявленные в поле силы тяжести локальные максимумы восстанавливаются по краевым градиентам этих полей. Разница между наблюдаемым и восстановленным полями отражает характерную гравимагнитную аномалию, связываемую с нефтегазоносностью.

Исследования, проведенные на реальных моделях (на примере известных Мурадханлинского и Джафарлинского месторождений), показывают, что по вышеописанному методу, возможно выявить поднятия, разломы, распределения эффузивных пород и нефтегазовых месторождений [36, 34].

Установлено уменьшение плотности пород до $0,15\text{--}0,17\text{ г/см}^3$ в пределах нефтеносной части залежи в Среднекуринской впадине. При этом вычисленная гравитационная аномалия в зависимости от мощности залежи составляет $0,2\text{--}0,3\text{ мГал}$. Магнитная восприимчивость пород не только в пределах залежи, но и над и под залежью, уменьшается в несколько раз. Проведенные на известных месторождениях нефти (Мурадханлинском, Джафарлинском, Тарсдаллярском, Газанбулагском, Бабазананском, Бяндованском и др.) грави-магнитные исследования показали, что над месторождениями наблюдаются гравитационные и магнитные минимумы интенсивностью $0,2\text{--}0,8\text{ мГал}$ и $20\text{--}30\text{ нТл}$. Поэтому комплексирование этих методов увеличивает эффективность прогнозирования нефтегазовых залежей [20, 33].

Анализ физических параметров отложений юго-восточной части Среднекуринской впадины показывает, что магнитная восприимчивость, температура, плотность пород над залежью заметно отличаются от таковых, установленных в законтурной части залежи (табл. 1). Таким образом, были определены физические параметры пород, составляющих разрез над нефтегазовой залежью и использованных при составлении физико-геологической модели Мурадханлинского (рис. 1) и Джафарлинского (рис. 2) месторождений.

Количественно была оценена разность физических параметров пород в субвертикальной зоне над и под залежью по отношению к законтурной ее части. Например, если в отложениях абшерона, акчагыла в продуктивной толще законтурной части залежи магнитная восприимчивость и температура равны $60 \times 10^{-6}\text{ СГС}$ и 52°С соответственно, то в зоне над залежью они составили $40 \times 10^{-6}\text{ СГС}$ и 59°С . Как видно, в субвертикальной зоне над залежью магнитная восприимчивость уменьшается на $200 \times 10^{-6}\text{ СИ}$ или же в 1,5 раза, а температура увеличивается на 7°С или же на 13%.

В миоценовых и майкопских отложениях над залежью магнитная восприимчивость уменьшается, соответственно, на $800 \times 10^{-6}\text{ СИ}$ (в 6,3 раза) и на $97 \times 10^{-6}\text{ СИ}$ (в 8,5 раза). При этом температура повышается в среднем на 10–17%. С увеличением глубины увеличивается разность в физических параметрах пород над залежью и за контуром залежи (рис. 1–2, табл. 1).

На основе изучения кернового материала, отобранного из скважины на площадке Мурадханлы, установлено, что магнитная восприимчивость вулканогенных об-

разований в сводовых и крыльевых частях структуры сильно отличается. Если на крыльях структуры магнитная восприимчивость составляет в среднем $(20000\text{--}25000) \times 10^{-6}\text{ СИ}$, то в сводовых частях она уменьшается до $3300 \times 10^{-6}\text{ СИ}$. Можно предположить, что УВ способствуют изменению физических свойств пород в зоне залежи относительно окружающих их отложений.

Анализ фактического материала показал, что уменьшение плотности и магнитной восприимчивости в нефтегазовых залежах и в субвертикальных зонах над ними является причиной образования своеобразных аномалий в гравитационных и магнитных полях. Вычисления гравитационных и магнитных аномалий для залежи и субвертикальной зоны в отдельности на реальных моделях нефтяных площадей Мурадханлы и Джафарлы выявили весьма интересные факты. На площади Мурадханлы (рис. 1) вычисленный гравитационный эффект самой залежи составляет $0,23\text{ мГал}$, тогда как субвертикальная зона над залежью образует дополнительную аномалию $0,12\text{ мГал}$, недоучет которой может привести к потере величины аномалии. Нефтяная залежь и субвертикальная зона совместно создают аномалию интенсивностью $0,35\text{ мГал}$, которая соответствует аномалии в наблюдаемом поле. Величина вычисленной магнитной аномалии субвертикальной зоны над залежью достигает $15\text{--}20\text{ нТл}$. Уменьшение магнитной восприимчивости под залежью в эффузивных образованиях дополнительно создает магнитный эффект до 20 нТл . Таким образом, вся зона залежи создает магнитный эффект интенсивностью до 40 нТл . Как ни странно, аномалия самой залежи намного меньше эффекта субвертикальной зоны и не превышает 2 нТл .

Используя формулы, указанные в работе [28], для подсчета величины уменьшения плотности в субвертикальной зоне было показано, что в зоне над залежью плотность пород уменьшается до $2\text{--}3,6\text{ кг/м}^3$.

Подобные результаты были получены и на площади Джафарлы (рис. 2). Прямые вычисления показали, что гравитационные эффекты залежи и субвертикальной зоны над ней из-за увеличения глубины залежи, по сравнению с площадью Мурадханлы, почти равны и составляют $0,14\text{ мГал}$, т.е. залежь и субвертикальная зона совместно создают аномалию в размере приблизительно $0,28\text{ мГал}$, что соответствует выделенной аномалии в наблюдаемом поле. Вычисленная магнитная аномалия зоны над залежью составляет около 15 нТл , а зоны под залежью около 17 нТл . Аномалии всей зоны залежи превышают 30 нТл .

В качестве примера изучения магнитного поля и магнетизма почвенного покрова в пределах отложений УВ в Украине рассмотрим Вижомлянское и Судово-Вишнянское месторождения. Над этими газовыми месторождениями Внешней зоны Предкарпатского прогиба была проведена магнитная съемка, а также изучен почвенный покров и его магнитные характеристики.

На рис. 3-а приведены графики аномального магнитного поля ΔT по профилям 8, 8а и 8б.

Анализируя структуру магнитного поля, в целом отметим, что на фоне региональной аномалии ΔT на всех профилях видны отдельные участки, где поле ΔT заметно осложняется локальными минимумами с амплитудой порядка $2\text{--}8\text{ нТл}$ и шириной от $1\text{--}3\text{ км}$. Кроме того, на краях этих локальных аномалий присутствуют короткопериодные максимумы интенсивностью $10\text{--}20\text{ нТл}$.

