

Ю.Н. Гололобов, В.Г. Мавричев, И.В. Молодцов, А.И. Атаков
ФГУ НПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург
mavrichev@mail.ru

МАГНИТОРАЗВЕДКА КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СКЛАДЧАТО-РАЗРЫВНЫХ СТРУКТУР НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

В новых экономических условиях при работах на нефть и газ на первый план выходит повышение эффективности геолого-геофизических работ, что определяет на конечном этапе исследований результативность поискового и глубокого бурения. В то же время, резко увеличивающаяся стоимость геологоразведочных работ для выявления перспективных объектов под бурение диктует необходимость удешевления их за счет использования новейших технологий в геофизическом приборостроении, во внедрении более эффективных и дешевых геофизических методов исследований, в обработке и анализе геолого-геофизических материалов. Это важно не только при работах в малоизученных нефтегазоперспективных регионах, но и на сравнительно хорошо исследованных территориях, на площадях с высокой степенью освоения ресурсов УВ, т.к. получение новых знаний способствует повышению эффективности исследований за счет рационального выбора и направления геофизических работ, увеличения глубины исследований, поиска сложнопостроенных и мало-размерных объектов.

Новые открытия требуют усложненной методики поисков и разведки, больших объемов бурения и, соответственно, ассигнований. На практике на конечном этапе геофизических исследований таких территорий подразумевается переход от поисков и локализации поисковых объектов к прямому прогнозированию залежей углеводородов с оценкой их геометрических размеров, глубины залегания, запасов углеводородного сырья. Решение данных задач одним, даже если это сейсморазведка 3Д, мето-

дом вряд ли будет осуществимо. Решение проблемы видится во всестороннем и целенаправленном изучении недр комплексом геофизических и геохимических методов.

Физико-географические особенности территориально-акваториальных нефтегазоносных бассейнов (НГБ) России, включающих и прибрежное мелководье с его технико-технологичес-

фической освоения, определяют приоритетность в геологоразведочном процессе дистанционных геофизических методов в качестве опережающих и/или сопровождающих сейсмические исследования. Привлекательными характеристиками этих методов являются: 1) информационная оперативность; 2) непрерывный (необходимо достаточный) охват сопредельных территорий и акваторий; 3) независимость от времени года; 4) экологическая безопасность; 5) отсутствие физико-географических ограничений для применения; 6) низкая стоимость.

Аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000 – 1:50 000 с высокочувствительной (0.001 нТл) аппаратурой при полной компьютеризации процессов съемки и обработки данных, спутниковая аэронавигационная система привязки измерений позволяет в кратчайшие сроки получать в нефтегазоносных провинциях обильную информацию, в том числе, по слабоизученным и труднодоступным регионам, по шельфу и прибрежному мелководью окраинных морей РФ, подготовить геофизическую основу для различных геоструктурных построений, количественно прогнозировать нефте- и общегеологическую информацию. Применение такой аппаратуры (магнитометр отечественного производства АКМ-01), измеряющей магнитное поле с погрешностью до $\pm 0,15 - 0,45$ нТл с регистрацией 1296 изм/с и полной компенсацией девиационных помех, обеспечивает высокую надежность фиксации слабоинтенсивных аномалий магнитного поля (десять доли нанаТесла),

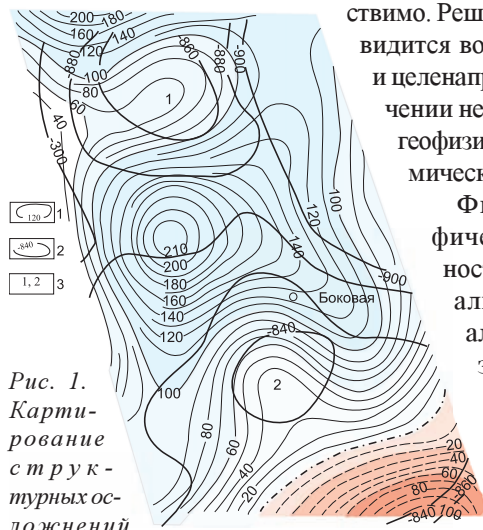


Рис. 1. Картирование структурных осложнений Ветлужского свода аэромагнитной съемкой. 1 – изолинии аномального магнитного поля, нТл; 2 – изогонсы по отражающему горизонту C1, м; 3 – локальные поднятия: 1 – Владимирское, 2 – Безымянное.

