

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Д. С. ОРУДЖЕВА, В. Т. ВОРОБЬЕВ, А. А. РОМАШОВ

**АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ
ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Д.С. ОРУДЖЕВА, В.Т. ВОРОБЬЕВ,
А.А. РОМАШОВ

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ
ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

3740



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
Москва 1982

Оруджева Д.С., Воробьев В.Т., Ромашов А.А. Аэрокосмические исследования нефтегазоносных территорий Прикаспийской впадины. М.: Наука, 1982. 76 с.

В работе рассматриваются методика и технология аэрокосмических исследований нефтегазоносных территорий на трех уровнях: обзорно-региональные исследования, результатом которых являются специализированные карты масштаба 1:2 500 000; региональные исследования — оценка перспектив поиска нефтегазоносных структур; детальные исследования — рекомендации для поиска и разведки нефтегазоносных структур.

Предлагаются методические рекомендации по проведению исследований нефтегазоносных территорий на основе аэрокосмической информации при поисках скоплений углеводородов в закрытых нефтегазоносных районах.

Работа представляет интерес для широкого круга геологов-нефтяников, занимающихся поисками и разведкой нефтяных и газовых месторождений.

Ил. 19, библиогр.: с. 72–75 (59 назв.).

Ответственный редактор

Н.А. ЕРЕМЕНКО

ВВЕДЕНИЕ

Аэрокосмические методы изучения природных ресурсов Земли принадлежат к новейшим видам исследований, определяющим современный уровень научно-технического прогресса не только в области геологических знаний, но и множества смежных наук. Это направление, объединяющее ныне широкий комплекс аэро- и космогеологических методов (от аэро- и космофотогеологического картирования до прямых поисков объектов), особенно бурно развивается в последние годы.

Степень привлечения аэрокосмической информации для изучения геологического строения и прогнозной оценки нефтегазоносных территорий постоянно возрастает. Задачи ускорения научно-технического прогресса в области естественных наук и особенно нефтяной геологии, поставленные XXV съездом КПСС, предусматривают еще более широкое применение прогрессивных методов, "использование космических и аэровысотных средств геологических исследований"¹.

Круг задач, решаемых с помощью аэро- и космических методов, довольно обширен, особенно в районах со сложными геолого-геофизическими и природными условиями и, конечно, в пределах закрытых и труднодоступных нефтегазоносных территорий. При этом там, где уже установлена промышленная нефтегазоносность разреза и имеются центры с развитой нефтедобычей, использование новых (аэрокосмических) методов исследований также целесообразно. Это позволит провести:

- обобщение, анализ и переинтерпретацию имеющегося геолого-геофизического материала по геологическому строению (включая глубинное) и нефтегазоносности в пределах провинций и бассейнов на принципиально новой и единой для всей изучаемой территории основе с созданием более совершенных и обоснованных, а следовательно, и более достоверных схем тектонического и нефтегеологического районирования и карт перспектив нефтегазоносности;
- детализацию известных и выявление новых зон региональных разломов, а также локальных разрывных нарушений, необнаруживаемых традиционными методами, и сопутствующих им структурных элементов разного порядка, перспективных на нефть и газ;
- более обоснованное изучение условий формирования и закономерностей размещения месторождений нефти и газа и на этой основе дать объективную прогнозную оценку перспектив нефтегазоносности рассматриваемой территории, а также выделить основные направления и виды работ, очередность и сроки их выполнения.

¹ Материалы XXV съезда КПСС. М.: Политиздат, 1976, с. 183.

Отечественный и зарубежный опыт использования аэрокосмической информации показывает, что наилучшие результаты от применения дистанционных методов возможны лишь при их рациональном комплексировании с традиционными наземными геолого-геофизическими работами. Сюда относятся: оценка на эталонных участках возможностей комплексного (на стадиях регионального и отчасти детального) изучения глубинного строения районов развитой нефтедобычи юго-востока Прикаспийской впадины на данной основе с использованием материалов неспециализированных аэро- и космических съемок; оценка на эталонных участках возможности использования результатов опытно-методических исследований для выявления структур, отражающих глубинное строение недр; определение рекомендаций по разработке автоматизированных методов интерпретации материалов съемок; обобщение отечественного и зарубежного опыта аэрогеологических исследований при поисках нефти и газа.

Основным объектом исследования является Прикаспийская впадина, в геотектоническом отношении представляющая собой сложнейший структурный элемент Восточно-Европейской древней платформы. В данной работе рассматриваются и прилегающие к впадине территории.

Авторы выражают признательность производственным и научным организациям, материалами которых мы пользовались, и благодарность за помощь при написании работы товарищам А.А. Аксенову, А.Г. Алексишу, Ю.Н. Батурину, В.М. Бренеру, Н.А. Еременко, М.С. Жуковой, И.И. Кожевникову и И.И. Невяжскому.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ¹

Первые космические фотопортреты Земли были получены 20 лет назад (в 1959 г. — с американского искусственного спутника Земли "Эксплорер", в 1961 г. — с пилотируемого космического корабля "Восток-2" космонавтом Г.С. Титовым). Еще меньше времени прошло с начала систематического ее фотографирования в целях изучения природных ресурсов с космических кораблей "Восток", "Восход" и "Союз" (СССР), "Меркурий", "Джемини", "Аполлон" (США) и особенно с орбитальных станций (1971 г. — "Салют" (СССР), 1973 г. — "Скайлэб" (США)).

За этот короткий срок произошло становление и бурное развитие принципиально нового направления в науках о Земле — космического природоведения (землеведения), основу которого составляют дистанционные (аэрокосмические) методы изучения природных ресурсов Земли и окружающей среды. Сегодня геологические исследования являются одним из главных и наиболее перспективных направлений использования материалов дистанционного зондирования Земли.

По данным ряда исследователей, начиная с 1965 г. в зарубежной и отечественной научной литературе неуклонно растет количество работ, посвященных применению космической информации для решения целого ряда геологических и, в частности, нефтегазопромысловых задач. Например, в США некоторые программы исследований природных ресурсов Земли из космоса вообще финансируются нефтяными компаниями [2, 23]. По некоторым источникам, в 1976 г. количество работ по космической тематике в зарубежной литературе возросло до 60% [50].

Методологические основы и приемы дешифрирования при создании тематических карт в СССР и зарубежных странах в целом весьма сходны. Однако, несмотря на единство цели, в методическом подходе к использованию аэрокосмической информации в СССР и за рубежом имеются существенные различия. Так, в США, Англии, Канаде и ряде других капиталистических стран "фотогеология" развивается как самостоятельная отрасль геологической науки. Основной упор делается на камеральные методы дешифрирования, при которых полевой проверке подвергаются лишь отдельные немногочисленные "ключевые" участки. Зачастую дешифрирование и полевые заверочные работы выполняются разными специалистами.

В СССР аэро- и космические методы являются составной частью комплексных геолого-геофизических исследований при проведении

¹ В составлении раздела принимала участие О.Ю. Ботова.

государственного геологического картирования всех видов и масштабов каждой стадии (региональной, площадной и детальной) поисков полезных ископаемых.

Накопленный опыт и научно-методические разработки показывают, что материалы съемок из космоса представляют собой новое эффективное средство изучения глубинной структуры литосферы нефтегазоносных территорий для еще более достоверного выяснения условий формирования, закономерностей размещения залежей и прогноза поисков месторождений нефти и газа.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРО- И КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Огромное количество поступающей аэрокосмической информации требует ее оперативного использования при нефтегазописковых работах. На современном этапе применения космофотоснимков (КФС) для прогноза различных видов полезных ископаемых, в том числе нефти и газа, на фотографиях, полученных из космоса, опознаются известные месторождения и нефтеконтролирующие структуры, осложняющие их разломы и разрывные нарушения, а также устанавливаются прямые или косвенные признаки, позволяющие их диагностировать.

В настоящее время среднемасштабной (детальной) аэрофото-съемкой покрыта полностью вся Прикаспийская впадина, сопредельные территории. Геологическими научно-производственными организациями ведется планомерное исследование структурных особенностей надсолевого комплекса по аэрофотоматериалам с проверкой дешифрирования наземным картированием и бурением. Кроме того, в Прикаспийской впадине и прилегающих к ней территориях рядом авторов были проведены опытно-методические и опытно-производственные исследования [22].

В 1975–1976 гг. [6] был исследован район Рын–Песков Прикаспийской впадины с помощью сравнительного дешифрирования материалов радиолокационной и аэрофотосъемок. Установлено, что совместное дешифрирование аэрофото- и радиолокационных снимков в ряде случаев позволяет наиболее полно и уверенно выявить участки активных новейших тектонических движений, что немаловажно для определения перспективных структур в отношении нефтегазоносности.

Глобальное применение аэрометодов, их комплексный характер и стремление к повышению эффективности – факторы, обуславливающие тенденцию к увеличению высотности съемки, к уменьшению ее масштабов без потери информативности и разрешения проработки признаков, однозначно характеризующих исследуемые объекты. Использование мелкомасштабных съемок в закрытых перспективных на нефть и газ территориях (типа Прикаспийской провинции и др.) резко повысило производительность летно-съемочных работ, значительно сократило их объемы, а также время последующей обработки снимков и, следовательно, существенно снизило стоимость изучения

единицы площади [1]. Применение этих методов во многих случаях повышает эффективность изучения природных объектов. Это достигается прежде всего за счет получения изображения большинства из них на одном снимке в целом, в единых условиях съемки, т.е. без искажающего влияния мозаичного изображения, полученного путем монтажа многих крупномасштабных отпечатков. Широкое применение высотных съемок не исключает, однако, необходимости дальнейшего проведения, хотя и в более ограниченных объемах, аэросъемок в крупных масштабах [1]. Это требуется как для выявления и изучения небольших перспективных на нефть локальных поднятий, так и для опытно-методических целей.

