

Н.Р. Уткузов, Ю.Б. Антонов, В.М. Лучников
 НПУ «Казаньгеофизика»

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСОКОТОЧНОЙ ГРАВИРАЗВЕДКИ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ И ПОИСКАХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ (Опыт НПУ «Казаньгеофизика»)

1. Введение

Анализ современного состояния результатов гравиметрических исследований значительно затрудняется почти полным отсутствием с 1990 г. публикаций в периодических изданиях по данной тематике. Делая краткий обзор по гравиразведочным работам, выполненным в

мГал

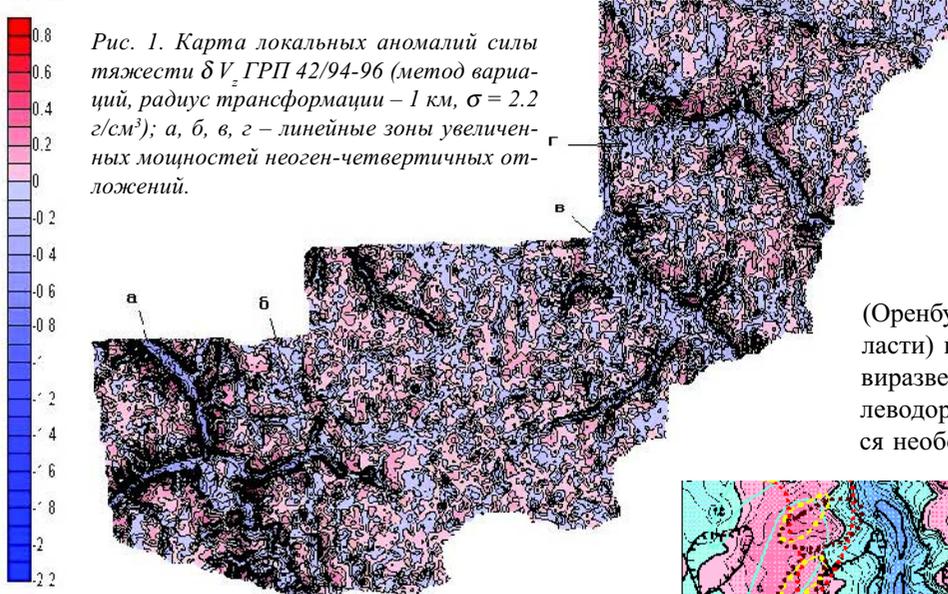


Рис. 1. Карта локальных аномалий силы тяжести δV_z ГРП 42/94-96 (метод вариаций, радиус трансформации – 1 км, $\sigma = 2.2$ г/см³); а, б, в, г – линейные зоны увеличенных мощностей неоген-четвертичных отложений.

последние полтора десятилетия в пределах территорий субъектов РФ, можно сделать обобщенный вывод о возможности картирования по данным гравиразведки структур осадочного чехла, а также выступов поверхности кристаллического фундамента отображаемых, как правило, положительными локальными аномалиями, соответствующими им по геометрическим параметрам.

2. Применение гравиразведки в НПУ «Казаньгеофизика» для целей геологического картирования и поисков залежей углеводородов

