

УДК 528. 837: (553.9.041:551.351)] (262.5+262.54)

З.М.Товстюк, Т.А.Ефименко, О.В.Седлерова,
И.В.Лазаренко, Е.П.Головащук

*Центр аэрокосмических исследований Земли
Института геологических наук НАН Украины, г.Киев*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ СТРУКТУР ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА)

Рассмотрены возможности применения космических снимков для отработки методики выявления структур шельфа Черного и Азовского морей, перспективных на нефть и газ.

Реальная возможность улучшения энергетического баланса Украины в значительной степени связана с увеличением добычи нефти и газа на акваториях Черного и Азовского морей. При этом желателен привлечение новейших технологий поиска и разведки месторождений углеводородов для достижения высокого экономического эффекта. Именно спутниковая технология отвечает перечисленным выше требованиям.

Цель исследований состоит в дальнейшем совершенствовании спутниковых технологий изучения геологического строения территорий, перспективных на нефть и газ, а также прогнозе новых месторождений углеводородов.

Начиная с 90-х гг. прошлого века в Центре аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины проводились работы по определению возможности использования космических снимков (КС) для изучения геологического строения Азово-Черноморского региона в связи с его нефтегазоносностью. Решалась задача установления взаимосвязи в системе «залежь – подводный ландшафт – морская поверхность» и выявления причин формирования полезного сигнала (оптической аномалии) на КС над месторождением углеводородов [1, 2].

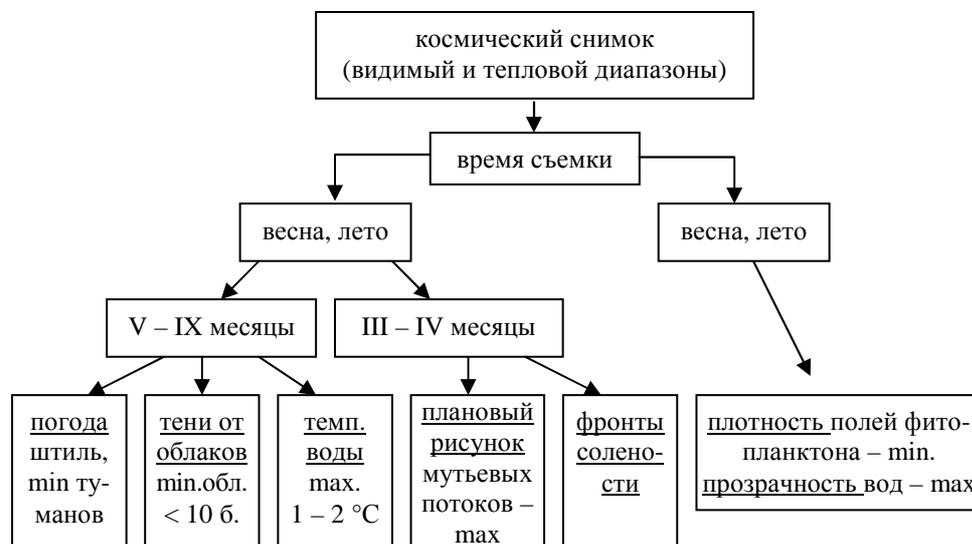
Основная задача, как проводимых исследований, так и данной статьи заключалась в выявлении возможности использования КС при поиске углеводородов на шельфовой зоне Черного и Азовского морей.

Исследования проводились поэтапно, по нескольким направлениям и заключались в отработке методических приемов на известных месторождениях нефти и газа.

На начальном этапе был создан объемный банк данных, куда вносились в мониторинговом режиме космические снимки, полученные с искусственных спутников Земли (ИСЗ): *NOAA AVHRR* (1993 – 2004 гг.), *Landsat-4 TM*, *Landsat-7*, *Океан-О* (МСУ-В, МСУ-СК), *Метеор-3М* (МСУ-Э), КА *Terra* (*Modis*, 2000), *ERS (SAR)*, предоставленные ДНВЦ «Природа» и взятые в виде квиклуков из Интернета.

Космические снимки анализировались во всех диапазонах спектра электромагнитных колебаний: видимом, ИК, тепловом, радиодиапазоне.

© З.М.Товстюк, Т.А.Ефименко, О.В.Седлерова, И.В.Лазаренко,
Е.П.Головащук, 2005



Р и с . 1 . Оптимальные условия получения кондиционных КС шельфа Черного и Азовского морей.

В результате проведенных исследований при анализе КС видимого диапазона были определены оптимальные условия параметров морской среды для получения кондиционных КС по шельфу Черного и Азовского морей (рис.1).