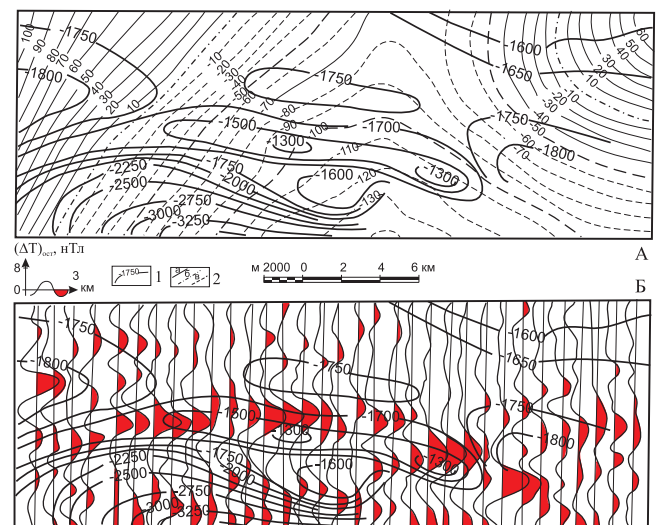


Рис. 2. Картирование структур осадочного чехла в бортовой зоне Прикаспийской впадины (Иртек-Илекская структура). А – карта аномального магнитного поля (DT) в нТл; Б – карта графиков остаточных аномалий с отрезком осреднения по маршруту 1,7 км. 1 – изогонсы по отражающему горизонту КН1 (кровля соли); 2 – изолинии магнитного поля: а – положительная, б – нулевая, в – отрицательная; 3 – графики остаточных аномалий магнитного поля.

создаваемых слабмагнитными породами осадочного чехла, получение практически не искаженных инерционностью измерений поля ДТ. Результатом аэромагнитной съемки являются цифровые матрицы и карты заданных масштабов аномального магнитного (их трансформантов) поля (Атаков и др., 2005; Безукладнов, Мавричев, 1997; Гололобов и др., 2002; Мавричев, 1997; Якимов и др., 2003).

Применяемые современные отечественные технологии обработки такой обильной информации позволяют переходить от качественных признаков отражения в магнитном поле особенностей геологического строения к количественным характеристикам (оценка глубины залегания отдельных структурно-вещественных комплексов, их состав, мощность и др.), обеспечивают выделение и анализ «тонкой» структуры магнитного поля, что, в целом, расширяет возможности аэромагниторазведки в изучении особенностей геологического строения осадочного чехла, в оценке перспектив площадей на поиски различного морфолого-генетических типа структур и локализовать в их пределах участки, потенциально перспективные на обнаружение залежей углеводородов более «тяжелыми» поисково-разведочными работами (сейсморазведка МОГТ -2Д, -3Д, бурение). На конечном этапе обеспечивается эффективное решение основных задач, определяющих выработку (корректировку) стратегии и тактики поисков месторождений и залежей углеводородов (Атаков и др., 2005; Якимов и др., 2003):

1. Расчет гипсометрии эрозионно-тектонического рельефа фундамента и складчатого основания, прогноз их вещественно-структурной неоднородности, кинематический (динамический) анализ палеотектонических процессов и влияния дислокаций фундамента на структуру осадочного чехла.

2. Прогноз вещественно-структурных неоднородностей осадочного чехла (в т.ч. ареалов повышенной мезотрещиноватости и/или флюидизации пород), их