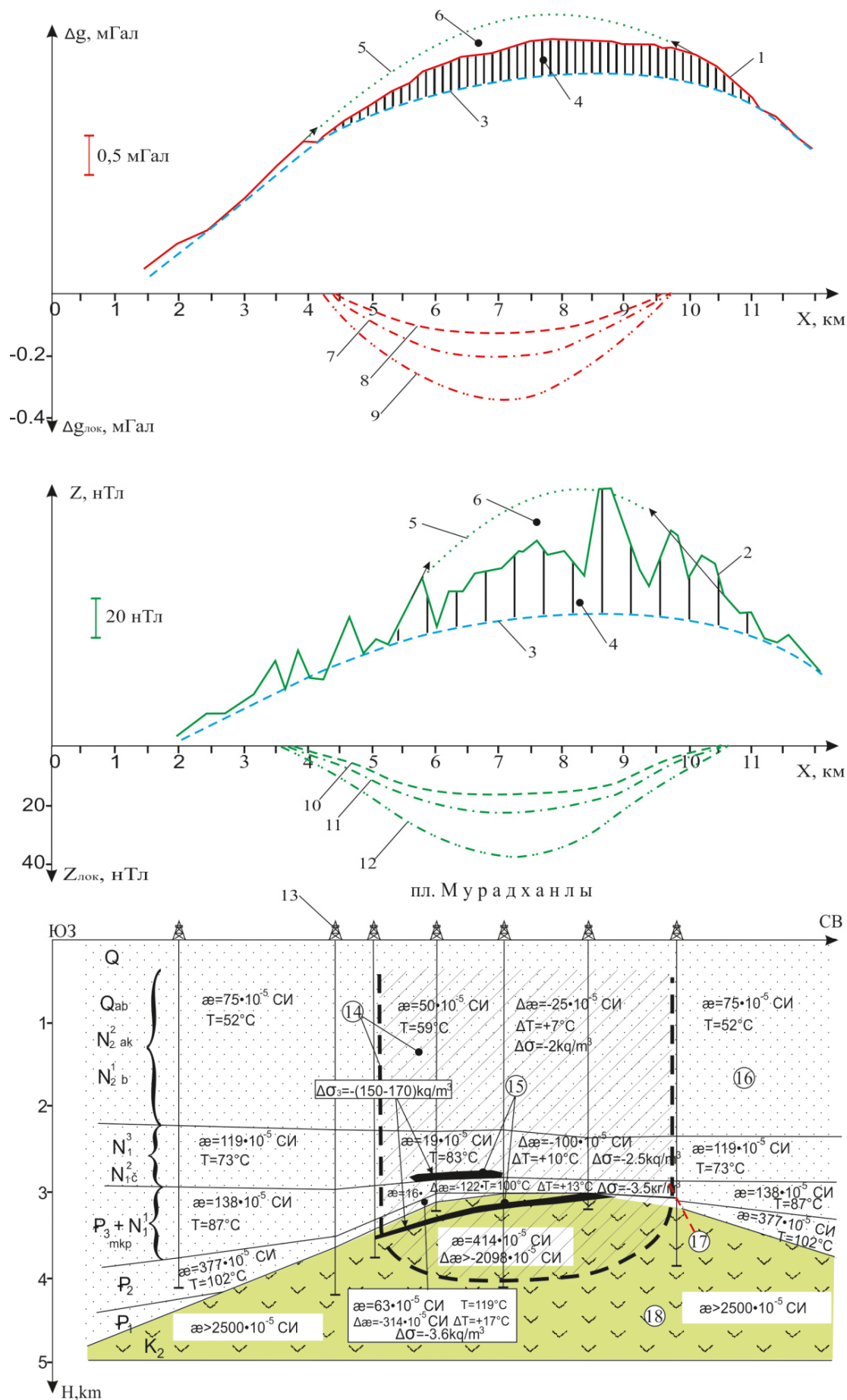


Рис. 1. Геолого-геофизическая модель месторождений Мурадханлы, Азербайджан

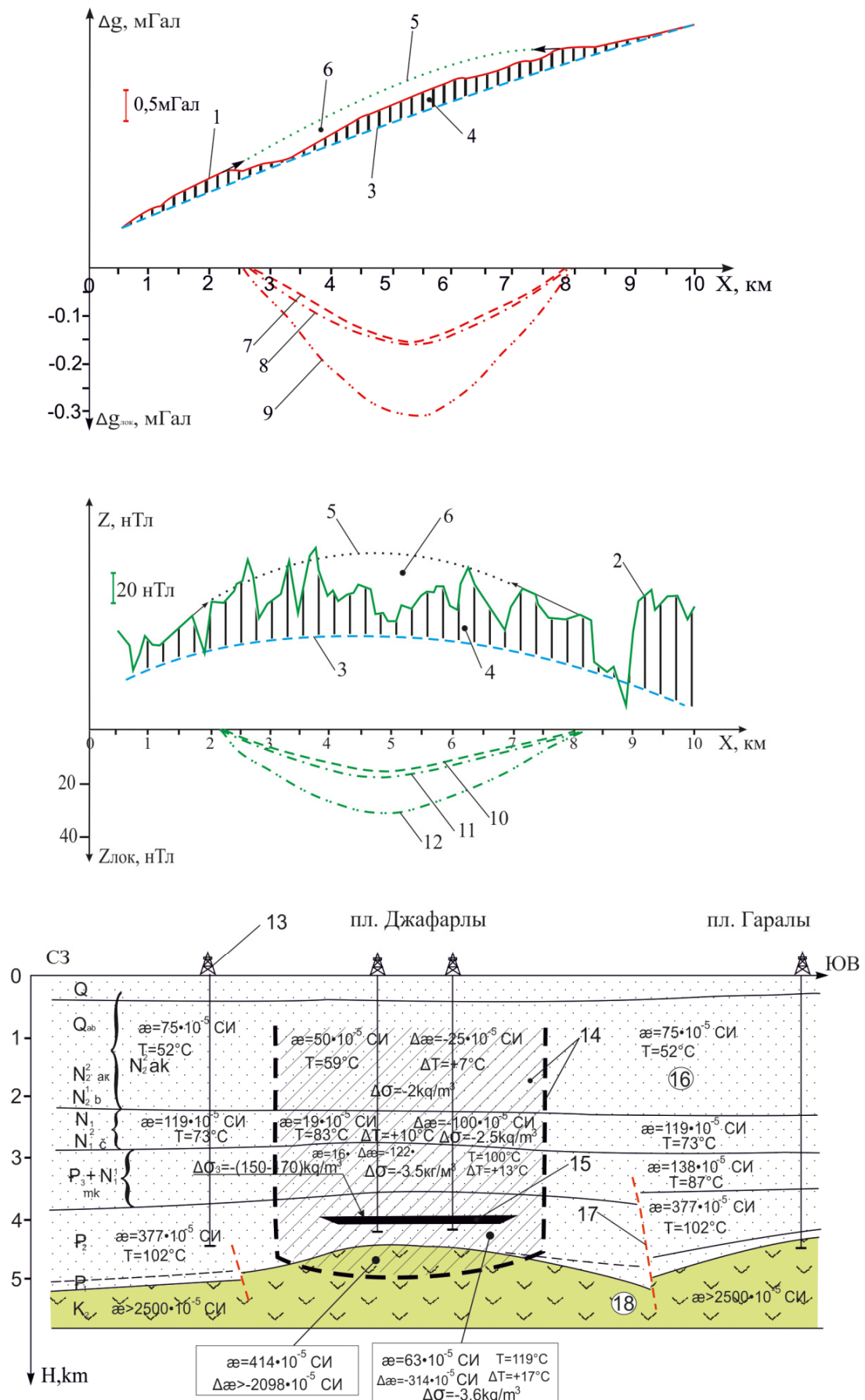


Рис. 2. Геолого-геофизическая модель месторождений Джафарлы, Азербайджан

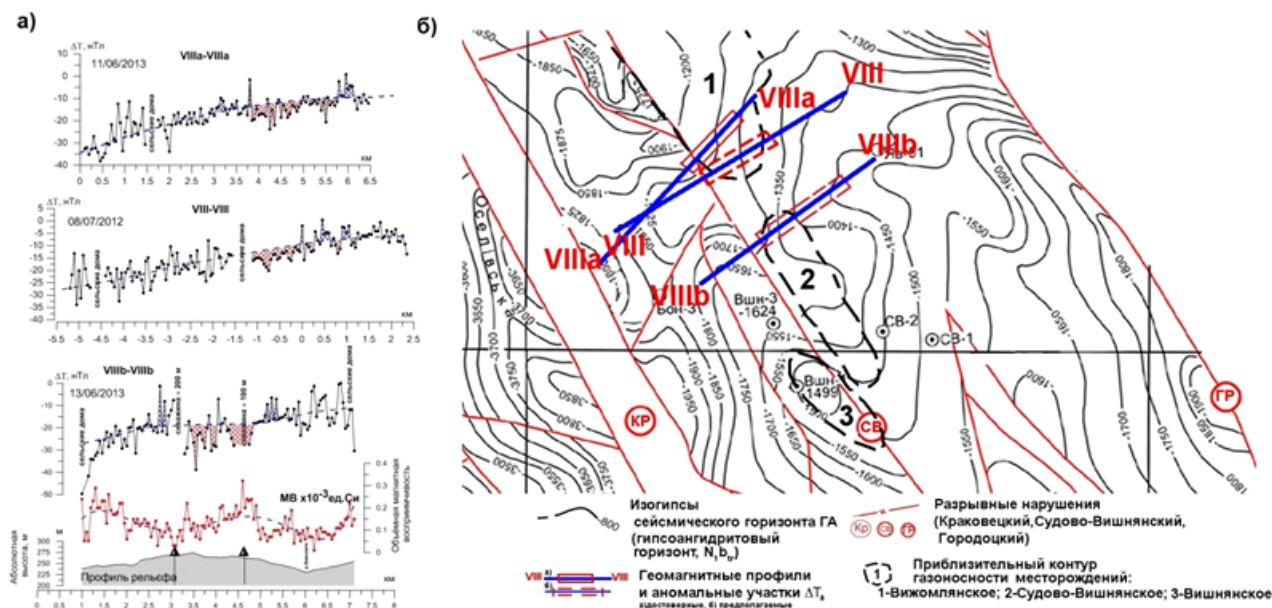


Рис. 3. Результаты магниторазведки и изучения магнитной восприимчивости почв (Предкарпатский прогиб, Украина):
 а – разностное аномальное магнитное поле ΔT вдоль профилей 8, 8а, 8б и участки локальных магнитных аномалий ΔT_a (выделено красным), магнитная восприимчивость и профиль рельефа (8б); б – структурная карта гипсоангидритового горизонта с расположением геомагнитных профилей и аномальных участков ΔT_a в пределах Вижомлянского и Судово-Вишнянского месторождений

В 2012 г. были проведены измерения вдоль профиля 8 для изучения локальной структуры магнитного поля в районе Краковецкого и Судово-Вишнянского разломов. После обработки результатов и выделения локальной составляющей поля ΔT , юго-западная часть аномального участка ΔT_a между пикетами -1700 – -1000 м оказалась сильно искажена помехами. Поэтому был заложен профиль 8а под некоторым углом к профилю 8, обходящий поселок. Как видно из рис. 3, на этом профиле четко выделяется отрицательная аномалия ΔT_a амплитудой 4 – 6 нТл, которая дополнительно осложняется на краях положительными максимумами (8 – 10 нТл), (пикеты 3000 , 6000 м) достигая длины свыше 3 км, (пикеты 2750 – 6250 м). При сравнении пространственных положений этих двух локальных аномальных участков видна их высокая корреляция и приуроченность к контурам Вижомлянского газового месторождения. Обе аномалии ΔT_a смещены от антиклинальных поднятий по гипсоангидритовому горизонту и тяготеют к крыльям структуры и Судово-Вишнянскому региональному разлому.