Новым этапом познания Земли явилась космическая съемка. Комплексная интерпретация результатов, получаемых всеми известными методами, стала возможной с появлением снимков с различных типов космических летательных аппаратов (КЛА). Их применение позволяет более полно использовать дорогостоящую космическую информацию для различных отраслей народного хозяйства и науки, что резко повышает их эффективность, а также корректировать наблюдения одного цикла другими, что значительно увеличивает их надежность и полноту [1-2, 8-9, 14].

Для съемки из космоса в настоящее время применяются искусственные спутники Земли (ИСЗ), пилотируемые космические корабли (ПКК), орбитальные космические и автоматические межпланетные станции (ОКС, АМС). Работа их подготавливается, сопровождается и нередко контролируется наблюдениями, выполняемыми с самолетов и в наземных условиях (синхронные подспутниковые эксперименты). При комплексном проведении эксперимента в районах Северного Кавказа, Каспийского и Аральского морей, Казахстана и Западной Сибири одновременно с фотографированием с борта ПКК велась подспутниковая фотосъемка тех же объектов самолетами геологической разведки. Целью эксперимента являлось уточнение существующих и составление новых геологических документов как основы для поисков полезных ископаемых, в том числе нефти и газа [15, 23-26, 29].

Однако, несмотря на наличие фактического материала, исследования по дешифрированию и геологической интерпретации космических изображений Прикаспийской впадины и ее обрамления ограничиваются пока весьма немногочисленными работами. Так, Л.Б. Аристархова изучила возможность выделения крупных линейных элементов морфоструктуры Прикаспия на мелкомасштабных снимках с метеорологических ИСЗ системы "Метеор" и "Эсса". Выраженность этих морфоструктур связывается автором с проявлением их новейшей активности [6].

П.Ф. Флоренский с группой соавторов выполнил дешифрирование КФС бортовой части Прикаспия (долина Волги между Саратовом и Волгоградом и прилегающие районы), но уже по материалам с ИСЗ "Ландсат" [51]. В 1976 г. упомянутые исследователи составили схему многочисленных линеаментов различной ориентировки на эту территорию. Кроме того, П.Ф. Флоренский проводил с использо-

ванием КФС региональные нефтепоисковые исследования по обрамлению Прикаспийской впадины, в частности Мангышлака, Западного Устюрта и района бывшего залива Кара-Богаз-Гол. Оба района покрыты мелкомасштабной телевизионной фотосъемкой и фотосъемкой из космоса [51-52]. В 1972 г. на эти участки уже были построены геологические схемы с выделенными на них разломами, а в 1973 г. С.М. Богородский, В.Г. Трифонов и другие геологи привели свои интерпретации тектонического районирования территории по КФС.

Для дальнейшей разработки методики региональных нефтепоисковых работ П.В. Флоренский в 1976 г. предложил использовать высотную аэро- и космифотосъемку, в том числе различных узких частей спектра - в видимых, ультрафиолетовых и инфракрасных лучах, цветные снимки разных масштабов, сделанные в разное время года и суток. Все морфологические и структурные построения должны быть дополнены наземными наблюдениями, результатами геофизических исследований, структурно-поискового и глубокого бурения [52].

В литературе приводятся примеры достаточно четкого отражения на КФС нефтегазовых месторождений и нефтеперспективных зон и структур [7, 11, 12, 19, 34, 42, 43].

Объединением "Аэрогеология" по телефотоизображениям Земли, полученным с метеорологических ИСЗ "Метеор", в 1972-1973 гг. исследована территория общей площадью около 13 млн.км² (Туранская плита; часть Южной Азии, включающая Тянь-Шань, Памир, Гималаи; Индостан и Таримский массив; Западно-Сибирская плита; Урал; западная часть Восточно-Сибирской платформы) [8]. Впервые была составлена проблемная тектоническая карта с использованием геолого-геофизических материалов не только путем обобщений, но и с помощью дешифрирования фотоизображений. Строение многих крупных геоструктурных элементов получило на ней новое освещение и она явилась первым крупным опытом использования материалов дистанционного зондирования для геологических исследований континентального ранга [8].

Аэрокосмический фотометод следует рассматривать как один из основных методов тектонического картографирования крупных территорий [13-19, 35], причем на различной стадии их изученности.

Так, на предварительных этапах результаты дешифрирования аэрокосмических материалов позволяют правильно ориентировать региональные геолого-геофизические работы и опорно-параметрическое бурение.

Аэрокосмическая съемка в региональный период исследования в комплексе с геолого-геофизическими работами, включая опорно-параметрическое бурение, позволяет выделить крупные тектонические элементы и осложняющие их разломы. Следует ожидать, что в результате дальнейшего прогресса космической техники и развития аэрокосмических методов будут получены положительные результаты по выявлению новых локальных структур даже в старых нефтедобывающих районах.

ОЦЕНКА ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ

Еще в 40-х годах в ряде крупных нефтяных компаний США были организованы специальные аэрофотогеологические бюро. Позднее нефтяные корпорации были первыми в использовании радиолокационной и инфракрасной съемок для изучения нефтегазоносных регионов [2]. За период с 1952 по 1979 г. в капиталистических и развивающихся странах с помощью измерительных приборов с самолетов была исследована территория более 10 млн. км² [2].

Первые же отдельные разрозненные снимки со спутников и космических кораблей показали ценность этой информации для поисков структур, с которыми могут быть связаны залежи нефти и газа [14]. Осуществление Национальным управлением по исследованию космического пространства (NASA) ряда программ, важнейшей из которых является "Ландсат" (ERTS-1), позволило прийти к выводу о том, что многие явления на Земле и в ее недрах можно расшифровать значительно быстрее и лучше, наблюдая их с большого расстояния [14].

В 1975 г. И.Х. Абрикосов, И.И. Кожевников и В.И. Гридин опубликовали обзор зарубежной литературы о применении аэро- и космических исследований при поисках месторождений нефти и газа за рубежом [2]. В нем достаточно полно освещено современное состояние основных направлений развития дистанционного зондирования при изучении природных ресурсов Земли, рассмотрены результаты и возможности использования аэро- и космических методов при региональных исследованиях и детальных поисках месторождений нефти и газа.

В последние годы наряду с многочисленными журнальными публикациями (заметками, статьями, обзорами и т.п.) в зарубежной литературе появился ряд обобщающих работ, например "Геологические исследования из космоса" под редакцией С. Фрелена, Э. Мерканти, М. Беккера (М.: Мир, 1975); "Космические дистанционные методы исследования береговой зоны и области шельфа. Руководство по дешифрированию (N. Y.: Sterloff-Emdem N. O., 1977) и некоторые др. Поэтому представляется целесообразным, не приводя характеристики отдельных работ зарубежных ученых, в самом обобщенном виде осветить основные вопросы современного методического подхода к решению большинства задач с применением аэро- и космической информации, возможности и эффективности ее использования на разных стадиях нефтегазопроисловых работ.

Большинство зарубежных исследователей в настоящее время применяют многочисленные космические снимки с ИСЗ ("Тирос", "Нimbus", "Эсса" и др.), ПКК ("Меркурий", "Джемини", "Аполлон") и ОКС "Скайлэб" для региональных исследований и поисков месторождений нефти и газа [2].

В США оценка пригодности материалов космических съемок для разведки полезных ископаемых и контроль достоверности в целях корректирования программы производятся на 150 эталонных поли-

гонах с контрольными и тестовыми площадками [56]. На них проводятся подспутниковые съемки с разновысотных самолетов и многократные съемки с ИСЗ. Требования к полигонам и эталонным участкам за рубежом аналогичны тем, которые предъявляются в СССР. В последнее десятилетие многие из полигонов уже использовались для проведения целого ряда аппаратурных разработок и экспериментов, выполняющихся на самолетах-лабораториях, летающих на различных высотах, и на спутниках. Многие из этих полигонов будут использоваться и в дальнейшем [29].

При совместных советско-американских исследованиях с целью разработки методики дешифрирования КФС в качестве основного полигона выбран участок в штате Аризона. В процессе экспериментов использовались КФС (цветные, многозональные, черно-белые - масштаб около 1:1 000 000) с ПКК "Аполлон", "Джемини" и ИСЗ ERTS-1, высотные аэроснимки (масштаб 1:125 000), а также данные наземных геологических и геоботанических наблюдений [49]. Одновременно аналогичные работы начаты в СССР на территориях Тянь-Шаньского, Кавказского и Устюртского участков [49].

Подобные контрольные площади выделены во многих странах мира, например Канаде, Мексике, Южной Америке, Иране, Австралии, ФРГ, Франции. Все данные о работах на полигонах передаются странам-участницам NASA [2, 15, 23, 29, 54-59].

Значительное внимание зарубежные геологи уделяют использованию космической информации для составления региональных геологических, прогнозных и других карт - как для целых нефтегазоносных провинций и бассейнов, так и для отдельных зон, участков и площадей. Так, например, на Аляске геоморфологический анализ снимков с "Ландсата", дополненный данными геофизики, позволил Фишеру и Латраму выделить новые нефтеперспективные районы. А для обновления геологических карт Северной Аляски масштаба 1:250 000 с успехом использовались фотокарты того же масштаба, составленные Геологической службой США по изображениям с ИСЗ ERTS-1 [54-59].