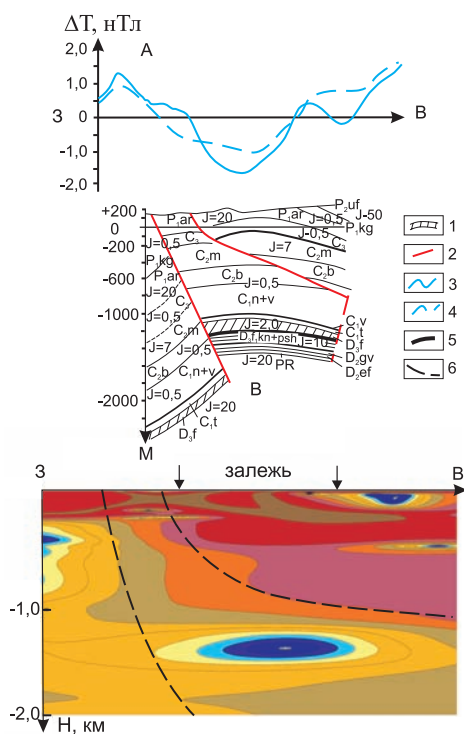


Рис. 3. Табынское нефтяное месторождение. А – магнитное поле над месторождением в аллохтонной надвиговой зоне; В – петромагнитный разрез. 1 – терригенные отложения; 2 – линия надвига; 3 – график остаточных аномалий магнитного поля ($L_{ocp} = 4$ км); 4 – расчетное магнитное поле разреза осадочного чехла; 5 – залежь нефти; 6 – предполагаемое положение надвига.

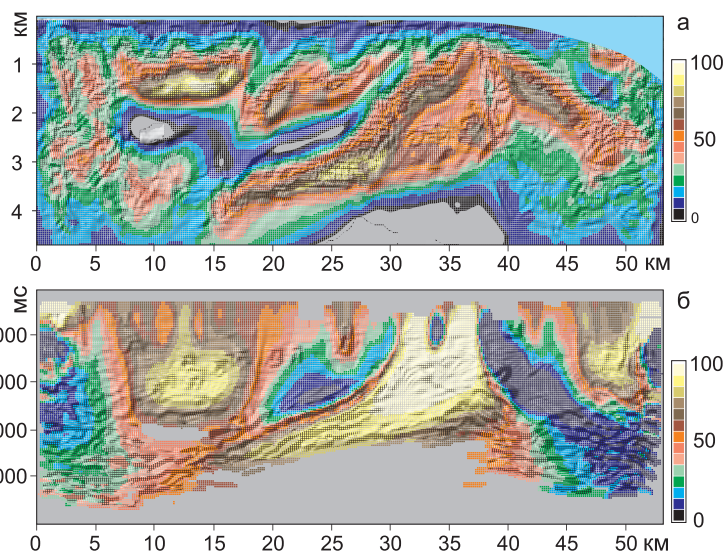


Рис. 4. Томографическая модель (а – в масштабе глубин, б – в масштабе времени ОГТ) магнитных неоднородностей в Олюторском прогибе на шельфе Берингова моря (маршрут L202) Шкалы плотности магнитных источников, ед./100 м²

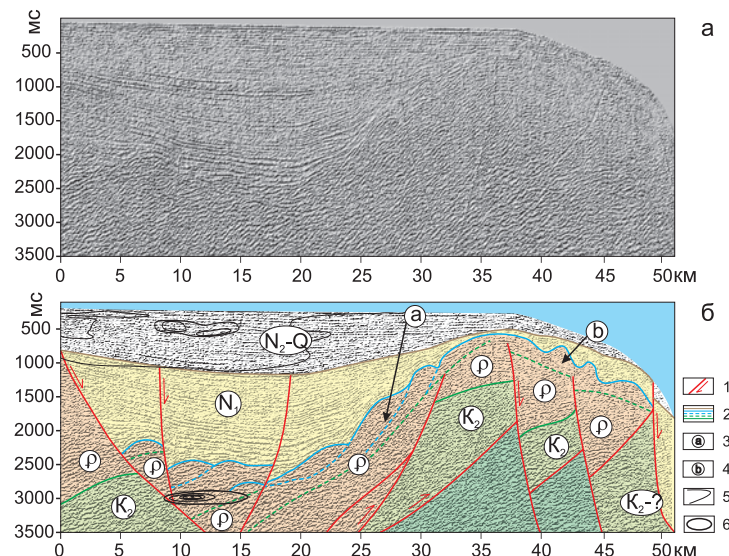


Рис. 5. Структура основания (K2) и чехла (P-Q) в Олюторском прогибе Берингова моря по материалам совместной интерпретации сейсморазведочных и магнитометрических (см. рис. 2) данных (временной сейсмический разрез (а) – по материалам ФГУ НПП «Дальморнефтегеофизика»). 1 – разрывы; 2 – литолого-стратиграфические границы; 3 – конус выноса; 4 – крипп; 5 – изолинии намагниченности пород по данным спектрально-пространственного анализа поля ДТ (СПАН); 6 – ареалы слабмагнитных пород по данным СПАН.