Для изучения структуры магнитного поля в юго-восточном направлении были проведены измерения модуля T на профиле 8б длиной около 6 км. Вследствие наличия вблизи профиля эксплуатационных скважин Судово-Вишнянского месторождения, структура аномального магнитного поля очень искажена. Тем не менее, можно проследить наличие характерной уже для этого района отрицательной магнитной аномалии ΔT_a амплитудой порядка 5 – 7 нТл и шириной порядка 2 км в ее центральной части с осложнениями на флангах высокочастотными максимумами.

По своему облику и амплитуде [9] эти аномалии приближаются к выделенным нами ранее над нефтегазовыми месторождениями в Предкарпатском прогибе и ДДВ. К их формированию были причастны эпигенетические магнитные неоднородности в верхней части разреза геологических структур над залежами нефти и газа [40, 43, 44].

Рассмотрим теперь распределение магнитной восприимчивости почвенного покрова вдоль профиля 8б.

Почвы, в основном, являются слабوماгнитными (рис. 3-а). Представлены дерново-подзолистыми, дерновыми, местами, светло-серыми, почвами. Часто в почвенном покрове преобладают почвы луговые, с переходом к болотным. Повышение значений магнитной восприимчивости отмечается в местах сельскохозяйственной обработки земель, например, пикеты 1200 – 1800 м. Также наличие серых лесных почв на лесном участке (пикеты 4200 – 4800 м) ведет к повышению величин магнитной восприимчивости. Следует отметить, что именно в этом промежутке располагается скважина Вишнянская №18 (рис. 4). Повышение и высокая дисперсия значений магнитной восприимчивости на этом участке может быть связана с формированием аутигенных более магнитных ферримангнетиков под воздействием рассеивания углеводородного флюида от залежи. Высокая дисперсия значений свидетельствует и об обратном процессе замещения ферримангнетических минералов, например, магнетита, маггемита и пирротина, менее магнитными антиферромагнетиками, например, гематитом. Такие процессы в почвах могут сменяться в зависимости от условий почвообразования, гидроморфизма, присутствия кислорода, сезонности и интенсивности осадков.

