

О. К. АБРАМОВИЧ, А. Г. СТЕЛЬМАШОНОК

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ  
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

*УО «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»,  
г. Гомель, Республика Беларусь  
olga\_pbe@mail.ru, stelman.by@gmail.com*

*С помощью системно-аэрокосмических работ крупномасштабного характера, можно детализировать структурные элементы земной коры и дополнительно оценивать нефтеперспективность территорий, при этом рассматривается возможность решения проблемы неоднозначности полевых геолого-геофизических работ.*

Проведение геолого-геофизических работ при поисках нефти практически всегда сталкивается с качественным и количественным дефицитом исходной информации. Дефицит качества не позволяет однозначно и мотивированно сориентироваться в основном направлении выполняемых работ. Дефицит количества приводит к недостаточной точности постановки как геофизических, так и буровых работ и в свою очередь сказывается на качестве основных выводов. Возникает проблема не только технического решения определения комплекса работ, но и экономической эффективности, для преодоления которой часто не хватает исходных данных и не уверенно работает моделирование. Подключение геодезических данных для создания полноценного комплекса работ не только решит техническую и экономическую проблему, но и расширит круг возможных задач.

Геологическая эффективность применения системно-аэрокосмических методов в Беларуси давно не вызывает сомнения. Они хорошо зарекомендовали себя при проведении обзорно-региональных, региональных и детальных работ. Подобные исследования проводились в прежние годы для территории Днепровско-Припятской нефтегазоносной провинции, Туровской депрессии, а к настоящему времени задействована вся территория Беларуси для решения целого спектра задач. По отдельным частям территории Туровской депрессии еще в 68 – 69-х годах выполнялись аэрогеологические исследования, которые подтвердили ранее известные локальные поднятия и наметили новые фото-аномалии, сопоставляемые с локальными структурными формами. Данные аэрогеологических исследований в целом подтвердились последующими геофизическими и буровыми работами в отношении выделения локальных структур и их блоков.

По территории Туровской депрессии имеется хороший задел, как предшествующих геолого-геофизических, так и аэрокосмических исследований, который позволяет сориентироваться в наиболее перспективном направлении и наиболее результативном составе работ. Близость Туровской депрессии к хорошо изученной центральной и восточной части Припятской нефтеносной области обеспечила наличие значительного числа относительно близких аналогов. Результаты дистанционных работ позволили оптимизировать территориальную структуру дальнейших геолого-геофизических работ и значительно сократить их площади. Кроме этого детальное системно-геодинамическое дешифрирование позволило более обоснованно и структурно-геологически мотивированно выбрать конкретные пункты постановки разведочного бурения, что повысило шансы на положительный результат. При оценке нефтеперспективности территории с применением предшествующих геолого-геофизических данных необходима полнота учета геологических и геофизических подходов, методов, концепций и результатов их реализации. Из геолого-

геофизических данных отбирались только те, совместное использование которых оправдано положительным опытом практической сопоставимости с результатами аэрокосмической съёмки и очевидной результативностью их совместного применения. Прогноз нефтеперспективности по аэрокосмическим снимкам с опорой на предшествующие геолого-геофизические результаты повысил эффективность дальнейших геолого-геофизических работ по поиску и разведке нефтяных месторождений. Особенно это относится к территории Туровской депрессии, где относительная геолого-геофизическая изученность значительно меньше остальных нефтеперспективных территорий и требуется продолжение работ.

Территория Туровской депрессии структурно ограничена Шестовичским разломом с северной стороны. Ее южная граница приурочена к Сколодинскому разлому. С востока ее ограничивает диагональная зона дизъюнктивных нарушений северо-восточного простирания. С северо-восточной стороны – диагональная зона дизъюнктивных нарушений северо-западного простирания. Наименее отчетливо граница Туровской депрессии прослеживается с западной стороны. Здесь она приурочена к участкам пересечения диагональных флексурно-разрывных зон северо-западного и северо-восточного простирания осложненных субмеридиональными дизъюнктивными нарушениями. Здесь же проходит граница резкой смены направления простирания продольной оси депрессии с субширотного на диагональное, а также значительно выволаживание ее склонов. Приведенная граница имеет отчетливое отображение на космических снимках и по результатам их структурно-геологической интерпретации также сопоставляется как предполагаемая граница Туровской депрессии.