Разработка и осуществление программ "ERTS" и "Скайлэб" показывают, что в ближайшем будущем нефтяные компании большую часть предварительных региональных работ будут вести из космоса, что позволит быстро и качественно составлять обзорные геологические и другие схемы, необходимые для выбора участков и полей размещения последующих детальных работ [49]. Программы включают ряд вопросов детального экспериментального изучения нефтеносных областей. Например, в США в качестве одного из опытных полигонов для определения значения космической информации при проведении детальных нефтегазопроисковых работ был избран бассейн Анадарко в западной Оклахоме. Он аналогичен многим другим, характеризуется сложной историей тектонического развития и отличается большими объемами выполненных и проводимых в настоящее время поисково-разведочных работ [58].

Предусматривается и проводится интерпретация КФС обычными методами фотогеологии для выявления геологического строения бас-

сейна, с целью рационального выбора направлений поисково-разведочных работ [2]. Сопоставление имеющихся карт геотектонического районирования и полученных в результате дешифрирования сведений в одном и том же масштабе позволит оценить эффективность использования данных ERTS-1 для детальных поисково-разведочных работ.

Практически в каждой публикации, затрагивающей применение аэро- и космических методов, при изучении геологического строения той или иной территории приводятся примеры дешифрирования линейментов, сопоставляемых с разломами. Многие зарубежные исследователи отмечают, что дешифрирование последних по КФС на существующем этапе принципиально мало отличается от такового по аэрофотоснимкам [57].

Практически все зарубежные геологи отмечают высокую эффективность дешифрирования КФС при тектоническом районировании, позволяющего с минимальными затратами времени и усилий получать результаты, для получения которых потребовался бы многолетний труд на Земле [49].

При нефтегазопроисковых работах в общем случае выделяются три основные стадии: региональные геолого-геофизические исследования, включающие опорно-параметрическое бурение; детальное геолого-геофизическое картирование на перспективных участках (включая структурное бурение); поисковое бурение. При этом каждый последующий этап более дорогой, чем предыдущий. Использование дистанционных методов на каждом из них — не только средство для получения ценной информации, но и верный путь снижения стоимости выполнения работ, что свидетельствует о несомненной эффективности аэро- и космических методов (дистанционного зондирования) на разных стадиях нефтегазопроисковых работ [2, 15].

Ряд зарубежных геологов подчеркивают необходимость тесного комплексирования методов аэро- и космофотосъемки при региональных и поисковых работах на нефть и газ. Ставится вопрос о создании системы последовательного изучения природных ресурсов с помощью средств космической, авиационной, а затем наземной техники. Методы "усиления" позволяют получить снимки с "усиленных" пленок, на которых более точно определяются и картируются различные объекты. Идентификацию последних значительно облегчает применение аппаратуры оптического или электронного усиления изображения. Уже сейчас в лабораториях США, Англии и Франции широко используется автоматическая обработка данных дистанционных исследований, результатом которой является карта. Установлено, что точность определения категории природных объектов на ней превышает 95% для всех категорий [54, 56, 59].

В целом при анализе зарубежных работ выявляются две точки зрения на результаты использования программы "Ландсат". Большинство зарубежных авторов считают, что полученные результаты оказались значительно выше ожидаемых. Тем не менее некоторые исследователи скептически относятся к результатам космических исследований, объясняя это тем, что расходы на создание и запуск

аппаратуры и обработку информации со спутников далеко еще не окуплены, но даже они относят геологию к числу отраслей, где использование информации со спутников эффективно [2].

Однако, несмотря на определенные успехи, достигнутые в области геотектонического районирования нефтегазоносных территорий, до настоящего времени не сделано ни одного проверенного и подтвержденного открытия месторождения по данным дешифрирования КФС "Ландсат". Хотя уже сегодня известно, что применение последних приводит к значительной экономии времени и средств при региональном картировании и выборе перспективных направлений для проведения поисково-разведочных работ. Наконец, космосъемка дает возможность обзора целых групп провинций или бассейнов с целью исследования их геологического строения с точки зрения оценки условий, благоприятных для образования залежей нефти и газа [2, 55, 57].

Глава II

ОПЫТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА ЭТАЛОННЫХ УЧАСТКАХ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Опытно-методические исследования проводились в основном в пределах целевого экспериментального полигона (ЦЭП) общей площадью около 150 тыс. км² (рис. 1). Основной задачей работ являлась отработка отраслевых методик изучения природных ресурсов с помощью аэрокосмических средств в научно-исследовательских и опытно-производственных целях.

Выбор юго-восточной части Прикаспийской впадины в качестве отраслевого полигона обусловлен следующими причинами.

1. Рассматриваемая территория в постановлении XXV съезда КПСС отмечена в числе первоочередных объектов, где "прежде всего необходимо ускорить выявление и разведку новых месторождений нефти, природного газа и конденсата"¹.

2. Открытие в краевых частях впадины газовых и газоконденсатных (Оренбургское, Таджигалинское, Западно-Тепловское) месторождений, свидетельствующее о перспективности этой нефтегазоносной провинции, расположенной в благоприятных физико-географических и экономических условиях - вблизи от перерабатывающих и потребляющих центров.

3. Эта территория характеризуется удовлетворительной изученностью традиционными геолого-геофизическими методами.

4. Полигон отличается значительным разнообразием природно-территориальных (ландшафтных) комплексов, характеризующихся до-

¹ Материалы XXV съезда КПСС. М.: Политиздат, 1976, с. 183.

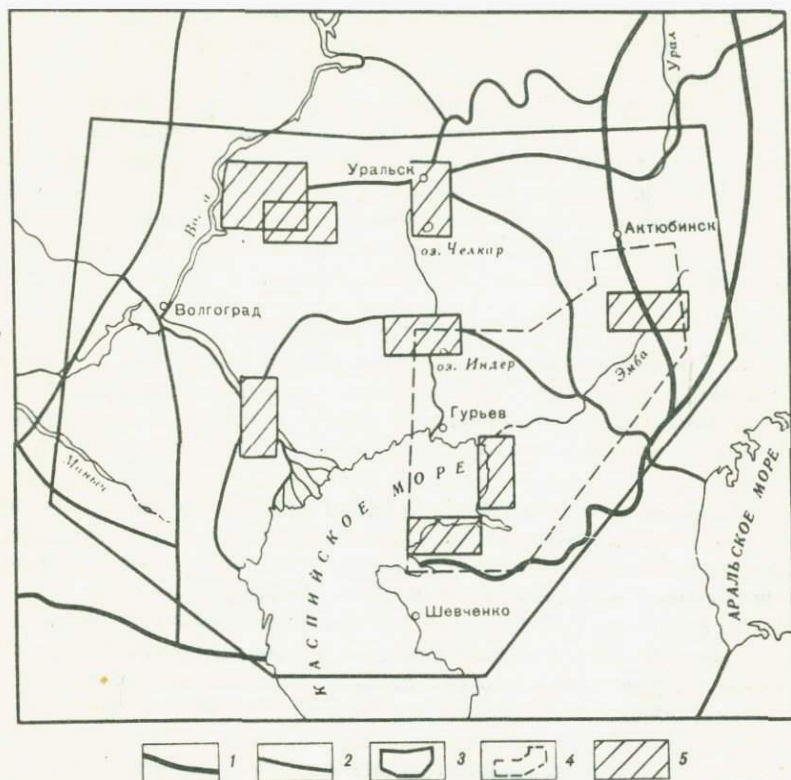


Рис. 1. Схема расположения эталонных районов целевого экспериментального полигона и природное районирование Арало-Каспийского региона

Границы: 1 – природных стран, 2 – природных провинций; 3 – территория исследований; 4 – целевой экспериментальный полигон; 5 – эталонный район

ступностью для аэро- и космического фотографирования и полевых наземных исследований.

Внутри ЦЭП было намечено четыре района опытных работ: первый – Приморский – располагается на крайнем юго-востоке Прикаспийской впадины, второй – Кенкиякский – в ее восточной прибортовой части, третий – Индерборский – в центральной части впадины, четвертый – Северо-Бузачинский – на п-ове Бузачи. Площадь опытных районов составляет от 7000 до 7500 км². В первом районе были выбраны два эталонных (тестовых) участка для производства опытно-методических и экспериментальных работ: Каратонский – на севере в пределах собственно Прикаспийской впадины (в районе одноименного нефтяного месторождения) и Прорвинской – вблизи ее южной бортовой части, в районе одноименной группы нефтяных месторождений.

Основными требованиями, предъявляемыми к выбору тестового участка, являлись его представительность для данной нефтегазоносной провинции или ее части; достаточно хорошая изученность традиционными геолого-геофизическими методами; обеспеченность материалами аэро- и космического фотографирования; четкая опознаваемость на местности по ориентирам, фиксируемым с самолета для систематических повторений съемочных и аэровизуальных работ; наличие хорошо изученных традиционными методами месторождений нефти и газа, позволяющих решать отраслевые методические задачи на разных стадиях нефтегазопроисследовательских работ.

Методика исследований

Методические приемы работ на эталонных участках в основных чертах традиционны при исследованиях конкретных площадей в региональных масштабах картирования и картографирования. Методика тематического картографирования включает ряд последовательных этапов.

1. Подбор и анализ картографического материала по следующим данным: строению поверхности, почвам, растительности, грунтам; геологии, глубинному строению (результаты бурения и геофизических исследований) с целью составления программы работ.