Так, наиболее благоприятными условиями для съемки являются V – IX месяцы года, когда количество ветров минимальное, максимальные температурные градиенты морской поверхности и незначительная облачность. В то же время, ранней весной фиксируется максимальный речной сток, создающий мутьевые потоки, которые унаследуют и подчеркивают отдельные формы рельефа морского дна, а также четко фиксируются фронты солёности, местоположение которых совпадает с глубинными разломами (как, например, глубинный мантийный разлом, выделенный В.Б.Соллогубом в 1987 г. в западном секторе шельфа Черного моря). На осенних и зимних снимках фиксируется уменьшенная плотность фитопланктона, а прозрачность вод – максимальная.

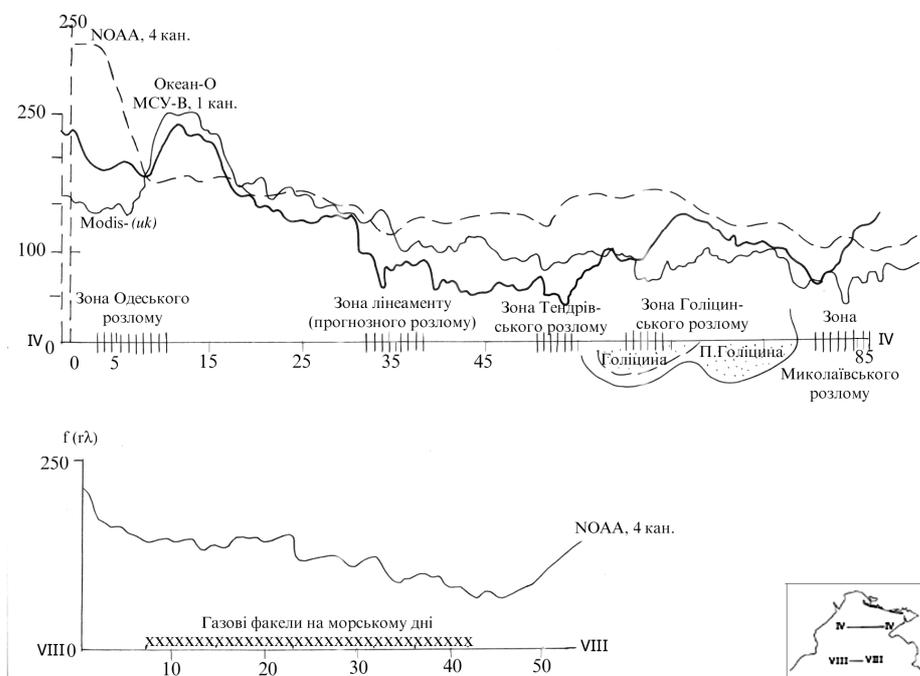
Так как водные геосистемы представляют собой сложную физико-химико-биологическую среду, которая состоит из растворенных и взвешенных веществ и разнообразных живых организмов, учитывалось их влияние на формирование излучения в различных диапазонах спектра электромагнитных колебаний.

В общем случае к оптически активным компонентам следует отнести воду как таковую, бактерио- и фитопланктон, растворенное органическое и взвешенное минеральное вещество, детрит. Примеси в водной среде, являясь оптически активными компонентами, безусловно, влияют на процессы поглощения света в водном столбе. Однако, по литературным данным, это влияние ограничивается ультрафиолетовой зоной спектра (300 нм). Для целей геологического дешифрирования обрабатывались дистанционные данные в

диапазоне волн 500 – 700 нм, в котором влияние примесей значительно снижалось, и повышалась вероятность получения сигнала, отраженного от морского дна. Влияние фитопланктона на формирование спектральной яркости в диапазоне 500 – 700 нм и даже в инфракрасной зоне довольно значительно [4]. В таких случаях изображения полей цветения фитопланктона использовались как ландшафтные индикаторы геологических объектов (повышенная концентрация фитопланктона иногда отмечалась над месторождением).

С целью увеличения достоверности дешифрирования и распознавания образа проводилось улучшение качества изображений методом растягивания яркостного диапазона, выравнивания, сложения изображений с последующей обработкой, а также синтез и цветокодирование космических изображений. Обработка проводилась с помощью стандартных программ *Photoshop* и *Surfer*, а также специально созданных, вспомогательных программ.