В качестве основных исходных геолого-геофизических данных наиболее сопоставимых с данными дистанционного зондирования отбирались результаты гравии- и магнитометрической съёмки и структурные карты поверхностей подсолевых, межсолевых и верхнесоленосных отложений.

Если вернуться к нефтеперспективности района, то можно отметить, что результаты системно-аэрокосмических работ крупномасштабного характера, позволили, детализировать, уточнить и оценить нефтеперспективность отдельных структурных элементов, сопоставляемых с отдельными ловушками нефти. Даже при высокой степени геологической изученности аэрокосмические методы позволяют существенно скорректировать данные о глубинном строении территории. В первую очередь это относится к дизъюнктивной тектонике. При всём многообразии решаемых задач, дистанционные материалы особенно информативны только в комплексе с геофизическими. Приоритет в этом отношении по качеству и объёму эффективной информации имеет детальная сейсморазведка. Характерным преимуществом аэрокосмических методов является возможность уверенного картирования нефтезначимых дизъюнктивных и пликативных особенностей глубинного геологического строения, трудно обнаруживаемых при проведении геолого-геофизических работ. В различных публикациях часто отмечается, что аэрокосмические методы позволяют выявить неизвестные ранее особенности глубинного строения даже в районах с развитой нефтедобычей и значительным объёмом геофизической информации. Один из ярких примеров тому штаты Луизиана и Миссисипи, где вблизи ранее известных месторождений нефти выявлено более десяти дополнительных структур, часть которых подтверждена данными геолого-геофизического обследования. Информация дистанционных методов позволяет уточнить природу нефтеносных бассейнов и выявить неизвестные ранее особенности глубинного строения, важные для нефтегеологического районирования и прогнозной оценки запасов нефти. Это дает возможность выделить, уточнить и детализировать структурные формы и их элементы, ранее не зафиксированные традиционным комплексом геолого-геофизических работ, наметить дополнительные площади, перспективные для поисков нефти. С другой стороны на основе материалов космических съёмок возможно оперативное и экономически выгодное построение структурных карт на больших площадях, ранее недостаточно изученных геолого-

геофизическими методами, выделение нефтезначимых структурных объектов, сравнительная оценка их перспективности и установление очередности ввода их в последующие сейсморазведочные работы. Результативность применения космических снимков для решения различных задач, связанных с изучением геологического строения доказана во многих странах мира. Снимки позволяют уточнить и детализировать строение известных нефтеперспективных объектов и наметить оптимальные комплексы геолого-разведочных работ.

Опыт использования дистанционных методов показывает, что значительные вклады в космические исследования многократно окупаются. В ряде случаев экономическая эффективность применения космической техники в области геологии и экологии достигала десятков млрд. долларов в год. По данным NASA потенциальные прибыли при исследовании природных объектов комплексом работ возрастают на 80 – 85 % и намного превосходят стоимость разработки и эксплуатации системы в целом. При затратах менее 100 млн. долларов в год прибыль составляла около 300 млн. долларов. По различным данным, работы по сопряженной инвентаризации нефтегазоносных регионов обеспечивают снижение стоимости на весь комплекс исследований на 40 – 50 %. Успешность выявления нефтезначимой информации, установленной по данным дистанционного зондирования, значительно зависит от применяемого пакета технологических решений, от степени адекватности применяемой методики поиска и оценки признаков и способов обработки космических снимков. В таких условиях использование дискриминантных и групповых методов на базе численной классификации позволяет повысить точность экспонентной аппроксимации и вероятность правильного распознавания по сравнению с наземными методами исследования и оценки от 5 до 20 раз, особенно при использовании фоновых индикаторов. Применение системного физико-географического подхода позволяет в несколько раз увеличить информационную отдачу космических снимков и оценочную достоверность результатов их обработки, в десятки и более раз детальность и оперативность исследований при значительном уменьшении объемов наземных геолого-геофизических работ.