Таким образом, приведенные результаты демонстрируют, что геофизические эффекты, создаваемые собственно месторождениями УВ, субвертикальной зоной над залежью, должны учитываться при изучении геофизических полей.

Выводы. Совпадение полученных для нефтегазовых районов Азербайджана, России, Узбекистана, Казахстана, Беларуси, Украины гравиметрических и магнитометрических локальных минимумов и максимумов с контурами нефтегазовых залежей, а также обнаруженные новые залежи, являются достаточно весомым обоснованием возможностей этих методов. При этом, согласно фактическим материалам и теоретическим исследованиям, появляется основание для применения методов для прямых поисков УВ.

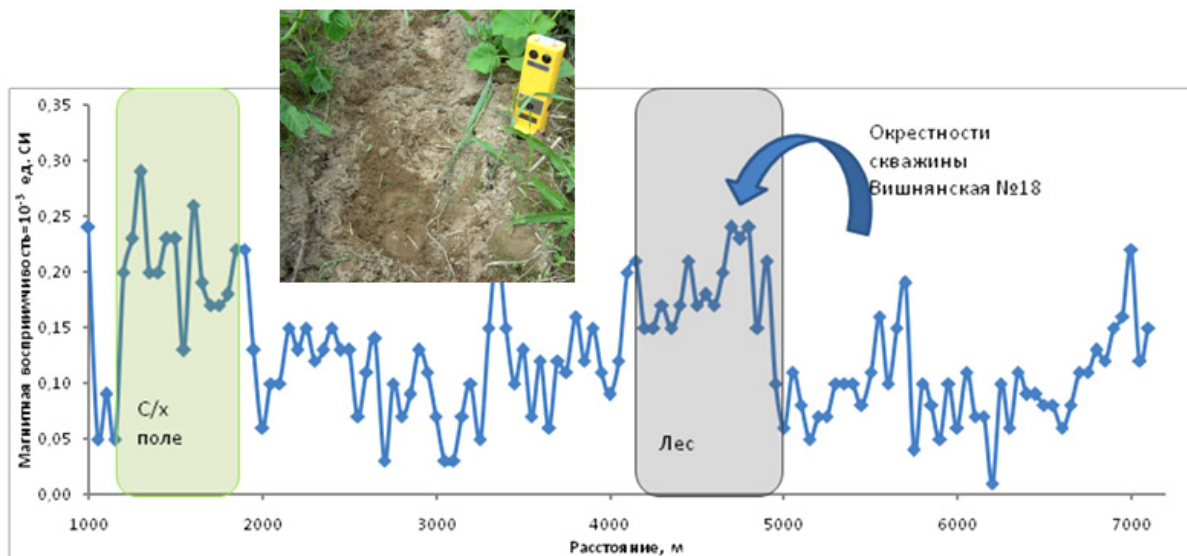


Рис. 4. Магнитная восприимчивость почв вдоль профиля 86, Судово-Вишнянская структура

Результаты исследований в условиях Азербайджана показали:

- нефтяные залежи, независимо от их структурной формы, в гравитационном и геомагнитном полях отмечаются локальными минимумами;
- интенсивность локальных грави-магнитных минимумов в большей степени зависит от мощности нефтегазовой залежи, нежели от ее глубины;
- глубокозалегающие нефтегазовые залежи в грави-магнитных полях отображаются, благодаря дополнительному аномальному эффекту, созданному субвертикальной зоной над залежью;
- высокая интенсивность локальных магнитных минимумов (30-40 нТл) в Среднекуринской впадине связана с наличием вулканогенных пород в геологическом разрезе и с наибольшим уменьшением в них магнитной восприимчивости;
- диагностическими признаками обнаружения нефтегазовых залежей гравиметрической и магнитометрической разведками могут служить характерные локальные минимумы, выделенные по градиентным зонам на фоне локальных максимумов.
- Результаты исследований в условиях Украины показали:
 - в структуре аномального магнитного поля над Вишномлянским и Судово-Вишнянским газовыми месторождениями выявлены отрицательные магнитные аномалии амплитудой 4–7 нТл, шириной 3 км со сложной морфологией, сопоставимые с контурами газовых залежей;
 - почвенный покров данного района представлен слабомагнитными почвами. Дифференциация магнитной восприимчивости является слабой. В то же время, отмечены некоторое повышение значений магнитной восприимчивости и ее высокая дисперсия в окрестностях скважины.

Для эффективной и более однозначной интерпретации результатов изучения магнитного поля, магнетизма почв, природы локальных магнитных аномалий над углеводородными структурами необходимо комплексирование с другими геофизическими, геохимическими, литологическими, неотектоническими, почвоведческими исследованиями.

Список использованных источников:

1. Агульник И.М. Опыт и результаты применения высокоточной гравиразведки при прямых поисках нефти на примере Верх-Тарского Малоличского место-рождений / И.М. Агульник, Е.М. Звягин, С.А. Колчин, И.Н. Михайлов, А.А. Яковенко // Повышение геологической эффективности и практические способы интерпретации гравиразведочных работ. 1982. – С. 58–65.
2. Бабаянц П.С. Интерпретация аэрогеофизических данных при поисках месторождений нефти и газа / П.С. Бабаянц, Ю.И. Блох, В.А. Буш, А.А. Трусов // Разведка и охрана недр. – 2006. – № 5. – С. 13–18.
3. Бембель Р.М. Поиски и разведка месторождений углеводородов на базе геосолитонной концепции дегазации земли / Р.М. Бембель, В.М. Мегеря, С.Р. Бембель // Геология нефти и газа. – 2006. – № 2. – С. 2–8.
4. Березкин В.М. Применение геофизических методов разведки для прямых поисков месторождений нефти и газа / В.М. Березкин, М.А. Киричек, А.А. Кунарев. – М., Недра. – 1978. – 223 с.
5. Березкин В.М. Применение магниторазведки для поисков месторождений нефти и газа / В.М. Березкин, А.И. Лошаков, М.И. Николаев // Прикладная геофизика. – 1982. – № 103. – С. 128–136.
6. Березкин В.М. Природа внепластовых геофизических аномалий на нефтегазоносных структурах платформенного типа / В.М. Березкин, А.П. Яковлев // Прикладная геофизика. – 1982. – № 102. – С. 144–147.
7. Гадиров В.Г. Прогнозирование вулканогенных образований мезозоя Среднекуринской депрессии и их нефтегазоносности по комплексным геофизическим данным: авт. дис. на соис. уч.ст. к.г.-м.н. / В.Г. Гадиров. – Баку, 1991. – 22 с.
8. Каршенбаум М.А. Применение высокоточных гравиметрических съемок с целью прямых поисков залежей углеводородов на Керчинском полуострове / М.А. Каршенбаум, К.Е. Веселов, Л.Г. Гладченко, И.Н. Михайлов // Разведочная геофизика. – 1982. – №94. – С. 91–96.
9. Кудеравец Р.С. Геомагнітні моделі родовищ вуглеводнів та перспективних структур центральної частини Дніпровсько-Донецької западини / Р.С. Кудеравец, В.Ю. Максимчук, Ю.М. Городиський // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – №1 (19). – С. 73–81.
10. Лукин А. Е. Прямые поиски нефти и газа: причины неудач и пути повышения эффективности / А. Е. Лукин // Геолог Украины. – 2004. – № 3. – С. 18–43.
11. Мамедов С.Г. Результаты высокоточной гравиметрии при поиске залежей нефти и газа в условиях Азербайджана / С.Г. Мамедов // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1984. – № 2. – С. 30–35.
12. Мегеря В.М. Геосолитонная составляющая при прогнозе и картировании залежей нефти и газа / В.М. Мегеря, С.Р. Бембель // Нефть и газ Евразия. – 2011. – № 7–8. С. 50–57.
13. Мегеря В.М. Поиск и разведка месторождений УВ, контролируемых геосолитонной дегазацией земли, на базе сейсмовидения / В.М. Мегеря // Геофизика. – 2011. – № 1. – С. 67–74.
14. Медовский И.Г. О возможной природе локальных гравитационных минимумов над залежами нефти и газа / И.Г. Медовский, Г.М. Комарова // Геология нефти и газа. – 1959. – № 11. – С. 50–57.
15. Михайлов И.Н. Разработка новых принципов интерпретации гравиразведки / И.Н. Михайлов // Повышение геологической эффективности и практические способы интерпретации гравиразведочных работ. – 1982. – С. 40–80.
16. Орлюк М.І. Нафтогазоносність земної кори України у зв'язку з її намагніченістю / М.І. Орлюк // Нафтова і газова промисловість. – 1994. – №3. – С. 16–19.