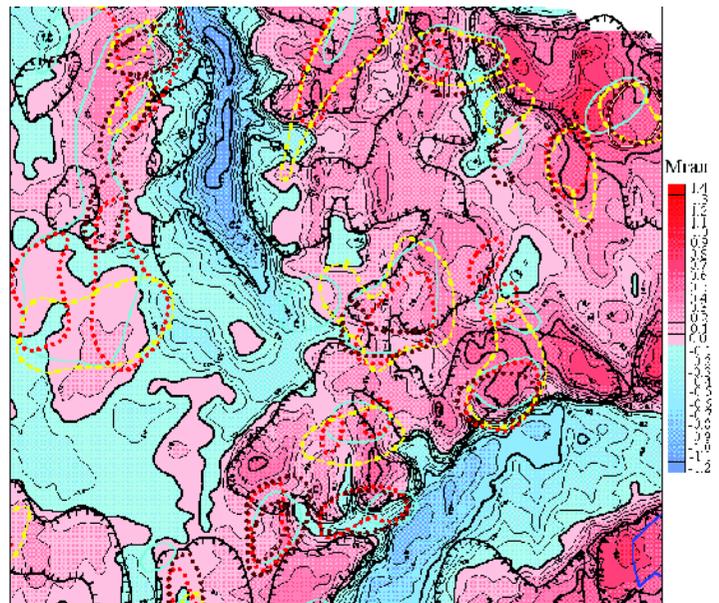
Зоны неоген-четвертичных отложений (либо иных рыхлых отложений, характеризующихся резким дефицитом плотности), отображаются в виде узких, протяженных, отрицательных локальных аномалий. Эти зоны, как правило, приурочены к разрывным тектоническим нарушениям различного заложения и протяженности. Проведение опережающих гравиразведочных работ под геологическую съемку масштаба 1:50000 показало повсеместное совпадение этих зон, выделенных по данным гравиразведки с результатами структурного бурения. В ряде регионов (северо-восток РТ) доказано сквозное распро-

странение зон повышенной тектонической трещиноватости вплоть до поверхности кристаллического фундамента и глубже (рис. 1).

Внедрение с 80-х годов прошлого столетия методики «ГОНГ» (Михайлов & Веселов, 1989) показало хорошее совпадение прогнозных контуров нефтеносности по гравиразведке с данными глубокого бурения, а также выявило, что в большинстве случаев поисково-разведочные скважины, пробуренные в 50 – 70 гг., залежены не в оптимальных условиях.

Опыт проведения гравиразведочных работ НПУ «Казаньгеофизика» в пределах РТ и на территории соседних областей (Оренбургская, Самарская и Ульяновская области) показывает, что эффективность гравиразведочных работ на поиски залежей углеводородов значительно выше сложившихся необоснованных взглядов и стереотипов

Опыт проведения гравиразведочных работ НПУ «Казаньгеофизика» в пределах РТ и на территории соседних областей (Оренбургская, Самарская и Ульяновская области) показывает, что эффективность гравиразведочных работ на поиски залежей углеводородов значительно выше сложившихся необоснованных взглядов и стереотипов



— Контуров положительных гравитационных аномалий. Контуров поднятий по материалам сейсморазведки МОГТ: — по отражающему горизонту А; — по отражающему горизонту Д; — по отражающему горизонту С; — по отражающему горизонту У; — по отражающему горизонту В

Рис. 2. Фрагмент карты сопоставления локальных аномалий силы тяжести δV_z (метод вариаций, радиус трансформации – 2 км, $\sigma = 2.20$ г/см³) с контурами сейсмоподнятий. Бикбуловская площадь.

на сей счет. Так, анализ проведенного поисково-разведочного бурения после гравиразведочных и сейсморазведочных работ по Оренбургской области показал, что прогноз гравиразведки подтвердился в 72 % случаев (Лучников & Уткузов, фондовые материалы).

В РТ четвертьмиллигальная гравиметрическая съемка до середины 90-х годов проводилась в районах с недоказанной нефтеносностью и лишь с 1994 года вышла в нефтеносные районы северо-востока республики. Высокоточные площадные гравиметрические работы показали, что материалы гравиразведки хорошо подтверждают имеющееся (по материалам глубокого бурения) представление о геологическом строении территории. Так, в гравиразведочных материалах нашли полное или частичное подтверждение Удобновское, Шуганское, Грачевское, Актанышское, Кабановское и др. залежи нефти. Последние работы, проведенные на Бахчисарайском и Дружбинском месторождениях, показали почти полное соответствие материалов гравиразведки и глубокого бурения (рис. 2). Исключение составили единичные скважины глубокого бурения (давшие промышленные притоки нефти), пройденные в зонах увеличенных мощностей неоген-четвертичных отложений (зоны повышенной тектонической трещиноватости). Разумеется, нельзя говорить, что гравитационные аномалии обусловлены только структурными и тектоническими особенностями осадочного чехла и кристаллического фундамента. В наблюдаемом гравитационном поле отражается суммарный возмущающий эффект создаваемый аномалиеобразующими факторами как глубинного строения земной коры, так и литолого-фациальными и плотностными неоднородностями пород указанных комплексов.

