

Д.М. Трофимов (Компания «Совзонд»)

В 1958 г. окончил Московский геологоразведочный институт. В настоящее время – специалист компании «Совзонд». Доктор геолого-минералогических наук.

Эволюция космических методов, результаты их использования в нефтегазопроисковых работах за период 1987-2007 гг. и потенциальные возможности в будущем

Космические методы стали использоваться в нефтегазовой геологии в конце 1970-х – начале 1980-х гг., когда появились снимки со спутников «Метеор» с разрешением в несколько сотен метров, на которых можно было распознавать крупные геологические объекты: складчатые системы, крупные впадины и региональные разломы.

Развитие систем космических съемок в СССР и США шло по двум направлениям: на основе фотографической техники и на основе цифровой. Основным преимуществом первого направления являлось высокое пространственное разрешение в охвате видимого и ближнего инфракрасного диапазонов при некоторых сложностях трансформации снимков в определенную картографическую проекцию, а второго – оперативное использование компьютерной техники для обработки и преобразований получаемых изображений, их коррекции и трансформирование в необходимые масштабы карт. В связи с этим в СССР активно развивались фотографические методы работы со снимками: улучшение их качества, обработка получаемой информации и т. д., но имелись проблемы сохранения и архивирования накопленных изображений. В США в первую очередь развивались цифровые методы в комплексе с геоинформационными системами (ГИС). В общем, качество космических фотоснимков было существенно более высоким, чем космических цифровых изображений, полученных с помощью компьютерных тех-

нологий, хотя последние, начиная со спутника ERTS (США), выпускались в масштабе 1:1 000 000 и могли быть увеличены без существенной потери качества до масштаба 1:200 000. В настоящее время во всем мире используются преимущественно цифровые космические изображения (снимки).

Практическое применение космических снимков в нефтегазовой геологии началось в середине 1980-х гг. и ограничивалось поисковым этапом геологоразведочных работ. В основном они использовались для решения структурных и тектонических задач, в первую очередь, прогнозирования структурных ловушек нефти и газа.

Методика дешифрирования или тематического анализа космических снимков на первом этапе была унаследована с периода применения аэрофотоснимков при геолого-съемочных и в меньшей степени нефтегазопроисковых работах. Ее сутью являлось прямое отображение морфологии наблюдаемых геологических объектов открытых территорий, перенесенное на закрытые территории без существенного анализа и разделения структурной и ландшафтной информации.

В этот период получили развитие несколько методов дешифрирования: контрастно-аналоговый [1], ландшафтно-индикационный [2], ландшафтно-генетический [3], геодинамический [4] и структурный [5, 6].

Объектом анализа при использовании ландшафт-

но-индикационного и ландшафтно-генетического методов, как видно из их названий, являлся ландшафт, составляющие его природно-территориальные комплексы и природные индикаторы, которые в большинстве случаев не сопоставлялись с глубоко залегающими геологическими объектами, и степень их коррелируемости до сих пор осталась неясной.

Еще одной негативной стороной применения ландшафтно-индикационных методов являлось выявление только двух форм геологических объектов: линейных (или линейных) и кольцевых (как правило, весьма крупных). Эти методы не используются в нефтегазовой геологии и соответственно не прижились в ней. Морфологически кольцевые структуры не имеют широкого распространения среди структурных форм осадочного чехла и представлены небольшими по размерам соляными куполами, рифами и сводами. При благоприятном случае кольцевые структуры отвечают последним. Большинство структурных ловушек нефти и газа имеют ассиметричные контуры с разными соотношениями длинной и короткой осей.

Необходимо подчеркнуть, что эти методы были ориентированы на решение различных геологических задач и использовались при геолого-съемочных

работах, поисках воды и рудных полезных ископаемых. Только структурный метод дешифрирования был предназначен для решения структурно-тектонических задач нефтегазовой геологии и прогнозирования структур осадочного чехла. Его отличие от вышеупомянутых методик заключалось в том, что объектами исследований являлись структурные формы осадочного чехла, а ландшафт, сформированный за несколько тысячелетий, становился помехой для выявления искомого объектов и содержал лишь небольшой объем полезной информации. Она в обязательном порядке фильтровалась через комплекс геолого-геофизических данных или интерпретировалась, что позволяло существенно повысить уровень достоверности прогнозируемых объектов.