2. Предварительное (предполетное) дешифрирование, первичный анализ аэро- и космофотоматериалов и их обязательное сопоставление со всей имеющейся геолого-геофизической информацией с целью уточнения задач и составления программы полевых экспедиционных исследований.

3. Полевые экспедиционные работы для уточнения дешифрировочных признаков, проверка результатов предварительного дешифрирования и сопоставления их с новыми геолого-геофизическими данными.

4. Заключительный этап, как обычно, содержит работы повторного дешифрирования на территорию эталонного участка, обобщение результатов дешифрирования, их окончательную увязку с геолого-геофизическими материалами, включая весь комплекс имеющейся информации (космофототектонической, неотектонической, результатов нефтегазогеологического районирования и т.д.) и составление тематических карт.

Для оценки геологической информативности аэрокосмических материалов в нашем распоряжении были крупномасштабные аэрофотоснимки (АФС) на Каратонский эталонный участок; высотные АФС на весь Приморский опытный участок; увеличенные КФС с пилотируемых космических кораблей, а также увеличенные до масштаба 1 : 1 000 000 и 1 : 500 000 КФС с американского ИСЗ ERTS-1 в 5 зоне спектра.

Территория Приморского участка охватывает побережье северо-восточной части Северного Каспия и представляет собой полого наклоненную к морю равнину, расчлененную сорами, лиманами и редкими неглубокими врезами балок эрозивного и эрозивно-морского (сформировавшихся в результате сгонно-нагонных течений) происхож-

дения. Характерные особенности района – выровненность рельефа (относительные превышения высот поверхности составляют не более 1,0–1,5 м) и слабо развитая речная сеть. Основной тип рельефа – морская аккумулятивная равнина. Для нее характерны светло-каштановые солонцеватые почвы, солончаки. Растительность, как и почвы, существенно отражает засушливость климата. В ее составе доминируют виды ксерофильной группы. Ландшафт территории определяется как спецификой климатических условий, так и особенностями геологического строения.

Тематическое дешифрирование (структурное, геолого-геоморфологическое и др.) выполнено на Каратонский и Прорвинский эталонные участки по аэро- и космофотоматериалам регионального и детального масштабов; на Приморский опытный участок – по высотным аэро- и космофотоматериалам. Практика многолетних работ и литературные источники свидетельствуют о том, что исследования в пределах фотоэталонных имеют решающее значение, так как позволяют осуществлять и полевое, и камеральное дешифрирование материалов аэро- и космофотосъемок путем экстраполяции дешифровочных признаков. Под экстраполяцией понимается дешифрирование аэро- и космофотодокументов (снимков, накидных монтажей, фотосхем, фотокарт и т.п.) непосещенных территорий на основе (с помощью) аэро- и космофотоэталонных и разработанных на их примере дешифровочных критериев (признаков). Экстраполяция последних, по Б.В. Виноградову, основана на типологических свойствах рельефа, ландшафтов и в целом природно-территориальных (географических) комплексов [15, 37].

Основу методики составляло визуальное и инструментальное (с использованием простейших фотограмметрических приборов типа стереоскопов, стереопантометров, камеры Клара, УПТ-2 и т.д.) дешифрирование различных космических материалов с последующей интерпретацией его результатов.

При тематическом дешифрировании аэро- и космофотоматериалов основным методическим ключом является аналоговый, т.е. одинаковым фототоном и идентичным рисунком (структурой) фотоизображения могут характеризоваться только одновременные и близкие по видовому составу образования – однотипные отложения, структурные элементы, природно-территориальные, ландшафтные и другие комплексы. В целях сохранения большей объективности при оценке возможностей фотоснимков дешифрирование выполнялось до сопоставления с имеющимися геолого-геофизическими материалами.

Информативность фотодокументов определялась путем сопоставления их с данными наземных полевых, а также проверочных работ на эталонных участках с привлечением уже ранее опубликованных геолого-геофизических материалов. При изучении вещественного состава и генетических типов четвертичных отложений проводился анализ не только различных вариаций рисунка и тональной гаммы фотоизображения, но и растительного покрова и спектральной яркости почв как основного и особенно важного признака в условиях закрытой и практически нерасчлененной территории. Основное внимание в работе на эталонных участках было направлено на выявление геологичес-

кой структуры и характера неотектонических вертикальных движений (тектонической активности) как ведущих признаков при поисках нефтегазоносных объектов.

Схемы структурного дешифрирования по АФС и КФС на Каратонский и Прорвинский участки составлены в результате многократного анализа (предполетной, полетной и заключительной) аэровысотных, космических снимков и их сопоставления с геолого-геофизическими материалами. В основе метода выявления пликативных и дизъюнктивных нарушений на территории, полностью перекрытой четвертичными морскими отложениями, лежит анализ изменений фототона разномасштабных снимков. Изменение масштаба снимка позволяет существенно дополнить черты геологического строения структур, приуроченных к району исследования, и тем самым раскрыть их особенности.

Полученная схема дешифрирования показывает структурные линии двух видов (типов): дугообразные, отвечающие пликативным изменениям в геологическом поле, и прямолинейные — линеаментам. Оба типа имеют различный порядок выраженности на снимках и на местности.

При детальном масштабе исследований мы выделяем несколько порядков дугообразных и прямолинейных структурных линий. Первые из них на снимках выявляются по концентрическим изменениям фототона и по наличию более темных или более светлых дугообразных полос на относительно однообразном фототоне снимка. На местности подобные линии отвечают: в рельефе — дугообразным положительным или отрицательным микроформам (очень слабо выраженные ложбины, окраины сорных понижений, гривки слабо приподнятых площадей и т.п.); растительности — полосчатым скоплениям (сгущению) или более влаголюбивой травянистой растительности (отсюда и более темный фототон) или менее влаголюбивой (что, как правило, вызывает большую разреженность травостоя и, следовательно, осветленный фототон на снимке); в грунтах — заметному изменению механического состава (например, смены крупности зерен песка, если грунт имеет песчаную ведущую основу) и локальному распространению аномально расположенных разностей; в геологическом строении (современные отложения) — смене литологических различных пачек, слоев и прослоев морских отложений.

Выделение двух порядков дугообразных структурных линий прежде всего обусловлено масштабом выраженности. К первому порядку нами отнесены линии, подчеркивающие пликативные структуры, размером более 15 км по длинной оси. Им отвечают отрезки, как бы обобщающие ряд дугообразных линий II порядка. Последние своим сочетанием выделяют фотоаномалии размером от 2 до 8 км по длине и в плане.

Структурные линии прямолинейного характера — линеаменты — дешифрируются по тем же признакам, что и дугообразные. Но при этом на снимках они ярче, четче, заметнее, и разделение их на порядки зависит прежде всего от их выраженности на снимках. Чем четче и масштабнее дешифрируется линеамент, тем ниже его поря-

док. Они, как правило, прежде всего имеют выраженность в формах рельефа (уступы, прямолинейные сухие русла, спрямленные участки береговых линий и т.п.). А изменения в растительности и грунтах лишь подчеркивают их географо-геоморфологическую разнородность.

Анализ схемы дешифрирования показывает, что дугообразные линии и линеаменты имеют определенные четкие закономерности по своим основным характеристикам: размеру, простиранию и взаимоотношению с соседними, подобными им структурными элементами. Сочетание линеаментов на схеме дешифрирования показывает преобладающее блоковое строение территории исследования. Нами выделяются неотектонические блоки трех порядков. Элементарные (мезоструктуры III порядка) представляют собой площади, ограниченные со всех сторон ярко выраженными протяженными линеаменами. Они имеют одно преобладающее простирание, совпадающее с простираниями пликативных структур и внутриблоковых разрывных нарушений. При этом мезоблок отличается от соседних по тенденции неотектонического вертикального развития.

Сочетания простираний мезоблоков III порядка и их вертикальных движений объединяют последние в более крупные структуры – мезоблоки II порядка. Как правило, на площади, отвечающей двум планшетам детальных работ, выявляется 3–5 блоковых мезоструктур II порядка и до 20 – III порядка. Блоковая структура I порядка превышает площадь опытного участка.

Важнейшая характеристика, используемая при выявлении неотектонических структур, – тенденция вертикальных движений, к ведущему элементу которой относится расчлененность территории. При однородном геологическом строении в плане устойчивости по отношению к денудационным процессам, что присуще всем эталонным участкам, степень расчлененности дневной поверхности указывает на направленность и градиент вертикальных движений. Относительная расчлененность территории эталонных участков определялась двумя способами: картометрическим по среднемасштабным гипсометрическим картам и посредством дешифрирования на снимках территориальных комплексов по степени расчлененности.

Картометрический метод представляет собой измерение на топографической карте в выбранном размере квадрата (площади), длины всех имеющихся горизонталей, водотоков и эрозионных линий (сухие пади и овраги). Каждый квадрат имеет собственную характеристику по измеряемым элементам, величина которой выносится в его центр. Между полем точек проводятся изолинии, которые в условных единицах показывают расчлененность изучаемой территории. Нами исследовались топографические карты с квадратом осреднения площадью 4 км².

Дешифрирование космических и высотных снимков позволило выделить ряд территориальных комплексов по степени расчлененности поверхности, а также площади с абсолютно одинаковым фототонном без каких-либо значительных внутренних изменений однотипности контура, т.е. территории, почти не подверженные эрозии. Они выбраны нами за нулевую точку отсчета.