При производстве вышеперечисленных высокоточных площадных и профильных гравиметрических работ были закартированы линейные аномалии различной ориентировки и протяженности. Эти аномалии отражались 1 – 2 точками по профилю, и только выдержанный линейный характер подобных аномалий не позволил отбраковывать подобные аномалии в качестве “профильных затяжек”. В пределах максимумов, отображающих структурный фактор, проявлялись отрицательные аномалии с резкопеременной микроструктурой поля. Такие аномалии отмечаются и в пределах известных залежей нефти (Удобновская, Грачевская и др.).

Анализ микроструктуры гравитационного поля в пределах вышеперечисленных залежей нефти при производстве площадных работ четвертьмиллигальной кондиции показал недостаточную плотность измерений для уверенной корреляции выявленных съемкой данного масштаба отрицательных аномалий с резкопеременной микроструктурой поля силы тяжести.

На фоне положительных гравитационных аномалий, отражающих структурный фактор, фиксируются локальные отрицательные аномалии, характеризующиеся резкой дифференциацией микроструктуры гравитационного поля. Участки профилей с такими характерными особенностями гравитационного поля фиксируют в плане зоны с относительным уменьшением напряженности гравитационного поля в пределах локальных гравитационных аномалий. Как правило, к таким зонам приурочены глубокие поисково-разведочные и добывающие скважины,

характеризующиеся наиболее высокими дебитами нефти из продуктивных отложений карбона и девона. Подобная приуроченность позволяет сделать предположение об отображении гравитационной съемкой зон повышенной тектонической трещиноватости пород в пределах локальных структур, улучшающих емкостно-фильтрационные свойства ловушек УВ.

Начиная с 1999 года НПУ “Казаньгеофизика” проводит опытно-производственные высокоточные гравиметрические исследования на месторождениях углеводородов в пределах территории Республики Татарстан (Чегодайский, Красно-Октябрьский, Енорускинский участки). Проведенные исследования показали возможности картирования локальных структур и прогнозирования зон разуплотнения в осадочной толще. На площади исследований изучен характер распространения зон тектонической трещиноватости и разуплотнений в осадочном покрове. В результате, в пределах структурных объектов закартированы зоны разуплотнения (в первую очередь карбонатных интервалов геологического разреза); на всей площади выявлена “сеть” прогнозных линейных зон трещиноватости (Использование крупномасштабной..., 2001; Богатов и др., 2001).

3. Краткий анализ результатов исследований

Изменение гравитационного поля в пределах участков, характеризующихся плановыми размерами, от первых десятков метров до первых километров обусловлено следующими основными факторами.

А. Изменчивость плотности приповерхностных пород. На характер гравитационного поля наиболее существенное влияние оказывают приповерхностные аномалиеобразующие объекты. Наиболее существенным из них являются неогеновые долины. Значения плотностей неоген-четвертичных отложений, представленных преимущественно глинами, суглинками, песками и супесями с прослойками гравия, варьирует на изученных в пределах РТ площадях, в пределах 2,0 – 2,3 г/см³. На участках развития неогеновых долин величина аномального эффекта в пределах этих структурных зон, характеризующихся, как правило, рукавообразной, либо полосовидной или другими формами. Она не компенсируется полностью даже при увеличении эффективной плотности до 0,3 г/см³. Отображение неогеновых долин в виде резко выраженных характерных линейно-вытянутых отрицательных аномалий и уверенная корреляция локальных аномалий гравитационного поля при малых радиусах осреднения ($R = 1$ км) с данными мощностей неоген-четвертичных отложений, полученных по материалам структурного бурения, позволяет применять высокоточную гравиразведку для целей картирования неоген-четвертичных отложений (рис. 1).