Оценка результатов космоструктурных исследований, проведенных в пределах основных нефтегазовых провинций России, показала, что метод структурного дешифрирования является универсальным для различных в геолого-ландшафтном отношении регионов, о чем свидетельствуют относительно высокие показатели подтверждаемости сейсморазведкой локальных объектов, спрогнозированных по космическим данным за период 1987-2007 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Оценка результативности космоструктурных исследований по результатам поисковых работ в основных нефтегазовых провинциях за период 1987-2007 гг.

| Название нефтегазовой провинции | Название региональных структур* | Сходимость результатов космоструктурных и сейсморазведочных работ по состоянию на 1987 г., % | Общая подтверждаемость прогнозируемых структур сейсморазведочными работами 1987-2007 гг., % |
|---------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| Восточно-Сибирская | Камовский свод Байкитской антеклизы | 56 | 63 |
| | Хапчагайский вал Вилюйской синеклизы | 79 | 89 |
| | Линденская впадина | 56 | 86 |
| Западно-Сибирская | Гыданский свод | 82 | 85 |
| | Салымский свод | 76 | 92 |
| Тимано-Печорская | Хорейверская впадина | 60 | 65 |
| Прикаспийская | Северный бортовой уступ | 80 | - |
| | Восточный бортовой уступ | 47 | - |
| Волго-Уральская | Бузулукская впадина | 65 | 85 |
| | Мелекеская впадина | 53 | 55 |

* Примечание. Выборка сделана не по всей площади региональных структур, а по отдельным участкам, на которые имеются результаты геологоразведочных работ. Небольшой прирост новых объектов и соответственно их подтверждаемость объясняется тем, что со второй половины 1990-х гг. объем поисковых работ был сконцентрирован на относительно небольших лицензионных участках, не охватывающих площади космоструктурных исследований

В конце 1980-х гг. в системе Министерства геологии СССР и Министерства нефтяной и газовой промышленности СССР проводилось структурное картографирование нефтегазоносных провинций на основе космических методов, а результаты работ документировались и передавались для внедрения в производственные организации, с которыми, как правило, обратная связь отсутствовала. Основой работ являлись «Методические рекомендации по применению аэрокосмических методов при нефтегазопроисковых работах», подготовленные во Всероссийском научно-исследовательском геологоразведочном нефтяном институте (ВНИГНИ) и утвержденные Министерством геологии СССР в 1987 г. [5]. По результатам космоструктурных работ ведущих нефтегазоносных провинций было спрогнозировано немногим более 500 локальных структур [6].

С целью проверки результатов прогнозирования структурных ловушек нефти и газа в 1980-х гг. использовались карты-схемы выявленных локальных структур и месторождений нефти и газа России по состоянию на 2007 г. Так как оценка структурных форм чехла проводилась на топографической основе масштаба 1:200 000, сопоставление оказалось достаточно корректным.

Сложность оценки эффективности космоструктурных исследований заключается в неравномерной плотности сети сейсмопрофилей, покрывавших нефтегазоносные провинции и существенно возросших с проведением поисковых работ в пределах лицензионных площадей. Если космоструктурная съемка относительно равномерно покрывает изучаемую территорию, то изменяющаяся плотность сейсмопрофилей создает некоторые трудности при сопоставлении равнодостоверных поисковых объектов, выделенных этими методами. С целью оценки результатов космоструктурных работ в пределах нефтегазоносных провинций выбирались наиболее изученные участки, по которым и определялась геологическая эффективность космических исследований. Объем статьи не позволяет полностью изложить результаты этих работ. Они будут продемонстрированы фрагментарно по каждой из изученных нефтегазоносных провинций.

В конце 1980-х гг. Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция представляла первоочередной интерес, так как Волго-Уральская провинция была уже хорошо изучена и входила в стадию падающей добычи.