Дешифрирование позволяет выявить по меньшей мере три степени относительной расчлененности: малую, умеренную и сильную. Первой (малой) отвечают площади, на которых едва просматриваются первоначальные формы эрозии (мелкие ложбины, пологие впадины). Умеренной степени расчлененности соответствуют участки с уже заметными единичными русловыми формами рельефа, распространением мелких сорос округлой формы и слабыми явлениями развеивания песков. И, наконец, сильной отвечают площади с многочисленными временными водотоками, наличием выраженных берегов, соросых понижений и участков интенсивного развеивания песков.

Как и следовало ожидать, схемы, составленные двумя способами, однозначно характеризуют те или иные участки. При совмещении схем расчлененности рельефа и структурного дешифрирования ярко подчеркивается совпадение границ территориальных комплексов с наиболее выраженными линеаменами. Это еще раз подчеркивает правильность (однозначность) выделения границ неотектонических структур (блоков).

На представленных схемах неотектоники эталонных участков отражены четыре ступени, характеризующие тенденции современных вертикальных движений блоков: слабое опускание, относительная стабилизация, слабое поднятие и умеренное поднятие. При этом необходимо подчеркнуть, что эти относительные тенденции рассматриваются на фоне общего слабого тектонического поднятия территории Северного Прикаспия, о чем многократно указывалось в литературе [3, 6, 11, 12].

Выявление дифференцированности блоковых движений на территориях эталонных и опытного участков, наличие многочисленных дизъюнктивных и пликативных нарушений значительно расширяют характеристику территории, представляющей несомненный интерес с точки зрения поисков структур, с которыми могут быть связаны залежи нефти и газа.

Краткая геолого-геофизическая характеристика Приморского опытного района

Территория рассматриваемого опытного района находится в юго-восточной части Прикаспийской впадины в зоне сочленения Русской плиты с эпигерцинскими складчатыми сооружениями и характеризуется сложным геологическим строением.

В структуре района, по геолого-геофизическим материалам, выделяются докембрийский фундамент и платформенный чехол. Глубина залегания фундамента устанавливается исключительно по данным сейсморазведки и составляет 8-12 км.

Наличие разломов северо-восточного, северо-западного, субширотного и субмеридионального простираний обусловило сложное блоковое строение фундамента, о характере которого у исследователей пока нет единого мнения. Из-за достаточно существенных расхождений в оценке глубин залегания поверхности фундамента структурные карты по его кровле нельзя считать в достаточной степени обоснованными [4-5, 28, 31, 32, 41].

В составе платформенного чехла выделяются следующие структурные комплексы и этажи: подсолевой, соленосный и надсолевой, разделенные угловыми и стратиграфическими несогласиями [10]. Наименее изученными в настоящее время являются два первых. Локальные структуры, созданные соляной тектоникой в Прикаспийской впадине, относятся к основным тектоническим элементам соленосного и надсолевого комплексов, что позволило ряду исследователей выделить своеобразный солянокупольный этаж.

На данной стадии изученности в толще палеозойского подсолевого структурного комплекса можно выделить два этажа, которые характеризуются различными региональными планами и отражают определенный этап тектонического развития.

Нижний структурный этаж охватывает отложения подсолевого комплекса от нижнего палеозоя до девона включительно. Структурный план этих образований отражается в поведении сейсмического горизонта P_3 , условно стратифицируемого как подошва девонских отложений и прослеженного пока только в наиболее изученных и приподнятых частях восточной и северо-западной окраин Прикаспийской впадины. Мощность пород нижнего подсолевого этажа составляет 2–4 км.

Верхний структурный этаж подсолевых образований включает осадочный комплекс от нижнекаменноугольных до нижнепермских (артинских?) отложений включительно, мощность порядка 1,5–3 км. Строение его отражают сейсмические горизонты P_2 , P_2^1 и P_1 . Нижние – P_2 и P_2^1 – стратиграфически приурочены к верхней части разреза каменноугольных образований. Отражающий горизонт P_1 с учетом данных глубокого бурения в прибортовых частях Прикаспийской впадины на большинстве сейсмических разрезов отождествляется с кровлей эрозионной поверхности докунгурских отложений.

Глубина залегания кровли подсолевых осадков в пределах опытного участка, по данным различных исследователей, колеблется от 5 до 7–8 км и ступенчато погружается к центру впадины.

В 1973–1975 гг. детальными сейсморазведочными работами методом общей глубинной точки (МОГТ) трестом "Саратовнефтегеофизика" было выявлено крупное валообразное поднятие, названное Приморским, местоположение которого соответствовало Каратон-

Рис. 2. Структурная схема по отражающему горизонту P_1 Приморского района. Составили О.К. Глов, В.М. Бренер (ИГиРГИ), А.Б. Акимова по материалам треста "Саратовнефтегеофизика"

1 – изогипсы отражающего горизонта P_1 ; 2 – сейсмические профили

Рис. 3. Структурная схема по условно-отражающему горизонту P_1 Прорвинского участка. Составила А.Б. Акимова по материалам треста "Саратовнефтегеофизика"

1 – основные сейсмические профили; 2 – изогипсы условно-отражающего горизонта P_1 – подошвы соляной толщи кунгурского яруса, м; 3 – линии предполагаемых разрывных нарушений

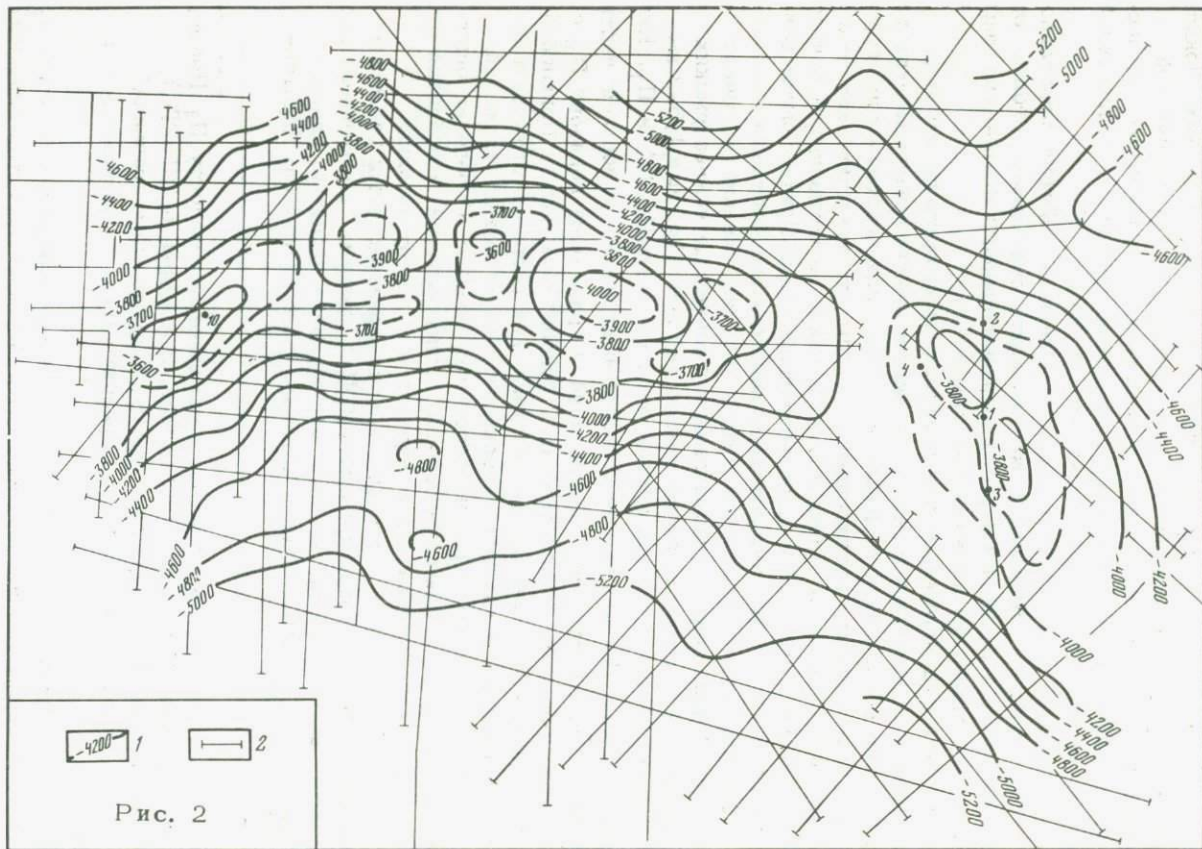
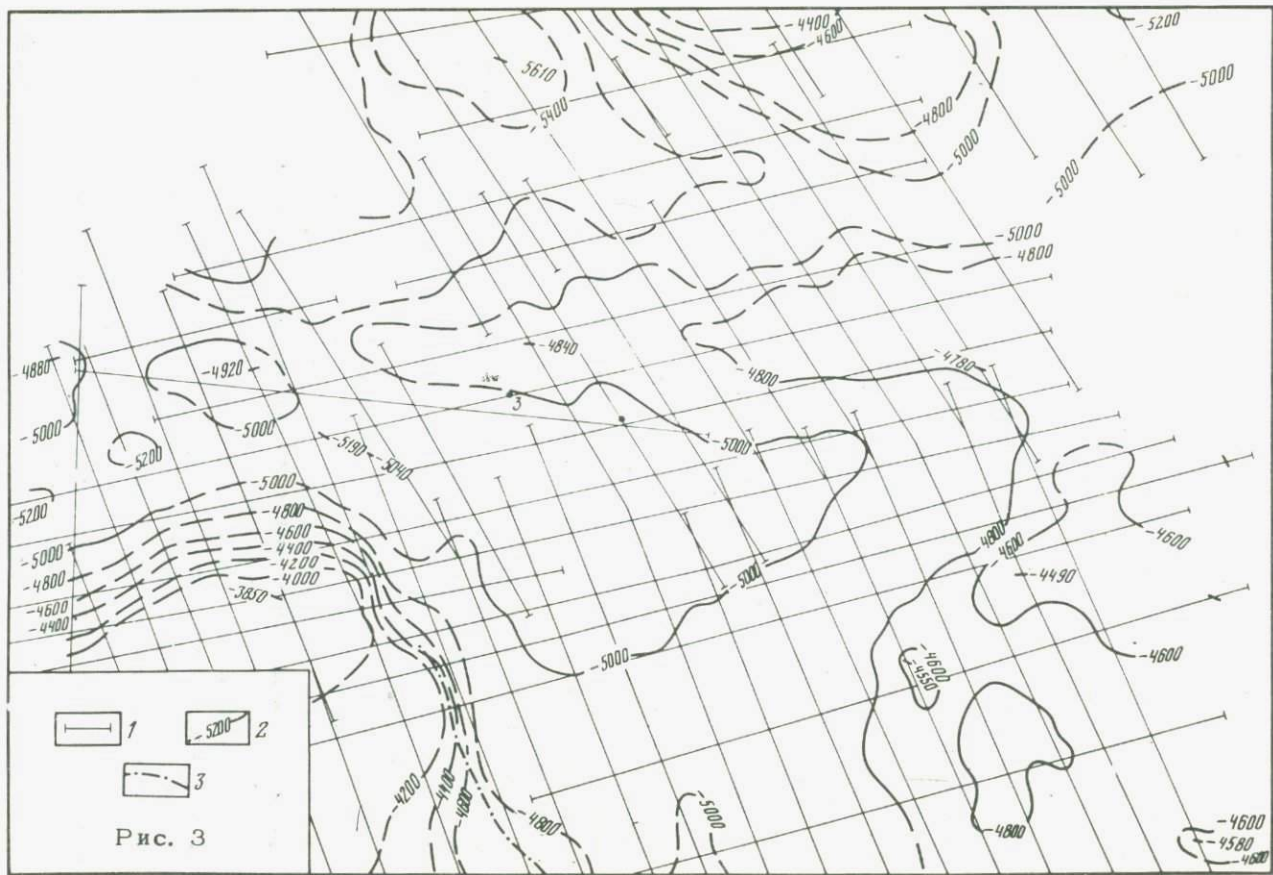