Наряду с этим, в пределах развития неоген-четвертичных отложений загущиваются аномальные эффекты от ниже залегающих объектов, в том числе и от объектов, связанных с залежами УВ.

Б. Плотностная неоднородность отложений осадочной толщи палеозойско-кайнозойского комплекса в стратиграфическом диапазоне от терригенных образований среднего девона до отложений верхней перми характеризуется широчайшим спектром значений, с чем может

быть связано возникновение большого набора локальных аномалий.

В этой толще на территории проводимых работ четко прослеживаются верхний терригенный, сульфатно-карбонатный, нижний терригенный комплексы, характеризующиеся избытком (либо дефицитом) плотности на границах между этими комплексами. Наличие плотностных границ на участках структур обуславливает в аномальном гравитационном поле появление локальных аномалий положительного знака с параметрами, соответствующими искомым. Основной аномальный гравитационный эффект над локальными поднятиями создается поверхностью сульфатно-карбонатного комплекса, влияние которой может превышать 80% от полного гравитационного эффекта, обусловленного всеми плотностными границами (Слепак, 1989). Связь положительных локальных аномалий гравитационного поля со структурами по кровле ассельского яруса используется в НПУ «Казаньгеофизика» для уточнения карт этой поверхности при прогнозировании поднятий по единичным скважинам и положительным аномалиям, не охваченным структурным бурением. Достоверность прогнозирования таких структур по гравиметрическим аномалиям достаточно высока и подтверждается материалами бурения и сейсморазведки во многих районах РТ.

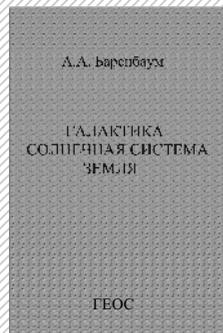
В. Изменение структурной поверхности кристаллического фундамента также может приводить к появлению локальных аномалий.

Изменение структурной поверхности кристаллического фундамента на участках структур, характеризующихся горизонтальными размерами 1 x 2 км, имеющих избыточную плотность 0,1 г/см³ и расположенные на глубине 2 км, согласно модельным расчетам (Слепак, 1989), обуславливают аномальный эффект порядка 1,0 мГал, а максимальный горизонтальный градиент в 0,2 мГал/км соответственно. При производстве высокоточных гравиразведочных работ с достигнутой аномальной погрешностью в 0,02 – 0,03 мГал, предполагается, что выделение аномалий, обусловленных аналогичными объектами, произведено достаточно уверенно. Так на Красно-Октябрьском участке к северо-западу и юго-востоку от Поселенного максимума отмечаются фрагменты максимумов, простирающихся за пределы площади. К северо-западному фрагменту максимума приурочено Тумнинское поднятие, выявленное сейсморазведкой 3D по отражающим горизонтам В, У, С, Д, А и подтвержденное данными глубокого бурения. В юго-западной части площади расположен фрагмент еще одного максимума, простирающегося за западную границу площади и обусловленный также поднятием по поверхности кристаллического фундамента.

Роль гравиметрических исследований не ограничивается только выявлением характеризующихся определенными признаками локальных аномалий, которые указывают на возможное наличие структур в осадочной толще. Информация о плотностных особенностях разреза и об изменчивости плотности пород с глубиной и в латеральном направлении, может быть использована при анализе волнового поля в процессе изучения динамических характеристик отраженных волн, построении глубинных разрезов и структурных карт, прогнозировании геологи-

А.А. Баренбаум

Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и ЭВОЛЮЦИЯ



М.: ГЕОС, 2002. – 394 с.