Рис. 1. Фрагмент карты-схемы сопоставления локальных структур, спрогнозированных по космическим снимкам и выявленных по результатам поисковых работ широтного Приобья Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции:

- 1 – локальные структуры, выделенные по сейсморазведочным данным по состоянию на 1987 г.;
- 2 – контуры локальных структур, прогнозируемых по космическим данным;
- 3 – контуры локальных структур выявленных к 2007 г.;
- 4 – прогнозируемые структуры, подтвержденные сейсморазведочными работами по состоянию на 2007 г.;
- 5 – разрывные нарушения, прогнозируемые по космическим данным

Наиболее активные поисково-разведочные работы в 1980-х гг. проводились в широтном Приобье. По результатам космоструктурного анализа двух планшетов карт масштаба 1:200 000 (Горном и Пойкинском) были спрогнозированы 72 локальные структуры, из них 48 подтвердили данные сейсморазведки (рис. 1). Таким образом, сходимость результатов космоструктурных и сейсморазведочных работ на тот период времени составляла 88%, однако часть структур осталась не проверенной. К 1992 г. плотность сети сейсмопрофилей возросла, в результате чего были подтверждены еще 14 структур. По состоянию на 2007 г. из 72 спрогнозированных структур на сейсморазведочных материалах суммарно нашли отражение 65. Эти данные свидетельствуют о том, что по мере роста плотности сети сейсмопрофилей суммарная подтверждаемость результатов космоструктурных работ растет и в данном случае достигла 90%.

Поисковые работы на Ямале в конце 1980-х гг. находились в начальной стадии и здесь были откры-

ты только крупные месторождения газа (Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское и др.). По результатам космоструктурных исследований было спрогнозировано 40 локальных структур, из них 20 на тот период времени подтвердили данные сейсморазведки. Таким образом, сходимость результатов по выделению структур на основе независимо полученных данных двумя методами на период работ составила 50%, т. е. подтверждался каждый второй объект. Однако, недостаточно густая сеть сейсмопрофилей не обеспечила возможность проверки всех прогнозируемых объектов на рассматриваемой территории. По состоянию на 2007 г. подтвердилось еще 7 структур, так что общая подтверждаемость достигла 60%, а по северной части Ямало-Ненецкого автономного округа – 78% (рис. 2).

В пределах наиболее изученной Волго-Уральской нефтегазоносной провинции было проанализировано два района: восточная часть Бузулукской впадины и северная часть Жигулевско-Пугачевского свода, где плотность сети сейсмопрофилей была мини-

мальной. Сходимость результатов по итогам независимо проведенных сейсморазведочных и космоструктурных работ составила на конец 1980-х гг. соответственно 75 и 62% (рис. 3, 4). По состоянию на 2007 г. дополнительно подтвердились только несколько прогнозируемых структур, так как в пределах рассматриваемых площадей сейсморазведочные работы проводились в ограниченном объеме, что мало сказалось на показателе подтверждаемости.

Наименее изученной на конец 1980-х гг. была Восточно-Сибирская провинция. Здесь космоструктурные исследования проводились в пределах Вилюйской синеклизы, Камовского и Непского сводов. В это время сейсморазведкой было выявлено несколько десятков локальных струк-

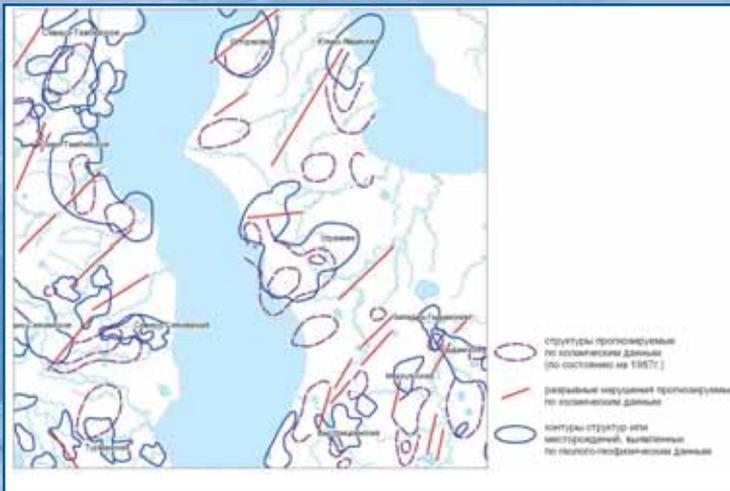


Рис. 2. Фрагмент карты-схемы сопоставления результатов структурного дешифрирования космических снимков со спутников серии «Космос» и контуры структур (месторождений), выявленных геолого-геофизическими работами в районе Гыданского полуострова



Рис. 3. Фрагмент карты-схемы сопоставления локальных структур, спрогнозированных по космическим и выявленным по результатам поисковых работ, Жигулевско-Пугачевского свода Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

тур, из которых было проанализировано 30 (рис. 5). Сходимость результатов сейсморазведочных и космоструктурных работ составила 50%, и еще ряд структур оказался непроверенным, так как сейсморазведка в 1990-х гг. проводилась в ограниченном объеме. По состоянию на 2007 г. в пределах рассматриваемых площадей было подтверждено еще две из спрогнозированных структур.