Рис. 2



Тажигальнскому подсолевому блоку, намеченному ранее трестом "Казахстаннефтегеофизика". В пределах Приморского поднятия горизонт Π_1 местами поднимается до 4,7–4,8 км, образуя структурные осложнения. В целом это довольно крупный вал субширотного простирания, оконтуренный с юга изогипсой – 4800 м. Поднятие имеет две вершины: западную, расположенную в районе соляного купола Пустынный (абсолютная отметка горизонта Π_1 – 4090 м), и восточную – соответствующую в плане Каратон (–4230 м). Размеры его по изогипсе – 4800 м составляют по длинной оси более 40 км, по короткой – более 20 км. Амплитуда поднятия равна 700 м (рис. 2).

На Прорвинском участке поверхность подсолевого ложа (отражающий горизонт Π_1) залегает на глубине 5000 м. По очень редкой сети профилей лишь намечается приподнятая зона со значениями глубин 4700 и 4800 м; сводовая часть, очевидно, находится в районе Восточной Прорвы (рис. 3).

Как уже было отмечено ранее, наличие мощной толщи соли обусловило развитие на всей территории Прикаспийской впадины многочисленных локальных структур (соляных куполов, антиклиналей, обрванных поднятий и т.д.) самой разнообразной формы.

Характер строения соленосного комплекса отчетливо фиксируется на структурной карте по VI отражающему горизонту (кровле соли). В пределах Каратонского участка (рис. 4, вкл.) соляная тектоника проявлена интенсивно, соляные массивы куполов Каратон, Кашкимбет и Агнияз значительны по размерам и имеют северо-западную ориентировку, а Тазигали, Пустынный и Теренбузюк – субмеридианальную и субширотную и связаны между собой в своеобразные соляные цепи (гребни).

В районе Прорвинского эталонного участка соляная тектоника заметно ослаблена близостью к границе выклинивания отложений соленосного комплекса и в связи с этим небольшой исходной мощностью соли. Контуры соляных массивов (правильнее "соляных подушек" по Ф. Трусхейму) нечетко выраженные, изометричные, размеры соляных куполов: Западного, Центральной и Восточной Прорвы и Актюбе – невелики (рис. 5).

Надсолевой структурный комплекс охватывает по объему толщу преимущественно терригенных отложений верхней перми, мезозоя и кайнозоя. В его составе могут быть выделены по геолого-геофизическим данным меньшие по объему части в ранге структурных этажей, отвечающие отдельным этапам развития Прикаспийской впадины и ее локальных структур: позднепермско-триасовому, юрско-палеогеновому и неоген-четвертичному [10].

Степень геолого-геофизической изученности этажей понижается вниз по разрезу. Наименее исследованным в настоящее время является нижний, самый мощный – верхнепермско-триасовый этаж. Известные изменения мощности его составляют от 3 до 5 км. Сейсмические отражающие горизонты развиты спорадически в связи с наиболее частой локализацией этих отложений в большинстве случаев в пределах межкупольных депрессий (Каратонский участок).

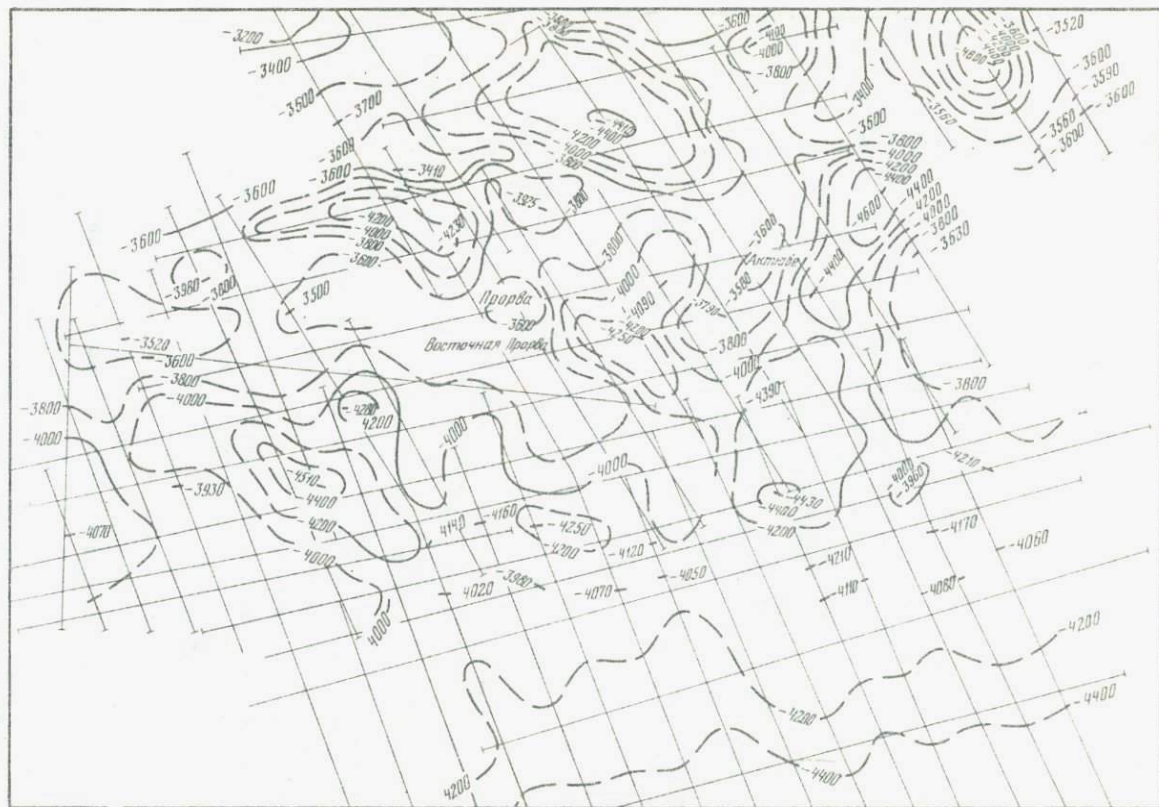


Рис. 5. Структурная схема по условно-отражающему горизонту VI Прорвинского участка.
Составила А.Б. Акимова по материалам треста "Саратовнефтегеофизика"
Условные обозначения см. на рис. 4