пространственного положения и стратификации на базе закономерностей изменчивости физических свойств пород и диагностических признаков отражения в магнитном поле перспективных объектов различного типа.

Опыт выполнения опережающих аэромагнитных съемок масштабов 1:25 000 – 1:50 000 был получен по контрактным работам с акционерными и государственными предприятиями МПР РФ, Пермгеолком, ОАО «ЛУКОЙЛ-Пермь», ОАО «ЛУКОЙЛ-Астраханьморнефть», ООО «Кубаньгазпром», ОАО «Башнефтегеофизика», ОАО «Роснефть-Краснодарнефтегаз», и др. в Пермской области, Башкортостане, Татарстане, Удмуртии, на акваториях и прилегающей суше Азовского и Баренцева морей, Обско-

Тазовского региона и Северного Каспия, а также в Беринговом море. В каждом регионе даны рекомендации на постановку (корректировку) геологоразведочных работ на выявленных объектах (Атаков, и др., 2005; Мавричев, 1997; Мавричев, Гололобов, 2004). Объекты первой очереди подтверждены везде, в том числе, в Башкортостане и на Каспии, результатами бурения.

Развитие новых принципов интерпретации материалов аэромагнитной съёмки позволяет существенно повысить эффективность регионального и локального прогноза нефтегазоносности разреза. Установлены диагностические признаки (закономерности) отражения в магнитном поле по данным аэросъёмок масштаба 1:25 000 – 1:50 000 с высокочувствительной аппаратурой над известными месторождениями нефти и газа. Над антиклинальными структурами, объектами рифовой природы отмечается понижение магнитного поля, величина которого определяется, в основном, геометрическими (амплитуда поднятия, наклон её крыльев, высота рифовой постройки и др.) параметрами объекта, толщиной перекрывающих его терригенных отложений (для Волго-Уральской, Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций), а также их магнитных свойств. В морфологии магнитного поля хорошо отмечаются переклинали структур, особенно в случаях, когда продольные размеры выше поперечных.

На рисунке 1 приведен пример отражения в морфологических изменениях магнитного поля известных структур Ветлужского свода (Нижегородская область). Если структуры свода достаточно четко отражены в аномальном магнитном поле и нет никаких сомнений в их выявлении в остаточных аномалиях поля DT, то Иртек-Илекская структура в иной структурной позиции (бортовая зона Прикаспийской впадины и малых поперечных размерах – 2,5 км) находит отражение только при фильтрации магнитного поля и выделении его локальной составляющей (Рис. 2). На следующем рисунке (Рис. 3) морфология магнитного поля над месторождением нефти подтверждается и результатами моделирования магнитного поля с учетом фактических данных изучения магнитных свойств представленных в разрезе пород по керну скважин. В магнитном поле при применении программы СПАН (спектрально-пространственный анализ) отражены автохтонная и аллохтонная структуры месторождения, выделяется в морфологических изменениях магнитного поля локальная неоднородность резко пониженных магнитных свойств («тонкая» структура магнитного поля), отвечающая в разрезе положению известной залежи нефти.

В таблице приведены данные на 1993 г. выборочной проверки сейсморазведочными работами МОГТ-2Д по двум нефтегазоносным провинциям.

Нефтегазоносные бассейны	Выделено перспективн. аномалий	Проверено сейсморазв. работами	Получено подтверждение	Коэффициент успешности
Тимано-Печорская провинция	311	32	28	0,88
Волго-Уральская провинция	1093	157	115	0,73
в том числе по субъектам:				
Пермская область	320	28	23	0,82
Самарская область	427	86	61	0,71
Республика Башкортостан	346	43	31	0,72
Итого:	1404	189	143	0,76

Табл. Результаты проверки сейсморазведкой МОГТ-2Д рекомендаций по материалам аэромагнитной съёмки масштаба 1:25 000 – 1:50 000.