По космическим изображениям морской акватории вкост известным глубинным разломам, месторождениям и структурам были протрассированы субширотные профили, вдоль которых с помощью перечисленных выше программ были построены графики изменения спектральной яркости космических изображений (рис.2). На рисунке представлены графики спектральных яркостей КС разных ИСЗ в видимом, ИК (ближний) и тепловом диапазонах (профиль IV – IV в северной части шельфа). Здесь, на разных материалах космических съемок зоны разломов фиксируются по резким скачкам сигнала, обусловленным, по-видимому, аномалиями геофизических полей, которые в свою очередь формируют аномалии морских ландшафтов. Месторождения углеводородов (Голицина, Южно-Голицина, Шмидта и



Р и с . 2 . Северо-западный шельф Черного моря. Графики изменения спектральной яркости морской поверхности по профилям IV – IV и VIII – VIII (см. врезку).

Штормовое) фиксируются незначительными повышениями сигнала на фоне обширной зоны апвеллинга. На профиле VII – VIII, расположенном южнее, на свале глубин, зона выхода газовых факелов на морском дне фиксируется значительным понижением сигнала на космическом изображении теплового канала (за счет газлифта).

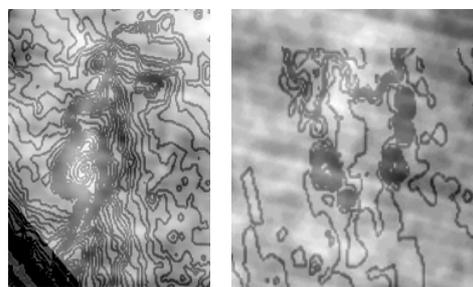
Анализ КС, полученных в видимом диапазоне спектра, позволяет сделать вывод, что дешифрирование структурных элементов и неотектонических поднятий на морском дне наиболее эффективно при незначительных глубинах (до 15 – 20 м). В этом отношении Азовское море, максимальная глубина которого составляет 14 м, является более благоприятным. В западной его части, наиболее мелководной и прозрачной, на КС, полученных с ИСЗ Океан-О (МСУ-В), *Landsat-4* ТМ, Метеор-3М (МСУ-Э) читаются отдельные холмы, гряды и понижения морского дна. На фоне плоской морской равнины эти формы рельефа являются аномальными. А так как формирование рельефа, как и переформирование большинства нефтегазоносных структур, происходило в неоген-четвертичное время, эти формы являются индикаторами геологических структур.

Так, Стрелковое месторождение, расположенное в западной части Азовского моря, в современном рельефе выражается грядой песчаных холмов и расширением косы на суше, что отчетливо дешифрируется на КС видимого диапазона. Стрелковая структура от позднего мела до неогена развивалась унаследовано. Бурением установлен структурный нос в верхнемеловых отложениях, протяженная антиклинальная складка в кровле палеоцена, которая в олигоцен-миоцене распадается на несколько мелких структур.

Взяв это месторождение за модель и руководствуясь принципом аналогии, можно выделить две локальные прогнозные структуры: «Южную» (рис.3, а) и «Восточную» (рис.3, б), которые сейсмическими методами до сих пор не выделены, а в рельефе выражаются в виде песчаных гряд. На космических изображениях им соответствуют участки максимальной спектральной яркости (рис.3).

На северо-западном шельфе Черного моря дешифрирование локальных поднятий и разломов остается более проблематичным. Наиболее достоверно эти элементы дешифрируются по КС ИСЗ *Landsat-7*, Океан-О (МСУ-В), *Terra (Modis)* видимого диапазона. Аккумулятивные формы рельефа, литология донных отложений достовернее дешифрируются в мелководной части моря на глубинах до 30 м.

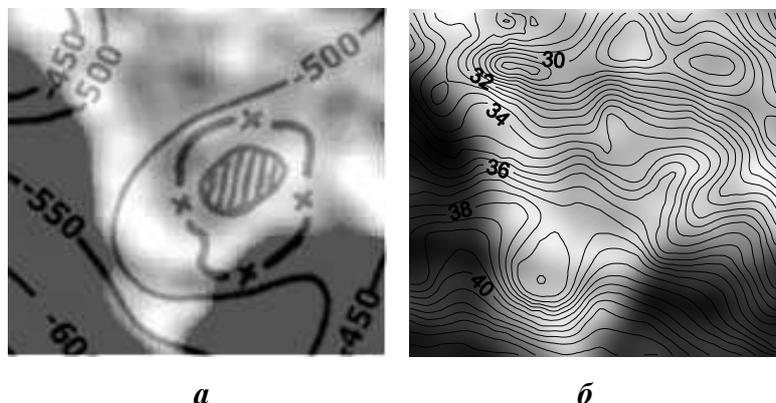
Месторождение Шмидта, пожалуй, наиболее ярко характеризует взаимосвязь в системе «залежь – подводный ландшафт – морская поверхность» (рис.4). Антиклинальной складке с газовой залежью (рис.4, а) в рельефе морского дна соответствует структурная терраса с локальным поднятием



а

б

Рис. 3. Азовское море. Локальные прогнозные структуры: «Южная» (а), «Восточная» (б). Фрагменты КС (Океан-О; МСУ В, 2к.) совмещены с фрагментами батиметрической карты.