17. Орлюк М.И. Магнітні моделі типових нафтогазоносних структур / М.И. Орлюк // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – № 2. – С.9–11.
18. Орлюк М.И. Магнитометрические исследования при региональном и локальном прогнозе нефтегазоносности земной коры Днепровско-Донецкой впадины / М.И. Орлюк, В.Е. Максимчук, Г.И. Вакарчук, П.М. Чепиль // Геофизич. журн. – 1998. – № 20 (3). – С. 92–102.
19. Орлюк М.И. Теоретические и экспериментальные обоснования глубинной нефтегазоносности земной коры по геомагнитным данным / М.И. Орлюк, В.В. Друкарченко // Электронный журнал "Глубинная нефть". – 2014. – № 2 (8). – С. 1245–1258.
20. Паровышный В.А. Временные изменения геофизических полей над газовой залежью (о. Сахалин) / В.А. Паровышный, О.В. Веселов, В.Р. Сеначин, В.С. Кириенко // Тихоокеан. Геология. – 2008. – № 27, 4, С. 3–15.
21. Путиков О.Р. Струйные ореолы рассеяния над нефтегазовыми залежами в неоднородных породах / О.Р. Путиков, С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов, С.Г. Алексеев, Ч. Цзыюн, Н.А. Касьянкова // Геофизика. – 2000. – № 1. – С. 52–56.
22. Рослов Ю.В. Сейсмические признаки флюидопотока и связанных с ним залежей / Ю.В. Рослов, Н.Н. Ефимова, А.Н. Кремлев, А.Д. Павленкин // Геофизика. – 2009. – № 2. – С. 26–30.
23. Устинова В.Н., 2002. Залежи углеводородов, особенности их проявления в геофизических полях // Геофизика, Москва, №5, с.25–31.
24. Цимельзон И.О. Применение гравиметрии для прямых поисков нефти и газа / И.О. Цимельзон. // Геология нефти и газа. – 1959. – № 12. – С. 41–46.
25. Aifa T. Magnetic susceptibility and its relation with fractures and petrophysical parameters in the tight sand oil reservoir of Hamra quartzites, southwest of the Hassi Messaoud oil field, Algeria / T. Aifa, A. Zerrouki, K. Baddari, Y. Geraud // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2014. – № 123. – P. 120–137.
26. Aldana M. Framboidal magnetic minerals and their possible association to hydrocarbons: La Victoria oil field, southwestern Venezuela / M. Aldana, V. Costanzo-Alvarez, D. Vitiello, L. Colmenares, G. Gómez // Geofisica Internacional. – 1999. – № 38, 3. P. – 137–152.
27. Costanzo-Alvarez V. Rock magnetic characterization of early and late diagenesis in a stratigraphic well from the Llanos foreland basin (Eastern Colombia) / V. Costanzo-Alvarez, M. Aldana, G. Bayona, D. López-Rodríguez, J.M. Blanco // Geological Society Special Publication. – 2012. – № 371, 1. – P. 199–216.
28. Díaz M. EPR and magnetic susceptibility studies in well samples from some Venezuelan oil fields / M. Díaz, M. Aldana, V. Costanzo-Alvarez, P. Silva, A. Pérez // Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy. – 2000. – № 25, 5. – С. 447–453.
29. Donovan T.J. Aeromagnetic detection of diagenetic magnetite over oil fields / T.J. Donovan, R.L. Forgey, A.A. Roberts // AAPG Bull. – 1979. – № 63, P. 245–248.
30. Elmore R.D. Remanence in authigenic magnetite: testing the hydrocarbon – magnetite hypothesis / R.D. Elmore, L. Grawford // Journal Geophys. Res. – 1990. – № 95 (B), P. 4539–4549.
31. Elmore R.D. Evidence for a relationship between hydrocarbons and authigenic magnetite / R.D. Elmore, M.H. Engel, L. Crawford, K. Nick, S. Imbus, Z. Sofer // Nature. – 1987. – № 325, 6103. – P. 428–430.
32. Foote R.S. Relationship of near-surface magnetic anomalies to oil and gas producing areas / R.S. Foote // AAPG Memoir: Hydrocarbon migration and its near surface expression. – 1996. – № 66. – P. 111–126.
33. Gadirov V.G. Density-thermal dependence of sedimentary associations calls to reinterpreting detailed gravity surveys / V.G. Gadirov, L.V. Eppelbaum // Annals of geophysics. – 2015. – № 58, doi: 10.4401/ag.6672.
34. Gadirov V.G., Eppelbaum L.V. Detailed gravity, magnetics successful in exploring Azerbaijan onshore areas / V.G. Gadirov, L.V. Eppelbaum // Oil and Gas Journal. – 2012. – № 110, 11. – P. 60–73.
35. Gadirov V.G. The physical-geological principles of application of gravity and magnetic prospecting in the search of oil and gas deposits / V.G. Gadirov // Proceedings of 10th petroleum congress and exhibition of Turkey, Ankara. – 1994. – P. 197–203.
36. Gadirov V.G. The question of interpreting local gravity and magnetic anomalies in oil and gas fields / V.G. Gadirov // Geophysics news in Azerbaijan. – 1997. – № 4. – P. 23–24.
37. Goldhaber M.B. Relations among hydrocarbon reservoirs, epigenetic sulfidization, and rock magnetization: examples from the South Texas Coastal Plain / M.B. Goldhaber, R.L. Reynolds // Geophysics. – 1991. – № 56. – P. 748–757.
38. Gonzalez F. An integrated rock magnetic and EPR study in soil samples from a hydrocarbon prospective area / F. Gonzalez, M. Aldana, V. Costanzo-Alvarez, M. Diaz, I. Romero // Physics and Chemistry of the Earth. – 2002. – № 27. – P. 1311–1317.
39. Machel H.G. Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic settings – old and new insights / H.G. Machel // Sediment. Geol. – 2001. – № 14. – P. 143–175.
40. Maksymchuk V., High-resolution magnetic surveys for oil and gas fields searching in NW part of the Carpathian Foredeep / V. Maksymchuk, R. Kuderavets, I. Chobotok, V. Tymoshuk // "Alpine Petrol 2012 on Geology, Ecology and Petroleum Prospectives of the Carpathians and other Alpine Regions in Europe". 2nd international conference, book of program. and abstr. Krakow, 2012. P.83–84.
41. Matolin M. Geochemical and geophysical anomalies at the Zdanice oil-and gas field, SE Czech Republic // M. Matolin, M. Abraham, J. Hanak // Journal of Petroleum Geology. – 2008. – № 31, 1. – P.97–108.
42. Mefteh S. Correlation between magnetic susceptibility and mineral species along NWA-1 well, southern Tunisia: An overlap of the depositional environment, the climate, and the diagenesis / S. Mefteh, E. Essefi, C. Yaich, F. Jamoussi, M. Medhioub // Journal of African Earth Sciences. – 2015. – № 103. – P. 89–101.
43. Menshov O. Magnetic studies at Starunia paleontological and hydrocarbon bearing site (Carpathians, Ukraine) / O. Menshov, R. Kuderavets, S. Vyzhva, V. Maksymchuk, I. Chobotok, T. Pastushenko // Studia Geophysica et Geodaetica. – 2016. – № 60, doi:10.1007/s11200-016-0621-2.
44. Menshov O. Magnetic mapping and soil magnetometry of hydrocarbon prospective areas in western Ukraine / O. Menshov, R. Kuderavets, S. Vyzhva, I. Chobotok, T. Pastushenko // Studia Geophysica et Geodaetica. – 2015. № 59 (4). – P. 614–627.
45. Perez-Perez A. Association between magnetic susceptibilities and hydrocarbon deposits in the Barinas-Apure Basin, Venezuela / A. Perez-Perez, L. D'Onofrio, M. Bosch, E. Zapata // Geophysics. – 2011. – № 76, 6. – P. 35–41.
46. Schumacher D. Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments / D. Schumacher // in D. Schumacher and M. A. Abrams, eds.: Hydrocarbon migration and its nearsurface expression: AAPG Memoir 199666. – P. 71–89.
47. Shao G. Surface Loess Susceptibility Anomalies Directly Indicating Oil and Gas Reservoirs / G. Shao, Z. Liang, Z. Wang, G. Liu, W. Wang // Applied Geophysics. – 2005. – № 1–2, 4. – P. 197–203.