Опыт проведения аэромагнитных съёмок и разрешающие способности современных геофизических технологий убеждают в том, что крупномасштабные съёмки эффективны не только для выявления локальных объектов и изучения их морфологических параметров. Томографический анализ пространственного распределения магнитных источников в разновозрастных комплексах (от докембрийских Балтийского щита и палеозойских Урала до мезозойских Западной Сибири и кайнозойских Берингова моря (Атаков, Гололобов и др., 2005; Мавричев, 1997) позволяет получать информацию не только о веществе неоднородностей и латеральном распределении мезотрещиноватости на различных глубинах геологического разреза, но и об условиях осадконакопления (например, прогнозные криппы и конусы выноса) и о состоянии (растяжение, сжатие) сегмента недр, ярким показателем которых служит наличие или отсутствие флюидизированных разрывов (Рис. 4, 5).

Таким образом, основные фактические данные для моделирования НГБ и оценки его углеводородного потенциала (строение и вещественный состав фундамента, определение дифференцированной мощности чехла и его районирование по физическим свойствам пород, прогноз зон возможного нефтегазонакопления и выделение локальных неоднородностей различных морфогенетических типов) могут быть получены на основе проведения комплексных (на суше) аэрогеофизических и аэромагнитной (на шельфе и прибрежном мелководье) съёмок, характеризующихся высокой экономичностью, оперативностью и вседоступностью. Результаты аэрогравимагнитометрических (новый комплекс) съёмок (Атаков, Гололобов и др., 2005; Мавричев, 1997; Мавричев, Гололобов, 2004) демонстрируют объективную возможность эффективного их применения не только для решения региональных вопросов геологического строения и зонального прогноза нефтегазоносности территорий и акваторий, но и на нефтепоисковом этапе, особенно в районах со сложными физико-географическими условиями («транзитное» мелководье, шельфы арктических и дальневосточных морей, подтрапповые комплексы Сибирской платформы и др.). Высокая информативность результатов достигнута синтезом геоиндикационных данных КС и трансформантов потенциальных полей, в основе которого лежит закономерность отражения в морфологии и интенсивности потенциальных полей любых изменений свойств горных пород чехла и фундамента.

В зависимости от степени изученности районов и нефтегазоносных (перспективно-нефтегазоносных) комплексов НГБ целесообразно выполнять аэрогравимагнитометрические съёмки (Атаков и др., 2005; Мавричев, Гололобов, 2004):

1) на рекогносцировочном этапе – сопровождающие съёмки полосой шириной 20 – 30 км вдоль региональных сейсмо- и геофизических профилей;

2) на последующих этапах – площадные съёмки масштабов 1:25 000 – 1:50 000 (крупномасштабные на перспективных участках) в качестве опережающих и сопровождающих регионально-поисковую сейсморазведку с главной целью ее оптимизации.

Для повышения инвестиционной привлекательности недр, в частности, шельфов арктических (включая Баренцево) и

дальневосточных морей (достоверности прогнозных оценок геологического строения и ресурсов УВ) рекомендуется выполнение опережающих и сопровождающих сейсморазведку аэрогравимагнитометрических съёмок (Атаков и др., 2005) масштабов 1: 25 000 – 1: 50 000 в районах, где таковые не проводились с высокочувствительной аппаратурой.

Литература

Атаков А.И., Гололобов Ю.Н., Мавричев В.Г. и др. Оптимизация нефтегазопроисхождения процесса на основе комплекса современных аэрогеофизических технологий. Тюмень. *Горные ведомости*. № 6(13). 2005. 82-89.

Безукладнов В.А., Мавричев В.Г. Выявление аномалий типа

«залежь» по магнитному полю. М. *Геология нефти и газа*. № 6. 1997. 25-29.

Гололобов Ю.Н., Мавричев В.Г., Морозова М.А. Результаты и перспективы комплексной аэрогеофизической съёмки в труднодоступных районах. М. *Разведка и охрана недр*. № 12. 2002. 12-18.

Мавричев В.Г. Аэромагниторазведка на региональном этапе изучения нефтегазоперспективных территорий. М. *Отечественная геология*. №12. 1997. 34-39.

Мавричев В.Г., Гололобов Ю.Н. Аэрогравиметрический метод поиска месторождений нефти и газа. С.Петербург. *Нефть, Газ, промышленность*. 2004. 12-13.

Якимов А.С., Мавричев В.Г., Гололобов Ю.Н. и др. Вещественно-структурные неоднородности фундамента и осадочного чехла в материалах аэрогеофизических съёмок. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. М. ВНИИО-ЭНГ. № 7. 2003. 12-20.