На территории Камовского свода за истекшие годы поисковая сейсморазведка концентрировалась вблизи открытых месторождений (Юрубчено-Тохомского и Куломбинского), показатели сходимости соответственно не высокие. При этом необходимо отметить сложное геологическое строение Камовского свода, где широко развиты траппы, бронирующие строение осадочного чехла и затрудняющие поисковые работы. Тем не менее, по этому региону отмечается сходимость шести локальных структур, выделенных сейсморазведкой по состоянию на 2007 г. и спрогнозированных в 1980-х гг. (рис. 6).

Проведенный статистический анализ сопоставления результатов космоструктурного дешифрирования и сейсморазведочных данных по итогам двадцатилетних поисковых работ по выделению локальных поднятий осадочного чехла позволяет сделать ряд выводов:

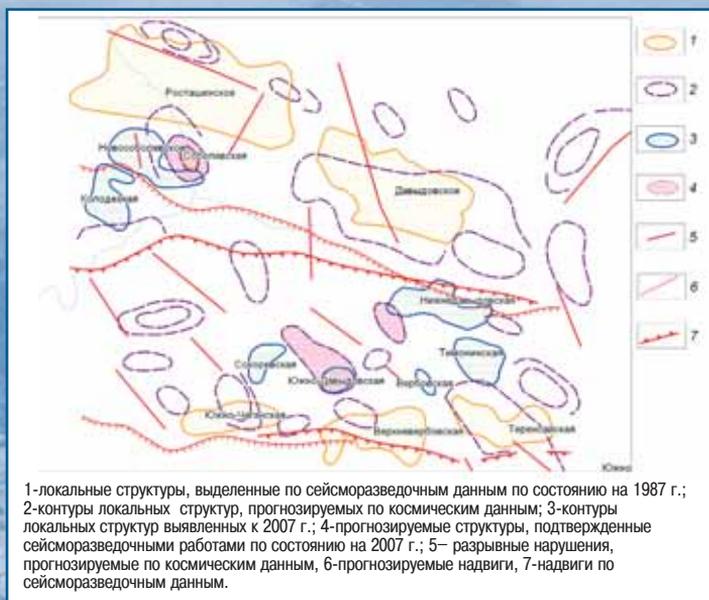


Рис. 4. Фрагмент карты-схемы сопоставления локальных структур, спрогнозированных по космическим и выявленным по результатам поисковых работ, Бузулукской впадины Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

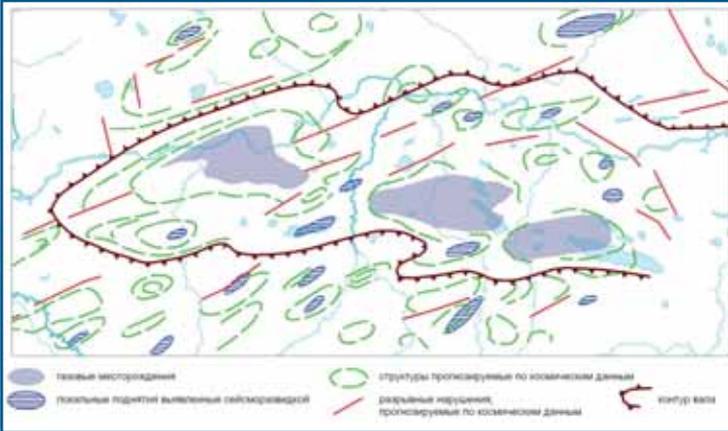


Рис. 5.
Фрагмент карты-схемы локальных структур и разрывных нарушений Ханчагайского вала Вилюйской синеклизы и сопредельных районов