References:

1. Agulnik, I.M., Zvagin, E.M., Kolchin, S.A., Mikailov, I.N., Yakovenko, A.A. (1982). Opyt i rezultaty primeneniya vysokotochnoy gravirazvedki pri pramih poiskah nefi na primere Verh-Tarskogo Maloichskogo mestorojdeniy: V knige Povishenie geologicheskoy effektivnosti i prakticheskie sposoby interpretatsii graverovodnykh rabot. M.: Vniigeofiziki, 58–65. [In Russian].
2. Babayanc, P.C., Bloh, Y.I., Bush, V.A., Trusov, A.A. (2006). Interpretatsia aerogeofizicheskikh dannykh pri poiskah mestorojdeniy nefi i gaza. Razvedka i ohrana neдр, 5, 13–18. [In Russian].
3. Bembel, R.M., Megera, V.M., Bembel, S.R. (2006). Poiski i razvedka mestorojdeniy uglevodorodov na baze geosolitonnoy koncepcii degazatsii zemli. Geologia nefi i gaza, 2, 2–8. [In Russian].
4. Berezkin, V.M., Kirichek, M.A., Kunarev, A.A. (1978). Primenenie geofizicheskikh metodov razvedki dla pramih poiskov mestorojdeniy nefi i gaza. M.: Nedra, 223 p. [In Russian].
5. Berezkin, V.M., Loshakov, A.I., Nikolaev, A.I. (1982). Primenenie magnitorazvedki dla poiskov mestorojdeniy nefi i gaza. Prikladnaya geofizika, 103, 128–136. [In Russian].
6. Berezkin, V.M., Yakovlev, A.P. (1982). Priroda vneplastovykh geofizicheskikh anomalii na neftegazonosnykh strukturah platformennogo tipa. Prikladnaya geofizika, 192, 144–147. [In Russian].
7. Gadirov, V.G. (1991). Prognozirovaniye vulkanogennih obrazovaniy mezozyoya Srednekurinskoy depressii i ih neftegazonosnosti po kompleksnim geofizicheskim dannym. Avtoreferat dis. na soisk. uch. st. k.g.-m.n., Baku, 22 p. [In Russian].
8. Karshenbaum, M.A., Veselov, M.A., Gladchenko, L.G., Mihailov, I.N. (1982). Primenenie visokotochnih gravimetricheskikh syemok s celyu pramih poiskov zalezey uglevodorodov na Kerchinskom polustrove. Razvedochnaya geofizika, 94, 91–96. [In Russian].
9. Kuderavets, R. S., Maksimchuk, V. Y., Gorodiskiy, Y. M. (2009). Geomagnitni modeli rodovish vuglevodniv ta perspektivnih struktur centralnoi chastyny Dniprovsko-Doneckoi zapadyny. Naukoviy visnyk IFNTUNG, 1, 19, 73–81. [In Ukrainian].
10. Lukin, A.E. (2004). Prami poiski nefi i gaza: prichyny neudach i puti povisheniya effektivnosti. Geolog Ukrainy, 3, 18–43. [In Russian].
11. Mamedov, S.G. (1984). Rezultaty visokotochnoy gravimetrii pri poiske zalezey nefi i gaza v usloviakh Azerbaidzhana. Azerbaidzhanskoe neftanoe hozaistvo, 2, 30–35. [In Russian].
12. Megera, V.M., Bembel, S.R. (2011). Geosolitonnyaya sostavlayushaya pri prognoze i kartirovani zalezey nefi i gaza. Neft i gaz Evrazia, 7–8, 50–57. [In Russian].
13. Megera, V.M. (2011). Poisk i razvedka mestorojdeniy UV, kontroliruemih gesolitonnoy degazatsiey zemli na baze seismorazvedki, 1, 67–74. [In Russian].
14. Medovskiy, I.G., Komarova, G.M. (1959). O vozmozhnoy prirode lokalnih gravitacionnykh minimumov nad zalezami nefi i gaza. Geologia nefi i gaza, 11, 50–57. [In Russian].
15. Mihailov, I.N. (1982). Razrabotka novih principov interpretatsii gravirazvedki. V knige Povishenie geologicheskoy effektivnosti i prakticheskie sposoby interpretatsii gravirazvedochnnykh rabot, 40–80. [In Russian].
16. Oriuk M. (1994). Naftogazonosnist zemnoi kory Ukrainy u svyazku z ii namagnichenistu. Naftova i gazova promyslovist, 3, 16–19. [In Ukrainian].
17. Oriuk M.I. (1997). Magnitni modeli tipovykh naftogazonosnykh struktur. Naftova i gazova promyslovist, 2, 9–11. [In Ukrainian].
18. Oriuk M.I., Maksymchuk V.E., Vakarchuk G.I., Chepil P.M. (1998). Magnitometricheskie issledovaniya pri regionalnom i lokalnom prognoze neftegazonosnosti zemnoy kory. Geofizicheskij jurnal, 20(3), 92–102. [In Russian].
19. Oriuk M.I., Drukarenko V.V. (2014). Teoreticheskie i eksperimentalnie obosnovaniya glubinnoy neftegazonosnosti zemnoy kory po geomagnitnym dannim. Elektronniy jurnal Glubinnaya nef, 2(8), 1245–1258. [In Russian].
20. Parovishniy, V.A., Veselov, O.V., Sanachin, V.R., Kirienko, V.S. (2008). Vremennye izmeneniya gefizicheskikh poley nad gazovoy zalezeyu (o. Sahalin). Tihookean. Geologia, 27, 4, 3–15. [In Russian].
21. Putikov, O.R., Veshev, S.A., Voroshilov, N.A., Alekseev, S.G., Cziyun, C., Kasankova, N.A. (2000). Struyne oreoli rasseyaniya nad neftegazovimi zalezami v neodnorodnykh porodah. Geofizika, 1, 52–56. [In Russian].