Результативную эффективность существенно повышает применение на всех этапах работ различных совокупностей эвристических неалгоритмических методов решения проблем, особенно в случаях дефицита исходных данных. Это позволяет обнаружить скрытые ландшафтные индикаторы и принять к реализации ранее не востребуемые модификации поисковых признаков. Использование при интерпретации ландшафтных признаков повышает информационную емкость комплекса, позволяет регистрировать выраженную территориальную дифференциацию и пофакторно систематизированное разнообразие признаков нефтеперспективности. Отмечается органическая совместимость на всех этапах со всеми структурными элементами системно-аэрокосмического исследования, легкая формализуемость результатов, объективность и практическая независимость от результатов смежных этапов почти неограниченная глубина геологической индикации; высокая картографическая точность и детальность, реальная оперативность и камеральность, идеальная совместимость с любыми информационными носителями и технологиями, что делает эту информацию особенно ценной. Для подтверждения наличия соответствующих положительных структур и принятия решения о целесообразности постановки бурения в данной ситуации эффективно использовать сеймопрофилирование. Целесообразно изучение возможности применения выявленных структур в качестве других, не нефтяных целей, например, в качестве резервуаров для газохранилищ или для комплексного решения экологических задач.

Одним из самых перспективных комплексов дистанционного зондирования признана Система *4D Control*. Главным преимуществом системы является то, что информация, получаемая геодезическими, геотехническими и спутниковыми методами наблюдений, собирается в единую сводку и может быть проанализирована по единой временной шкале. Структура визуализации данных с помощью программ *4D Control* позволяет отслеживать не только динамику изменений объекта по заданным параметрам, но и их взаимосвязь с

внешними и внутренними факторами. Возникает возможность также дублировать разными средствами измерений наиболее важные элементы. Система *4D Control* широко применяется за рубежом для мониторинга состояния разнообразных объектов в различных отраслях, в том числе в недропользовании и транспорте сырья и продуктов с использованием трубопроводов. Системы мониторинга нужны для обеспечения безопасности функционирования объектов. Рассчитать экономический эффект от использования мониторинговых наблюдений сложно, но оценить ущерб от аварии, которую можно предотвратить с помощью такой системы, вполне реально. Именно эти суммы показывают порядок экономии. За последние десятилетия объем, разнообразие и качество материалов дистанционного зондирования существенно возросли. В настоящее время значительную часть материалов дистанционного зондирования получают в цифровом виде, поэтому актуален переход к цифровым методам обработки дистанционной информации. Традиционно в методах обработки выделяют предварительную по улучшению качества изображения и непосредственно тематическую обработку. Предварительная и тематическая обработки не могут быть стандартными. Они зависят от целей и средств исследований, используемой съёмочной аппаратуры и возможностей камеральной обработки, поэтому тема по подбору оптимальных программных продуктов для полного цикла получения полезной информации останется открытой и актуальной ещё долго.