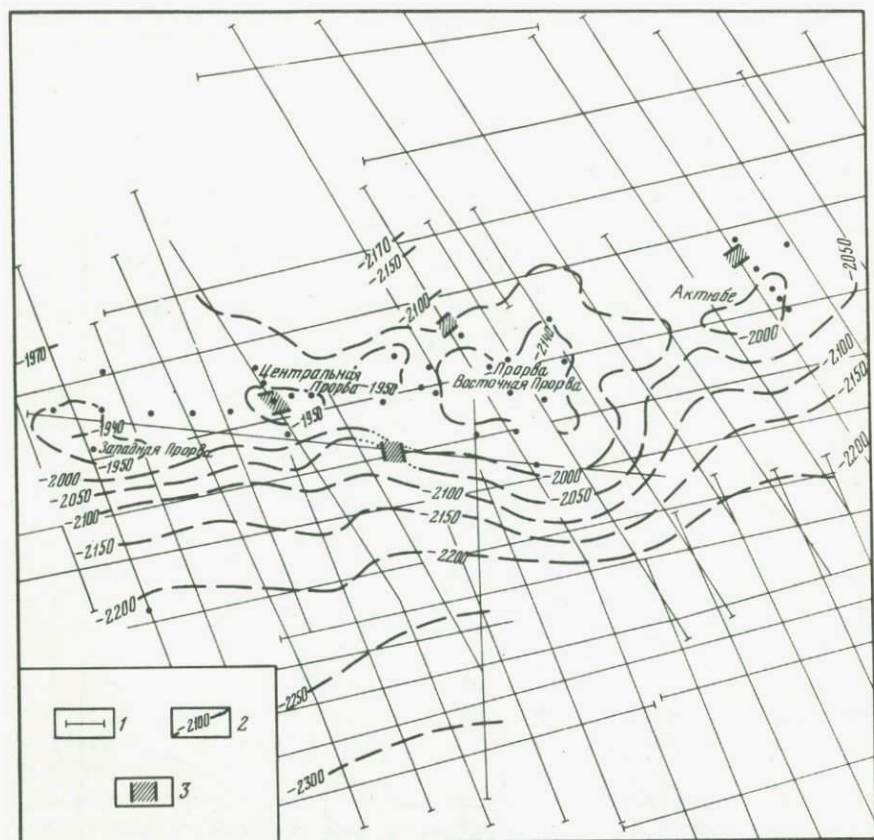


Рис. 7. Структурная схема по условно-отражающему горизонту III Прорвинского участка. Составила А.Б. Акимова по материалам треста "Саратовнефтегеофизика"

1 - основные сейсмические профили; 2 - изогипсы условно-отражающего горизонта III - подошва неокомского яруса, м; 3 - зоны потери корреляции

В пределах Прорвинского эталонного участка известно залегание отложений перми и триаса в сводовых частях большинства куполов прорвинской группы.

Строение среднеюрско-палеогеновой части надсолевого комплекса достаточно наглядно фиксируется на структурных картах по III отражающему горизонту (подошве неокома). Для надсолевых куполов характерна значительная осложненность их разрывными нарушениями самого различного простирания. На структурных картах по III отражающему горизонту сводовые части куполов нарушены продольными и оперяющими их поперечными сбросами (рис. 6, вкл., 7). Продольные, или основные, разрывные нарушения протягиваются вдоль длинной оси купола и имеют амплитуду 150-300 м. Протяженность сбросов

невелика и соответствует, как правило, размерам куполов, а простирание их самое различное – северо-западное, северо-восточное, широтное и меридиональное.

В целом по надсолевым отложениям в строении Прорвинского и Каратонского участков имеются различия, связанные с разной удаленностью их от южного борта впадины. Так, на первом из них, расположенном в непосредственной близости от борта, дислоцированность надсолевого комплекса значительно слабее, чем на Каратоне. Купола очень пологие с небольшой амплитудой – до 40–50 м. Соль лишь приподнимает надсолевую толщу, нигде ее не прорывая. Разрывная тектоника проявлена слабо. Купола ориентированы вдоль южного борта впадины, расположенного за пределами участка исследований. Отложения неоген-четвертичного возраста на территории Южной Эмбы имеют небольшую мощность, слабодислоцированы, залегают с угловым несогласием на образованиях мезозоя и палеогена.

Промышленная нефтегазоносность месторождений Прорва и Каратон связана с пермско-триасовыми, юрскими и меловыми отложениями. На площади Восточная Прорва выявлено скопление нефти в пермско-триасовых образованиях. Коллекторами являются песчаники, характеризующиеся высокими значениями пористости и проницаемости. На месторождении Каратон промышленно-нефтегазоносными являются 24 горизонта: из них 22 – нефтеносные и 2 – газоносные. Залежи приурочены к аптским, альбским, неокомским и юрским отложениям.

Большой интерес представляют подсолевые отложения, характеризующиеся на доступных глубинах благоприятными условиями для генерации углеводородов, достаточно хорошими коллекторскими свойствами пород, повсеместным распространением соленосной покрывки, наличием положительных структур с высокой степенью заполнения нефтью и газом. Все это свидетельствует в пользу перспективности подсолевых палеозойских отложений Прикаспийской впадины.

Результаты анализа аэрокосмической информации

Проведенные опытно-методические исследования с использованием материалов космических съемок для изучения глубинного строения Каратонского и Прорвинского эталонных и опытного Приморского участков показали большие возможности повышения детальности, полноты, качества, достоверности и объективности составления тематических структурно-геологических карт и документов геологического содержания.

В результате исследований получены определенные выводы методического характера и выполнено построение схем структурного дешифрирования (для всех трех участков) и неотектоники в крупном масштабе на Каратонский и Прорвинский эталонные участки. Крупномасштабные схемы дешифрирования раскрывают тектонику исследуемых площадей в виде структурных линий дизъюнктивного и пликативного характера. Строение участков подчеркивает разнообразие простираний и взаимоотношения разрывных и пликативных структур

нескольких порядков. В пределах исследованных участков выделены блоковые структуры трех рангов. Для мезоблоков II порядка определена вертикальная тенденция неотектонических движений. На схемах структурного дешифрирования четко выделяются пликвативные дислокации глубинного характера двух рангов: локальные (длиной в несколько километров) и региональные (15 км и более).

Анализ всех документов, полученных в результате дешифрирования в пределах исследуемого опытного участка, указывает на высокую сходимость данных дешифрирования аэрокосмофотоснимков с результатами обычного геологического картирования того же масштаба. При уменьшении масштаба фотоснимка (т.е. с уменьшением разрешения и увеличением обзорности) усиливается естественная генерализация элементов геологического строения и ослабляется проработка деталей. В этом случае наибольшим преимуществом при дешифрировании целых комплексов литолого-генетических образований (а не отдельных слоев) характеризуются космофотоматериалы региональных масштабов. На таких снимках по смене характерного текстурного и структурного рисунков фотоизображения и фототону легче улавливаются границы между крупными структурно-литологическими комплексами, тогда как АФС и КФС детальных масштабов с многочисленными мелкими деталями, затрудняющими чтение снимков, не позволяют уверенно проводить границы такого рода.

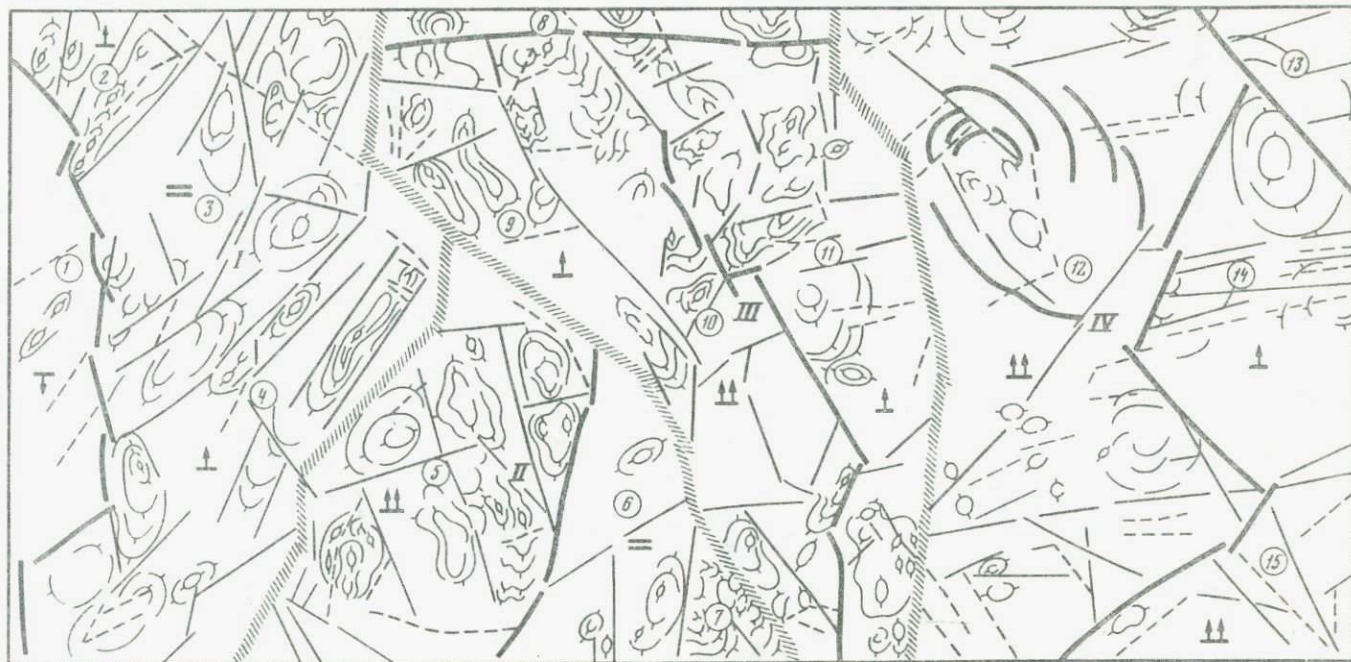
Дешифрирование было несколько затруднено из-за недостаточного количества многозональных аэро- и космофотодокументов и отсутствия снимков с соседних витков, так что возможность полного стереоскопического изучения была исключена.