22. Roslov, Y.V., Efimova, N.N., Kremlev, A.N., Pavlenkin, A.D. (2009). Seismicheskie priznaki fluidopotoka i svyaznykh s nim zalezey. *Geofizika*, 2, 26–30. [In Russian].
23. Ustinova, V.N. (2002). Zalezi uglevodorodov osobennosti ih proayavleniya v geofizicheskikh polah. *Geofizika*, 5, 25–31. [In Russian].
24. Cimelzon, I.O. (1959). Primenenie gravimetrii dla pramih poiskov nefli i gaza. *Geologia nefli i gaza*, 12, 41–46. [In Russian].
25. Aifa, T., Zerrouki, A., Baddari, K., Geraud, Y. (2014). Magnetic susceptibility and its relation with fractures and petrophysical parameters in the tight sand oil reservoir of Hamra quartzites, southwest of the Hassi Messaoud oil field, Algeria. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 123, 120–137.
26. Aldana, M., Costanzo-Alvarez, V., Vitiello, D., Colmenares, L., Gómez, G. (1999). Framboidal magnetic minerals and their possible association to hydrocarbons: La Victoria oil field, southwestern Venezuela. *Geofísica Internacional*, 38, 3, 137–152.
27. Costanzo-Álvarez, V., Aldana, M., Bayona, G., López-Rodríguez, D., Blanco, J.M. (2012). Rock magnetic characterization of early and late diagenesis in a stratigraphic well from the Llanos foreland basin (Eastern Colombia). *Geological Society Special Publication*, 371, 1, 199–216.
28. Díaz, M., Aldana, M., Costanzo-Alvarez, V., Silva, P., Pérez, A. (2000). EPR and magnetic susceptibility studies in well samples from some Venezuelan oil fields. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy*, 25, 5, 447–453.
29. Donovan, T. J., Forgy, R. L., Roberts, A. A. (1979). Aeromagnetic detection of diagenetic magnetite over oil fields. *AAPG Bull.*, 63, 245–248.
30. Elmore, R.D., Grawford, L. (1990). Remanence in authigenic magnetite: testing the hydrocarbon – magnetite hypothesis. *Journal Geophys. Res.*, 95 (B), 4539–4549.
31. Elmore, R.D., Engel, M.H., Crawford, L., Nick, K., Imbus, S., Sofer, Z. (1987). Evidence for a relationship between hydrocarbons and authigenic magnetite. *Nature*, 325, 6103, 428–430.
32. Foote, R.S. (1996). Relationship of near-surface magnetic anomalies to oil and gas producing areas. *AAPG Memoir*, 66, 111–126.
33. Gadirov, V.G., Eppelbaum, L.V. (2015). Density-thermal dependence of sedimentary associations calls to reinterpreting detailed gravity surveys. *Annals of geophysics*, 58, doi:10.4401/ag.6672.
34. Gadirov, V.G., Eppelbaum, L.V. (2012). Detailed gravity, magnetics successful in exploring Azerbaijan onshore areas. *Oil and Gas Journal*, 110, 11, 60–73.
35. Gadirov V.G., (1994). The physical-geological principles of application of gravity and magnetic prospecting in the search of oil and gas deposits: Proceedings of 10th petroleum congress and exhibition of Turkey, Ankara, p. 197–203.
36. Gadirov, V.G., (1997). The question of interpreting local gravity and magnetic anomalies in oil and gas fields. *Geophysics news in Azerbaijan*, 4, 23–24.
37. Goldhaber, M.B., Reynolds, R.L. (1991). Relations among hydrocarbon reservoirs, epigenetic sulfidization, and rock magnetization: examples from the South Texas Coastal Plain. *Geophysics*, 56, 748–757.
38. Gonzalez, F., Aldana, M., Constanzo-Alvarez, V., Diaz, M., Romero, I. (2002). An integrated rock magnetic and EPR study in soil samples from a hydrocarbon prospective area. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, 1311–1317.
39. Machel, H.G. (2001). Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic settings – old and new insights. *Sediment. Geol.*, 14, 143–175.
40. Maksymchuk V., High-resolution magnetic surveys for oil and gas fields searching in NW part of the Carpathian Foredeep / V.Maksymchuk, R.Kuderavets, I.Chobotok, V.Tymoschuk // "Alpine Petrol 2012 on Geology, Ecology and Petroleum Prospectives of the Carpathians and other Alpine Regions in Europe": 2nd international conference, book of program. and abstr. Krakow, 2012. P.83–84.
41. Matolin, M., Abraham, M., Hanak, J. (2008). Geochemical and geophysical anomalies at the Zdanice oil-and gas field, SE Czech Republic. *Journal of Petroleum Geology*, 31, 97–108.
42. Mefteh, S., Essefi, E., Yaich, C., Jamoussi, F., Medhioub, M. (2015). Correlation between magnetic susceptibility and mineral species along NWA-1 well, southern Tunisia: An overlap of the depositional environment, the climate, and the diagenesis. *Journal of African Earth Sciences*, 103, 89–101.
43. Menshov, O., Kuderavets, R., Vyzhva, S., Maksymchuk V., Chobotok, I., Pastushenko, T. (2016). Magnetic studies at Starunia paleontological and hydrocarbon bearing site (Carpathians, Ukraine). *Studia Geophysica et Geodaetica*, 60 doi:10.1007/s11200-016-0621-2.
44. Menshov, O., Kuderavets, R., Vyzhva, S., Chobotok, I., Pastushenko, T. (2015). Magnetic mapping and soil magnetometry of hydrocarbon prospective areas in western Ukraine. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 59(4), 614–627.
45. Perez-Perez, A., D'Onofrio, L., Bosch, M., Zapata, E. (2011). Association between magnetic susceptibilities and hydrocarbon deposits in the Barinas-Apure Basin, Venezuela. *Geophysics*, 76, 6, 35–41.
46. Schumacher, D. (1996). Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments, in D. Schumacher and M. A. Abrams, eds., *Hydrocarbon migration and its near-surface expression*. AAPG Memoir, 66, 71–89.
47. Shao, G., Liang, Z., Wang, Z., Liu, G., Wang, W. (2005). Surface Loess Susceptibility Anomalies Directly Indicating Oil and Gas Reservoirs. *Applied Geophysics*, 1-2, 4, 197–203.