В монографии изложены физические основы новой галактоцентрической парадигмы, связывающей явления в Солнечной системе и на Земле с процессами в Галактике. С новых позиций обсуждаются многие известные события и факты и предлагается решение ряда фундаментальных геологических и астрономических проблем, не получивших пока удовлетворительного объяснения.

Книга рассчитана на профессионалов, специализирующихся в различных областях космического естествознания и геологии, но будет полезна и читателям, интересующимся вопросами современной науки.

Табл. 34, ил. 81, список лит. 563 назв.

Монография печатается по решению Ученого совета института проблем нефти и газа РАН и Минобразования РФ от 13 февраля 2002 г.

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук О.Б. Хаврошкин (Объединенный институт физики Земли РАН), д-р физ.-мат. наук, проф. В.М. Морозов (Институт механики МГУ), д-р геол.-мин. наук Н.М. Давиденко (Институт проблем нефти и газа РАН)

Книга издана при спонсорской поддержке Т.М.М.

ческого разреза, выявлении зон аномально высоких пластовых давлений, где отмечается резкое возрастание скоростей, и при решении других задач. В пределах Красно-Октябрьского участка, в центре площади выделяется единый максимум силы тяжести субмеридионального простираения, к которому приурочены оба купола (северный и южный) Поселенного поднятия Красно-Октябрьского месторождения, закартированные сейсморазведкой МОГТ (рис. 3). С запада и востока он ограничен узкими, интенсивными минимумами силы тяжести субмеридионального простираения, а с юго-запада – более широкой отрицательной аномалией северо-западного простираения. Разделение Поселенного поднятия на два купола – северный и южный по данным сейсморазведки связано с отсутствием на тот период данных высокоточной гравиразведки, закартировавших единую локальную положительную гравитационную аномалию.

Проведенные высокоточные гравиметрические работы с целью оптимизации разработки месторождений углеводородов позволили закартировать участки и зоны с повышенными фильтрационно-емкостными свойствами в базисных объектах разработки залежей углеводородов.

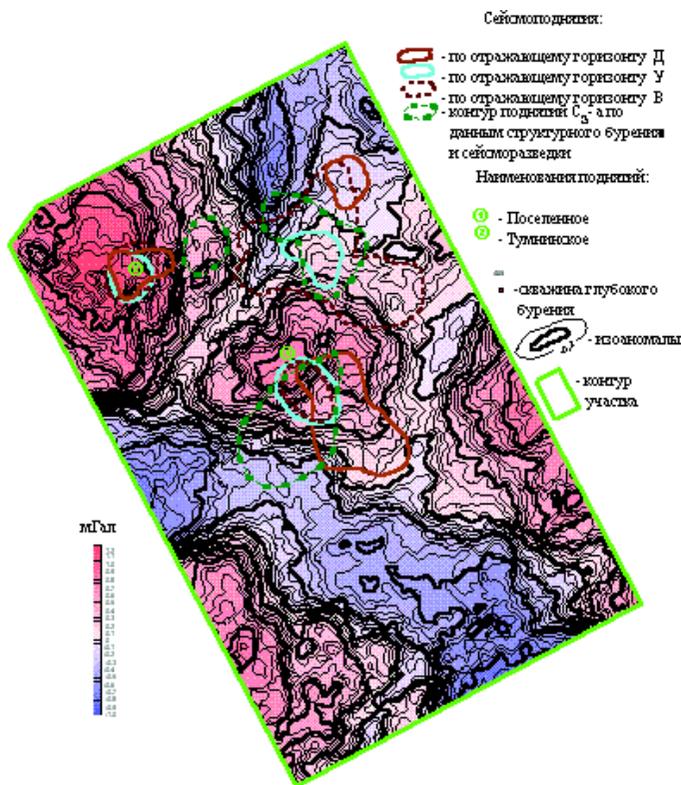


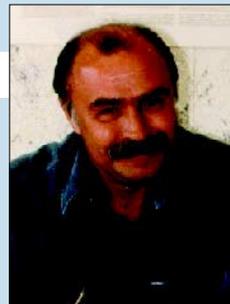
Рис. 3. Карта локальных аномалий силы тяжести δV_z (метод вариаций, радиус трансформации – 4 км, $\sigma = 2.20 \text{ з/см}^3$) Красно-Октябрьского участка.