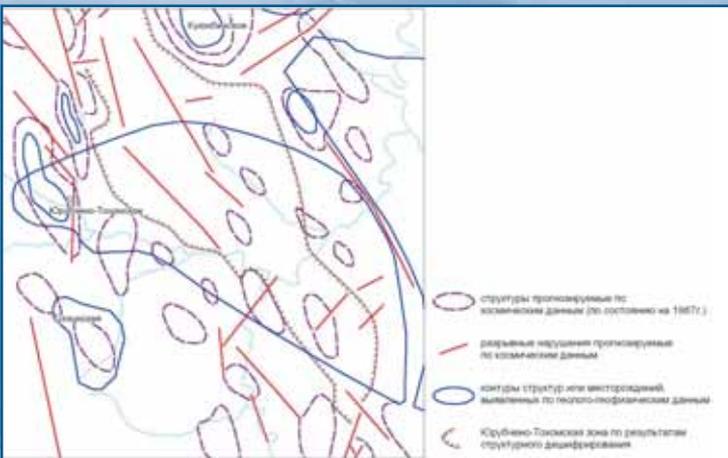


Рис. 6.
Фрагмент карты-схемы сопоставления результатов структурного дешифрирования космических снимков со спутников серии «Космос» и контуры структур (месторождений), выявленных геолого-геофизическими работами в районе Камовского свода

- с повышением уровня изученности и сгущением сети сейсмопрофилей, возрастает показатель подтверждаемости до 70% и более, что показано на примерах Волго-Уральской и Западно-Сибирской нефтегазоносных провинций;
- сопоставление результатов работ двух поисковых

методов в различных нефтегазоносных регионах подтверждает геологическую эффективность космоструктурных исследований, однако численные различия отражают с одной стороны плотность сети сейсмопрофилей, а с другой – сложность строения изучаемых районов;

- по ряду регионов, где объем поисковой сейсморазведки за период 1990-2007 гг. был не высоким (Восточная Сибирь, Жигулевско-Пугачевский свод, прибортовая часть Прикаспийской впадины), показатель подтверждения является относительно низким и остаются не подтвержденными десятки прогнозируемых структур, являющиеся резервным фондом;
- соответственно с возрастанием вероятности подтверждения прогнозируемых по космическим данным локальных структур увеличивается и количество открываемых на них месторождений, что связано с особенностями и временем формирования скопления углеводородов в поднятиях активно воздымающихся на рельефообразующем этапе, которые фиксируются на космических снимках.

Относительно высокая по сравнению с сейсморазведкой достоверность прогнозирования структурных ловушек нефти и газа определяет экономическую и

геологическую целесообразность более активного использования космических методов на поисковом этапе работ, особенно в отдаленных и труднодоступных районах Восточной Сибири.

С конца 1990-х гг. отмечается значительный прогресс в области обработки, преобразований и

тематического анализа космических снимков на базе компьютерных технологий и ГИС. Помимо введения необходимых коррекций и трансформаций, обеспечиваются улучшение качества и визуального восприятия изображений за счет следующих функций:

- синтезирование мультиспектральных снимков;
- изменение контрастности и резкости;
- уменьшение маскирующего воздействия почвенно-растительного покрова;
- исключение воздействия антропогенных элементов ландшафта (нарезки полей, транспортных систем и др.);
- построение трехмерных изображений;
- выявление в почвенно-растительном покрове спектральных аномалий, обусловленных микроросачиванием жидких и газообразных углеводородов.

Решение этих задач обусловлено тем, что визуальный подход к дешифрированию до настоящего времени еще является доминирующим.

Особая роль принадлежит тематическому анализу снимков или их структурному картографированию. Автоматизированное выявление линейных структур было разработано еще в конце 1980-х гг. и частично апробировано на примерах нефтегазоносных бассейнов Средней Азии [7]. Но переход к их интерпретации на основе геофизических данных так и не состоялся. Попытки автоматизированного прогнозирования структурных ловушек осуществлялись рядом специалистов. Б.Н. Можаяев для облегчения выявления структур осадочного чехла проводил работы в пределах аридных (безлесных) районов Средней Азии, где представляется возможным прямое истолкование индикаторов и признаков новых локальных поднятий [8]. И.О. Смирнова для повышения достоверности прогноза использовала результаты геофизических работ [9]. Программа структурного анализа видеоизображений «Станвид», основанная на апробированной методике структурного дешифрирования, применима для безлесных и таежных районов, являясь универсальной для регионов с различной дислоцированностью осадочного чехла [10]. Тестирование этой программы по районам с различными ландшафтно-геологическими характеристиками, в том числе и по достаточно сложным, показало возможность ее практического при-

менения, особенно в комплексе с геологической интерпретацией.