Надійшла до редколегії 17.06.16

V. Gadirov, Dr. Sci. (Geol), Head of "Gravity-magnetic research laboratory"

E-mail: vagif-geo@rambler.ru

Nipineftegas, Baku, Azerbaijan,

O. Menshov, PhD (in Geology), Postdoctoral Student (Doctoral Student), Department of Geophysics

E-mail: menshov.o@ukr.net

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Institute of Geology, 90, Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine,

R. Kuderavets, PhD (in Geology), Tenured Researcher

E-mail: romankud@cb-igph.lviv.ua

Carpathian Branch of Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine

3-B Naukova, 79060, Lviv, Ukraine,

K. Gadirov, Msc

E-mail: vagif-geo@rambler.ru

Azerbaijan State Oil and Industrial University

GRAVITY-MAGNETIC SURVEY FOR THE OIL AND GAS PROSPECTING IN AZERBAIJAN AND UKRAINE

The hydrocarbon deposits located in various oil- and gas-bearing regions of Azerbaijan and Ukraine manifest in the gravitational and magnetic fields. The hydrocarbons have the perceptible influence on the magnetic susceptibility of the near-surface geological sections and soil. The examples in Azerbaijan are presented by Muradkhanli and Jafarli oil and gas deposits. The intensity of the local magnetic field is characterized by the negative anomalies of about 30–40 nT. Anomalous effect of gravity-magnetic fields is more dependent on the capacity of oil and gas deposits, rather than on their depth. Deep-seated oil and gas deposits in the gravity-magnetic fields are displayed due to the additional anomalous effect of the subvertical zones of the area of the deposit. The results of the magnetic field and soil magnetism study of the hydrocarbon deposits in Ukraine are exemplified by Vizomlanske and Sudova-Vishna oil and gas fields. Taking into account the background of the regional magnetic field anomalies, the areas where the field is considerably changed by local minimums with an amplitude of about 2–8 nT and a width of 1–3 km were identified. At the edges of these anomalous zones the short-period maximums with the intensity of 10–20 nT were registered. The increase of the soil magnetic susceptibility and high magnetic susceptibility dispersion are related to the formation of autogenic iron oxides and sulphides under the influence of hydrocarbons microseepages over a reservoir. These magnetic minerals are diagenetic magnetite, maghemite, and pyrrhotite. To increase the unambiguous interpretation effectiveness and quality of the magnetic field, soil magnetism, and the nature of local magnetic anomalies over the hydrocarbon structures, additional data about other geophysical, geochemical, lithological, neotectonic and soil science studies should be used by researchers.

Keywords: magnetometry, gravity survey, magnetic susceptibility, soil, hydrocarbons

В. Гадіров, д-р геол. наук, зав. лаб. "Граві-магніторозвідки",
E-mail: vagif-geo@rambler.ru,
НІПІНафтогаз, ДНКАР, м. Баку, Азербайджан,
О. Меньшов, канд. геол. наук, докторант кафедри геофізики,
E-mail: menshov.o@ukr.net,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, Україна, 03022,
Р. Кудеравець, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.,
E-mail: romankud@cb-igph.lviv.ua,
Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України,
вул. Наукова, 3-б, м. Львів, 79060, Україна,
К. Гадіров, магістр,
E-mail: vagif-geo@rambler.ru,
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості

ГРАВІ-МАГНІТОРОЗВІДКА ПРИ ПОШУКАХ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ В УМОВАХ АЗЕРБАЙДЖАНУ ТА УКРАЇНИ

Поклади вуглеводнів, що залягають у різних нафтогазоносних регіонах Азербайджану та України, відображаються у гравітаційному та магнітному полях, під їхнім впливом змінюється магнітна сприйнятливість верхньої частини геологічного розрізу та ґрунтового покриву. Результати досліджень в умовах Азербайджану на прикладах родовищ Мурадханли та Джафарли зафіксували локальні магнітні мінімуми інтенсивністю 30–40 нТл. Аномальний ефект граві-магнітних полів більше залежить від потужності покладу нафти та газу, ніж від глибини залягання. Глибокозалягаючі нафтогазові поклади в граві-магнітних полях відображаються завдяки додатковому аномальному ефекту, що створюється субвертикальною зоною над покладом. Як приклад вивчення магнітного поля та магнетизму ґрунтового покриву, в межах родовищ вуглеводнів в Україні досліджено Вижомлянське та Судово-Вишнянське родовища. На тлі регіональної аномалії магнітного поля ідентифіковано ділянки, де поле помітно ускладнюється локальними мінімумами з амплітудою порядку 2–8 нТл і шириною 1–3 км. Крім того, на краях цих локальних аномалій присутні короткоперіодні максимуми інтенсивністю 10–20 нТл. Підвищення значень магнітної сприйнятливості ґрунтового покриву та її висока дисперсія пов'язані з формуванням аутигенних оксидів і сульфідів заліза під впливом розсіювання вуглеводневого флюїду над покладом. Такими магнетиками можуть бути діагенетичні магнетит, магеміт, піротин. Для підвищення ефективності та однозначності інтерпретації результатів вивчення магнітного поля, магнетизму ґрунтів, природи локальних магнітних аномалій над вуглеводневими структурами, оптимальним підходом є комплексування з іншими геофізичними, геохімічними, літологічними, неотектонічними та ґрунтознавчими дослідженнями.

Ключові слова: магніторозвідка, гравірозвідка, магнітна сприйнятливість, ґрунти, вуглеводні.