Данное уточнение строения залежей обеспечило возможность оптимизации размещения нагнетательных и добывающих (наклонно-направленных и вертикальных) скважин при составлении технологических схем разработки (Использование крупномасштабной..., 2001).



Наиль Рифатович Уткузов

Геолог НПУ «Казаньгеофизика». Область научных интересов: поиски месторождений нефти и газа геофизическими методами; способы интерпретации материалов гравиметрических измерений с целью поисков нефтеперспективных структур.



Юрий Борисович Антонов

Главный геолог НПУ «Казаньгеофизика», Заслуженный геолог Республики Татарстан. Область научных интересов – методика и технология проведения интерпретации мобильных геофизических методов. Автор более 40 публикаций.

4. Выводы

1. Применение высокоточной гравиразведки эффективно для поисков возможных залежей углеводородов на большей части РТ и сопредельных территорий, геологическое строение которых не осложнено неогеновыми врезами и руслами современных крупных водотоков.

2. Применение высокоточной гравиразведки эффективно для целей выявления локальных аномалий в отложениях карбона и девона. Как показывает опыт работ на всей территории РТ и смежных областях, структуры различного генезиса (рифогенные и структуры их облекания, структуры, образованные выступами кристаллического фундамента, седиментационные структуры и т.д.) в гравитационном поле, как правило, отображаются в виде локальных положительных аномалий различной интенсивности. Контуры этих аномалий близки по размерам геометрическим параметрам геологических объектов их вызывающих. Достоверность прогнозирования таких структур по гравиметрическим аномалиям достаточно высока и подтверждается материалами бурения и сейсморазведки практически по всей территории РТ.

3. Комплексирование высокоточной гравиразведки и сейсморазведки позволяет существенно увеличить геологическую результативность исследований.

4. Выявление по результатам высокоточной гравиразведки зон и участков с повышенными емкостно-фильтрационными свойствами, позволяет оптимизировать размещение нагнетательных и добывающих (наклонно-направленных и вертикальных) скважин в пределах залежей УВ.

Литература

Богатов В.И., Мухаметшин Р.З., Волков Ю.В., Лучников В.М. Использование крупномасштабной гравиметрической съемки для оптимизации систем разработки залежей нефти в карбонатных коллекторах. Новейшие методы увеличения нефтеотдачи пластов – теория и практика их применения. Тез. докл. науч.-практ. конф. VIII Межд. выставки «Нефть, газ. Нефтехимия – 2001». Казань. 2001. 165-166.

Богатов В.И., Мухаметшин Р.З., Швыдкий Э.К., Лучников В.М. Комплекс мобильных полевых методов при доразведке небольших месторождений нефти. Новые технологии в геофизике: Тез. докл. научного симпозиума. Уфа: ОАО НПФ «Геофизика», 2001. 242-244.

Михайлов И.Н., Веселов К.Е. Результаты и место гравиразведки в проблеме прямого прогнозирования нефти и газа. Прикладная геофизика. Вып.120. М., Недра, 1989. 147-154.

Слепак З.М. Применение гравиразведки при поисках нефтеперспективных структур. М., «Недра». 1989.



Владимир Михайлович Лучников

Ведущий геофизик НПУ «Казаньгеофизика». Область научных интересов – методика обработки и интерпретация материалов гравиметрических измерений с целью поисков нефтеперспективных структур, исследования возможностей высокоточной гравиразведки для оптимизации разработки месторождений УВ.