Высокую структурную информативность показали данные радиолокационной съемки, однако в XX веке она не получила широкого распространения, так как находилась в стадии совершенствования и проводилась только с авиационных носителей. Прекращение работ в области автоматизированного структурного анализа и дешифрирования объясняется почти полным сокращением финансирования этого направления нефтегазопоисковых работ и ликвидацией многих научно-производственных коллективов. По этим же причинам не получила развития тематика комплексной интерпретации космических и геофизических данных, направленная на повышение достоверности прогнозируемых ловушек нефти и газа, снижение затрат на их выявление и подготовку к поисковому бурению. Проведенный анализ результатов комплексных работ показал их высокую результативность [11, 12]. Однако в период «перестройки» данное направление работ практически «умерло» на несколько лет и начало возрождаться лишь в конце 1990-х гг. по инициативе специалистов-энтузиастов.

Не получили также развития полигонные работы, проводимые в период 1980-х начале 1990-х гг. и способствовавшие совершенствованию методики аэрокосмических исследований и тематической обработке дистанционной информации в интересах различных областей науки. В настоящее время это направление работ активно развивается в США, Франции, Германии и ряде других стран.

На рубеже XX и XXI веков в области аэрокосмической техники, предназначенной для съемок Земли, был сделан резкий рывок. Количество спутников и стран, их запускающих, существенно увеличилось, появились новые виды съемок и методы их обработки, возросла скорость и объем поступающей из космоса дистанционной информации, получаемой в режиме реального времени.

Появление и совершенствование новых видов аэрокосмической съемки: тепловой съемки в дальнем инфракрасном диапазоне спектра и пассивной радиолокационной съемки в СВЧ-диапазоне, привело к решению задач автоматизированного геотемпературного и влажностного картографирования земной поверхности.

Создание геотемпературных карт, используемых в нефтегазовой геологии, гидрогеологии и криологических исследованиях, представляет собой крайне сложную задачу в связи с необходимостью сбора большого количества наземных данных (температуры, теплопроводности, влажности, пористости и проницаемости развитых на поверхности почв и пород, залегающих на разных глубинах, оценке воздействия растительности, геохимических процессов и др.) для тестирования и проверки дистанционных измерений. Эти показатели существенно влияют на точность создаваемых карт, и их получение связано с наземно-дистанционными исследованиями большой трудоемкости. Повышенная точность измерений обусловлена тем фактом, что геотемпературные аномалии, свойственные нефтегазоносным и пустым ловушкам, в ряде районов различаются менее чем на 1°C, а воздействие разных видов растительного покрова дает отличие на 2-3°C.

Профили или карты увлажненности почв или осадочных пород, создаваемые на основе съемок в СВЧ-диапазоне, характеризуются ошибками, составляющими 2-3%. Фактор влажности почвенного покрова является первоочередным при геотемпературных построениях и поэтому целесообразно их комплексное применение и интерпретация. При прогнозировании ловушек углеводородов и структурном анализе наиболее перспективной является радиолокационная съемка, выполняемая в настоящее время в различных спектральных диапазонах и с различной поляризацией, что обеспечивает получение реального рельефа земной поверхности (без растительного покрова) и позволяет провести оценку величины смещения земной поверхности с точностью до нескольких сантиметров.

Получивший некоторое распространение автоматизированный спектрометрический анализ [13], включающий мультиспектральные съемки и спектральные библиотеки, в значительной степени отражает ландшафт в широком смысле этого термина и преимущественно растительный покров. Наличие корреляционных связей между ними и различными структурными формами осадочного чехла, в том числе и их нефтегазоносностью, еще не доказано по данным современных мульти- и гиперспектральных съемок. В настоящее время они проходят стадию апробирования.

В последние годы получили развитие новые направления аэрокосмических исследований, которые могут быть использованы в нефтегазовой геологии:

- геофизическое, обеспечивающее изучение магнитного и гравитационного полей Земли, получение новой и более точной информации, в том числе за счет более надежного измерения параметров геоида с помощью спутников MAGSAT, EOSAT и др.;
- регионально-тектоническое (геодинамическое), изучающее движение литосферных плит, блоков и региональных разломов с помощью спутника LAGEOS и данным, получаемым на пунктах постоянно-действующих сетей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС);
- современной тектоники, исследующей подвижки земной поверхности, разломов и структур с точностью до нескольких сантиметров с помощью радиолокационной интерферометрии снимков со спутников RADARSAT-1,2, ERS-1,2, ALOS, и др., также в комплексе с сетями ГНСС;
- структурной геологии, обеспечивающей детальное изучение и структурное картографирование нефтегазоносных провинций с использованием радиолокационных снимков;
- геохимическое, базирующееся на мультиспектральных и гиперспектральных съемках со спутников Terra (с аппаратурой Aster), EO-1 (Hyperion) и др.