Р и с . 4 . Северо-западный шельф Черного моря. Месторождение Шмидта: фрагмент КС (Океан-О; МСУ В, 1к.) совмещен с фрагментом структурной карты по поверхности отложений майкопа (а) и с фрагментом батиметрической карты (б).

ем высотой до 2 м (рис.4, б). На космическом изображении этому поднятию соответствует светло-серый тон (за счет резкого повышения сигнала).

Неотектонически активные зоны разломов наиболее достоверно дешифрируются на тепловых снимках. Аномалии геофизических полей и флюидодинамические процессы приводят к аномалиям морских ландшафтов, изменениям гидродинамических характеристик водной среды, распространению или угнетению развития фитопланктона над месторождениями углеводородов. Все это приводит к изменению оптических характеристик водной среды и отражению этих изменений на КС. Наиболее информативными являются тепловые снимки, полученные в утренние часы, когда наблюдается наибольшая температурная дифференциация морской поверхности (резкий температурный градиент). В это время наиболее четко фиксируются температурные аномалии, образующиеся за счет подъема придонных холодных вод (процесс газлифта).

В работе анализировались космические изображения теплового диапазона ИСЗ NOAA AVHRR 1993-2004 гг. Наиболее информативным (показательным) является снимок за 1994 год, на котором четко дешифрируется субширотная зона разломов, протянувшаяся от устья Дуная до западного побережья Крыма и соответствующая Сулинской разломной зоне (рис.5). В ее центральной части расположены месторождения Штормовое и Крымское и значительная часть структур.



Р и с . 5 . Северо-западный шельф Черного моря. Субширотная разломная зона (Сулинская). Фрагмент КС NOAA AVHRR (4 канал).

Линеаментные зоны, отдешифрированные по КС, сопоставлялись с зонами известных разрывных нарушений, разбивающих территорию шельфа на блоки разной активности. При комплексировании полученных данных с геолого-геофизическими и неотектоническими материалами определялась активность этих блоков. Результаты этих работ отражены на схеме относительной неотектонической активности. Наиболее активные блоки и являются прогнозными участками.

В результате проведенных исследований по шельфу Черного и Азовского морей установлено, что КС видимого диапазона (глубина моря до 15 – 20 м) могут быть использованы для изучения рельефа и других компонентов ландшафта с целью выявления аномалий их строения. В свою очередь, эти аномалии являются индикаторами неотектонических движений и дают возможность выявления локальных прогнозных структур.

Космические изображения теплового диапазона позволяют фиксировать геофлюидодинамические процессы, как в пределах разломных зон (уменьшение яркости – темный тон КС), так и месторождений углеводородов (повышение яркости – светлый тон КС).

Полученные результаты в комплексе с априорной геолого-геофизической информацией являются основой для уточнения тектонического строения региона и прогноза локальных структур, перспективных на нефть и газ.

Совершенствование методов спутниковой технологии, с последующим применением ГИС-технологий, на основе обработки материалов мультиспектральных съемок, позволит перейти с регионального этапа исследований на детальный. Это повысит достоверность космогеологических исследований при прогнозировании объектов, перспективных для поиска залежей углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прямой поиск залежей нефти и газа дистанционными методами (предварительный опыт, перспективы развития) / Отв. ред. В.М.Перерва.* – Киев: ЦАКИЗ ИГН НАН Украины, 1995. – 83 с.
2. *Перерва В.М., Лялько В.И., Костюченко Ю.В.* Об эндогенной составляющей в температурной дифференциации Черного моря. // *Геологический журнал.* – 1995. – 3. – С.24-38.
3. *Котляр О.Ю., Товстюк З.М., Перерва В.М., Єфіменко Т.А., Седлерова О.В., Шульга В.І.* Флюїдодинамічні і неотектонічні основи та попередні результати апробації супутникової технології вивчення геологічної будови та перспектив нафтогазоносності шельфу // *Космічна наука і технологія.* – 2002. – 8, № 2/3. – С.180-187.
4. *Кортаев Г.К., Суетин В.С., Суслин В.В. и др.* Использование данных *SeaWiFS* для наблюдения Черного моря // *Космічна наука і технологія.* – 2002. – 8, № 2/3. – С.221-227

Материал поступил в редакцию 28.02.2005 г.
После доработки 20.03.2005 г.