В тематической обработке следует обратить внимание на морфометрический метод. На базе морфометрического метода количественные и качественные показатели, определённые по результатам компьютерной обработки космических снимков, успешно поддаются анализу. Можно провести тренд-анализ. Результаты компьютерной обработки дистанционных съёмок необходимо визуализировать. Морфометрический метод легко поддается целевой модификации и позволяет сопоставлять результаты компьютерной обработки космических снимков с особенностями рельефа, дешифрируемого визуально, как основного косвенного признака геолого-тектонического строения земной коры. Морфометрические показатели, с одной стороны, достаточно обособлены, чтобы с уверенностью дифференцированно читаться, с другой стороны органично дополняют друг друга, формируя целостную полноту содержания и отражая характер и особенности взаимосвязи разрывных и складчатых особенностей, степень и направленность геодинамической активности. Данные дистанционного зондирования легко поддаются картированию, хорошо сопоставляются с любыми другими геологическими и геофизическими данными и результативно их дополняют. Во многих случаях они являются единственным источником детальной информации о структурных особенностях глубинного геологического строения, территориально ориентируют и экономически оптимизируют геофизические и буровые работы, и в большинстве случаев ими подтверждаются. Результаты многих работ показали, что в территориальном распределении нефтезначимых структурных элементов характерны выраженные элементы зональности. Они обусловлены особенностями разломной тектоники, и степенью относительной близости отложений к поверхности фундамента [1]. Зональность выражена неодинаково, как в территориальном распределении, так и по вертикали, а также в отношении направления простираения. Наиболее чётко она отмечается для межсолевых отложений. Для подсолевых отложений преобладает сочетание зональности и блочности. Относительно менее зональность выражена для верхнесолевых отложений. Здесь наблюдаются признаки специфической дислоцированности, предположительно сопоставляемые с элементами соляной тектоники. Наиболее отчетливо зональные тенденции проявляются в центральной (осевой) части района работ, вытянутой с юго-запада на северо-восток. Здесь наблюдается и наибольшая дислоцированность поверхности подсолевых, межсолевых и верхнесолевых отложений, обусловленная крупными сбросами или сбросо-сдвигами значительной амплитуды. В зональном простираении доминирует северо-восточное и субширотное направления. На отдельных участках наблюдаются локальные смещения основного зонального простираения в северо-

западном, северо-восточном и субмеридиональном направлениях. В этих местах дополнительно прослеживается влияние локальных элементов разломной тектоники, имеющих как диагональное, так и ортогональное простирание. В связи с наличием сбросов различного ранга и амплитуды в подсоловых, межсоловых и частично верхнесоловых отложениях в пределах района предполагается возможность наличия дизъюнктивно экранированных ловушек. Кроме этого, имеются условия для формирования ловушек нефти, приуроченных к флексурно-разрывным зонам. В отдельных случаях могут встречаться ловушки чисто антиклинального типа, предположительно пластовые. Имеются предпосылки для формирования ловушек выклинивания и замещения. Все представленные выводы касаются Туровской депрессии.

Актуальной остаётся задача по структуре комплекса полевых работ и программному обеспечению камеральных работ. Однако характерным преимуществом аэрокосмических методов является возможность уверенного картирования нефтезначимых дизъюнктивных и пликативных особенностей глубинного геологического строения, трудно обнаруживаемых при проведении только геолого-геофизических работ.

### Список литературы

1 Трофимов Д. М., Каргер М.Д. Методы дистанционного зондирования при разведке и разработке месторождений нефти и газа / Д.М. Трофимов, М.Д. Каргер. – М. : Инфра-Инженерия, 2015. – 80 с.

*O. K. ABRAMOVICH, A. G. STELMASHONOK*

#### *SOLVING THE PROBLEM OF AMBIGUITY IN THE RESULTS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL WORKS USING REMOTE SENSING DATA*

*With the help of large-scale system-aerospace work, it is possible to detail the structural elements of the earth's crust and additionally assess the oil prospects of territories, while solving the problem of ambiguity of field geological and geophysical work.*

УДК 528.8.042:550.822.3

Д. В. БОРИСЕНКО, Ю. В. МИТЬКО

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОПТИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА**

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
borisenk2011@mail.ru, J\_Mitsko@mail.ru*

*В статье описана методика определения теплофизических свойств кернового материала при помощи метода оптического сканирования. Приведены результаты температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости для керна, сложенного доломитом. Установлена зависимость полученных данных с другими петрофизическими свойствами горных пород.*