Эти методы мало используются для решения нефтегазовых задач, что объясняется слабым знакомством с ними возможных пользователей, значительной стоимостью этой информации, сложностью ее интерпретации и вероятностным характером геологического истолкования результативных материалов, требующих применения математико-статистических методов анализа данных.

Упомянутые выше новые методы в комплексе с традиционными геофизическими данными позволяют решать следующие практические задачи:

- выявлять структурные и тектонически-экранированные ловушки нефти и газа, разрывные нарушения (включая их типизацию) и палеотектонические дислокации, влиявшие на формирование неструктурных ловушек;
- проводить анализ структурных ловушек нефти и газа, оценивать величину и направленность их деформаций за рельефообразующий этап, в зна-

чительной степени определявших гидродинамическую эволюцию и состояние залежи к настоящему времени;

- распознавать ловушки, содержащие скопления углеводородов, и пустые, что в экспериментальном порядке отработано на ряде регионов на основе использования мультиспектральных данных и данных съемки в ИК-диапазоне с использованием специализированных программ;
- на этапе разведки и разработки месторождений нефти и газа выделять разрывные нарушения типа «каналов» и «экранов», незнание которых приводит к преждевременному заводнению залежей или к малой эффективности системы разработки.

Уникальной особенностью дистанционных методов при решении вышеупомянутых задач, в отличие от геофизических, является возможность через детальный анализ образования рельефа определять этапность развития, величину, динамику и направленность формирования структурных форм осадочного чехла на рельефообразующем этапе. Его продолжительность для разных нефтегазоносных бассейнов измеряется от сотен до нескольких миллионов лет. Сейсмические методы в основном фиксируют морфологию и глубину залегания ловушек нефти и газа, сформированных под воздействием палеотектонических движений, и их современный облик.

Период времени после образования ловушек для платформенных регионов часто близок или совпадает с рельефообразующим этапом. Именно за этот интервал времени происходит формирование скоплений углеводородов, их переформирование и разрушение, а традиционные методы исследований не обеспечивают получение информации по данному вопросу.

Кроме того, космические методы дают возможность выявить широкий спектр разрывных нарушений, включая малоамплитудные дислокации, зоны трещиноватости и их современную подвижность, позволяют оценить степень раскрытости флюидоупоров и, следовательно – резервуаров. При относительно низкой вертикальной проницаемости разрывов в комплексе с геохимическими методами представляется возможным определить наличие в ловушках углеводородов их состав.

Эти задачи решаются с помощью экспертного

анализа с частичной автоматизированной обработкой космической информации и ее интерпретацией. Вместе с ними в настоящее время активно ведутся исследования на полигонах для автоматизированного распознавания различных природных объектов, особенно с помощью мульти- и гиперспектральных данных, создания спектральных библиотек, экспериментальных съемок и специализированных программных средств. Является очевидным, что снимки земной поверхности, сделанные с авиационных и космических носителей различной аппаратурой, в разных диапазонах спектра несут информацию искаженную атмосферно-метеорологическими условиями в отличие наземных съемок. При решении структурных задач в учете этих искажений нет необходимости. В то время как при оценке перспектив нефтегазоносности, нуждающейся в цифровой обработке дистанционных данных, ослабление получаемого сигнала за счет атмосферного влияния может отрицательно влиять на получение детальной полезной информации. Существующие программы коррекции не решают эту проблему полностью.

Как уже отмечалось, проблема оценки перспектив нефтегазоносности прогнозируемых, выявленных и подготовленных к бурению ловушек, с точки зрения возможностей космических методов, решается с помощью задач прогнозирования структур и наличия в них скоплений углеводородов. Возможности автоматизированного решения этих задач могут быть реализованы различными путями.

Сложности при прогнозировании структурных форм осадочного чехла обусловлены маскирующим влиянием растительности, почв, антропогенными и экзогенными факторами. Они в значительной степени исключаются при использовании радиолокационных данных, снимающих воздействие почвенно-растительного покрова и обеспечивающих получение двумерных или трехмерных моделей рельефа с точностью, существенно превышающей точность существующих мелкомасштабных топографических карт. Автоматизированное выявление структурных ловушек нефти и газа и разрывных нарушений реализуется с помощью программы «Станвид».

Задача оценки перспектив нефтегазоносности существенно сложнее, так как она решается косвенным способом:

- через спектральный анализ с помощью геоботанических и геохимических исследований, требующих наземных работ для проверки результатов дешифрирования;
- геотемпературными исследованиями, также с трудоемкими и длительными наземными работами.

С целью реализации данной проблемы требуется проведение специальных полигонных исследований на нефтяных и газовых месторождениях, расположенных в различных геолого-ландшафтных условиях, определяющих необходимость соответствующей настройки и адаптации программных средств. При этом, в нефтегазовой геологии, геохимии и гидрогеологии не выяснены многочисленные вопросы миграции углеводородов к земной поверхности, их объемов и скорости, связей с тепловыми потоками, их воздействием на почвенные и растительные покровы и изменением спектральных характеристик. Подобные полигонные работы можно было бы развернуть на лицензионных участках государственных компаний, которые должны быть заинтересованы в оценке нефтегазоносности вводимых в бурение ловушек.

В настоящее время выполнен значительный объем работ по реализации этой задачи на отдельных участках с помощью анализа космических данных в различных диапазонах электромагнитного спектра, произведено тестирование программных комплексов и получены положительные результаты. Однако, эти работы необходимо дополнить наземными исследованиями, которые обеспечат доказательную базу новых методов, нацеленных на прямое прогнозирование углеводородов.

Приведенные результаты практического использования космических методов в нефтегазопоисковых работах и оценка перспективности их развития в ближайшем будущем, с учетом оперативности, детальности, возможности многоцелевого применения и относительно небольшой стоимости, определяют целесообразность более широкого участия новых видов дистанционного зондирования в комплексе геологоразведочных исследований.

Список литературы

1. Петрусевич М.Н. Аэрометоды при геологических исследованиях – М., 1961.
2. Можаяев Б.Н., Жученко А.Г. Современное состояние и перспективы развития геоиндикационного метода дешифрирования аэро- и космических снимков // Тез. докладов на совещании «Геоиндикационный метод дешифрирования аэро- и космических снимков». – Свердловск, 1983.
3. Викторов С.В. Ландшафтные индикаторы гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах орошения и обводнения пустынь. – М.: Недра, 1976.
4. Гридин В.И. Геодинамическое дешифрирование и системный анализ космических снимков. – М.: МИИХИП, 1996.
5. Методические рекомендации по применению аэрокосмических методов при нефтегазопоисковых работах. – М.: ВНИГНИ, 1987.
6. Трофимов Д.М., Полканова Л.П. Аэрокосмические методы на региональном этапе геологоразведочных работ на нефть и газ. – М.: Недра, 1988.
7. Можаяев Б.Н., Можаяева В.Г., Кудрявцева Е.Н. Формализация описания природных индикаторов разрывных нарушений // В кн. «Автоматизированная обработка аэрокосмических съемок при геологических исследованиях». – Л.: ВСЕГЕИ, 1983.
8. Можаяев Б.Н., Можаяева В.Г., Кирсанов А.А. Применение материалов аэро- и космических съемок при изучении новейшей тектоники Юго-Западной Туркмении. – М.: Недра, 1988.
9. Кирсанов А.А., Смирнова И.О., Блинова М.М. Опыт прогнозирования структурных поверхностей осадочного чехла методами геоиндикационного моделирования с использованием материалов аэро- и космических съемок // Общая и региональная геология, геологическое картирование. Вып. 5. – ВИЭМС, 1987.
10. Райкунов Г.Г., Серебряков В.Б., Трофимов Д.М. Автоматизированная программа прогнозирования антиклинальных ловушек нефтегазоносных регионов (Стандид-2) // Тез. Конференции «60 лет развития методов дистанционного зондирования природных ресурсов: итоги и перспективы». – СПб: НИИКАМ, 2004.
11. Прогнозирование структур осадочного чехла на основе комплексной интерпретации и обработки на ЭВМ аэрокосмических и гелого-геофизических данных. – М.: ВНИГНИ, 1990.
12. Трофимов Д.М., Богословский В.И., Ильина Е. и др. Космические методы изучения закрытых платформенных регионов. – М.: МГУ, 1992.
13. Серебряков В.Б. Применение космических данных в комплексе поисковых работ на нефть и газ // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 2008. – № 1(63).