Структурно-геологическое дешифрирование в пределах опытного участка показало, что при наличии комплекса АФС и КФС можно использовать: 1 - соотношение между участками, недавно освобожденными от моря и покрытыми солончаками, и площадями развития песчаных гряд Прикаспийских Каракумов, а при многократном повторении съемок возможно изучение геологических процессов в развитии, например, перемещения береговых линий и изменения выноса обломочного материала в прибрежно-морских условиях; 2 - расположение эрозионных уступов, береговых валов, фиксирующих стадии отступления моря, тогда как на топокартах и на местности они практически плохо заметны или требуют для своего выявления длительных и тщательных работ.

При этом необходимо заметить, что, несмотря на весьма высокую информативность КФС обзорного и мелкого масштабов, при решении региональных нефтегазопроисловых задач полезно использование высотных аэрофотоматериалов.

Каратонский эталонный участок

Схема неотектоники Каратонского участка отчетливо демонстрирует разнообразие выделенных форм и простираний структур (рис. 8). В западной части территории, занятой мелководьем Каспийского моря, выделяется мезоблок Морской (см. рис. 8,1) I порядка, субмеридионального простирания. В его пределах обособляются четыре



мезоблока III порядка (1–4) северо-западного простирания. На неотектоническом этапе блоки испытывают движения разной степени интенсивности (разной амплитуды).

На фоне дифференциации движений блоковых структур внутри мезоблоков III порядка проявляются локальные пликативные дислокации платформенного чехла. Последние большей частью рассматриваются нами как валобразные поднятия северо-восточного простирания. Участки пликативных структур испытывают слабые локальные поднятия, что и обуславливает достаточно четкое их выделение на аэро- и космических снимках.

В южной части эталонного участка обособляется мезоблок I порядка Прибрежный (см. рис. 8, II), состоящий из нескольких блоков III порядка (5, 6, 7 на рис. 8). Локальными разрывами северо-северо-западного и субширотного простираний блок 5 расчленен на отдельные сегменты, внутри которых хорошо дешифрируются пликативные структуры более высокого ранга. Блоки 6 и 7 в пределы эталонного участка заходят лишь северными частями, испытывающими на неотектоническом этапе соответственно стабильное состояние и слабое поднятие. Внутри блоков также обособляются небольшие по размерам пликативные структуры.

Мезоблок I порядка – Центральный (III) (см. рис. 8) – характеризуется наличием четких линейно-вытянутых мезоблоков III порядка (9, 10, 11) северо-северо-западного простирания, испытывающих на неотектоническом этапе развития слабые или умеренные

Рис. 8. Схема неотектоники Каратонского участка

Элементы структурно-геологического дешифрирования (по материалам космических съемок). Зоны линеаментов, выраженные весьма отчетливо и отвечающие глубинным разломам на границах неотектонических мезоблоков: 1 – II порядка, 2 – III порядка; линеаменты: 3 – выраженные отчетливо и отвечающие крупным разрывным нарушениям на границах неотектонических мезоблоков III порядка, 4 – выраженные менее отчетливо и отвечающие разрывным нарушениям внутри неотектонических мезоблоков III порядка; 5 – линейные элементы, выраженные удовлетворительно и отвечающие, по видимому, малоамплитудным разрывным нарушениям, осложняющим локальные структуры или их вершины; 6 – концентрические системы линеаментов, отвечающие региональным пликативным дислокациям платформенного чехла; 7 – кольцевые линеаменты, отвечающие локальным пликативным дислокациям платформенного чехла; 8 – грязевые вулканы, мелкие эруптивные аппараты, выделяющие грязь, воду и газ.

Современные вертикальные движения на фоне общего слабого неотектонического поднятия (на основе анализа структурно-геоморфологических данных, расчлененности рельефа и космических материалов: 9 – слабое опускание, 10 – относительная стабилизация, 11 – слабое поднятие, 12 – умеренное поднятие. Цифры – номера мезоблоков; римские – II порядка, арабские – III порядка

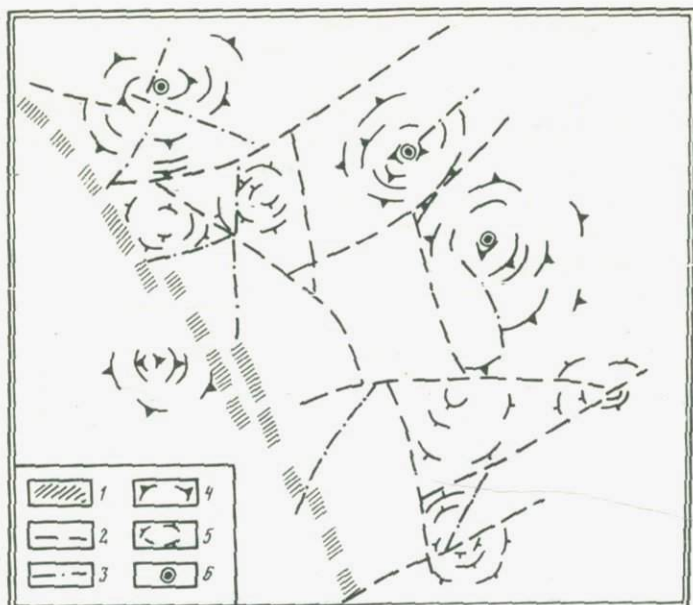


Рис. 9. Схема структурного дешифрирования района нефтяного месторождения Каратон

Линеаменты, отвечающие разрывным нарушениям: 1 - на границах крупных тектонических блоков, 2 - внутри тектонических блоков, 3 - малоамплитудным, осложняющим локальные структуры; концентрические системы линеаментов, отвечающие: 4 - региональным пликативным дислокациям фундамента и платформенного чехла, 5 - пликативным дислокациям платформенного чехла; 6 - глубокие скважины, рекомендуемые в сводовых частях региональных кольцевых структур

поднятия. Мезоблок Центральный представляет собой вал субмеридионального простирания, разделенный на отдельные самостоятельные части по амплитудам вертикальных движений и характеру простирания пликативных структур III порядка.

Наиболее крупными и сложно построенными являются мезоблоки III порядка - 10 и 11 (см. рис. 8), каждый из которых разломами разной ориентировки разделен на блоки более высокого ранга. Внутри последних хорошо дешифрируются пликативные структуры разных размеров, ограниченные, как правило, разрывными нарушениями северо-западного направления и разделяющиеся между собой разрывами субширотного простирания.

Восточную часть территории Эталонного участка занимает самый крупный мезоблок I порядка - Каратонский (IV на рис. 8), характеризующийся интенсивным воздыманием на неотектоническом этапе. Выделяющиеся в его пределах мезоблоки III порядка (13, 14 и 15) заходят в пределы эталонного участка периферийными частями и практически лишены проявлений пликативной тектоники (за исключе-

нием блока 14, внутри которого выделяются две крупные, до 8 км в поперечнике, пликативные структуры).

Наиболее крупным и сложным по строению является мезоблок 12 (см. рис. 8) III порядка, имеющий неправильные очертания. Внутри мезоблока, особенно в южной его части, интенсивно развиты локальные разрывы субширотного простирания и мелкие пликативные структуры. В пределах соляных куполов Каратон-Кашкимбет отчетливо дешифрируется пликативная структура, ширина которой составляет более 15 км, причем центр ее смещен относительно центральной части соляного купола Каратон на северо-восток (рис. 9).

Прорвинский эталонный участок

В результате анализа схемы структурного дешифрирования, расчлененности рельефа и неотектоники Прорвинского эталонного участка удалось выявить сложный структурный план территории (рис. 10). В ее пределах могут быть выделены три мезоблока I порядка (см. рис. 10): Морской (I), Прорвинский (II) и Саргамысский (III). Наиболее крупным и весьма сложно построенным является средний из них.

Восточной границей мезоблока Морского служит зона мощного регионального разлома север-северо-восточного простирания, состоящая из отдельных кулисообразно сочленяющихся участков и отчетливо дешифрирующаяся на большинстве аэрокосмических материалов. Внутри него выделяется несколько сложно дифференцированных блоков (около семи), разграниченных локальными разрывными нарушениями преимущественно северо-восточного простирания с различной тенденцией неотектонических движений. Наиболее крупные из них — 1 и 6 на рис. 10 — испытывают слабое поднятие. В пределах упомянутых блоков уверенно дешифрируются крупные (региональные) овальные фотоаномалии северо-восточного простирания, внутри которых выявляются более мелкие элементы пликативной природы.

Большую часть территории рассматриваемого эталонного участка занимает крупнейший одноименный мезоблок I порядка, так как в его пределах расположены все известные здесь месторождения Прорвинской группы (Морское, Западная, Центральная и Восточная Прорвы и Актюбинское). Северо-западная граница его с мезоблоком Морским описана выше. Северо-восточная выражена довольно мощной зоной разлома (зона линеементов), разграничивающей территорию Култукского сора и бугрисо-волнистую приподнятую песчаную равнину. В пределах эталонного участка мезоблок делится на 14 блоков более высокого (III) порядка. Мезоблоки по ориентировке объединяются в три группы: 17, 19 и 20 — субмеридионального, 18 и 21 — субширотного и 8 — 16 северо-западного простираний. Это обусловлено не только их ориентировкой, но и преимущественным простиранием в этом же направлении внутриблоковых пликативных структур и разрывных нарушений.

Наиболее многочисленными являются блоки северо-западной ориентировки, группирующейся в систему валообразных поднятий. При этом наблюдается определенная закономерность в их чередовании с

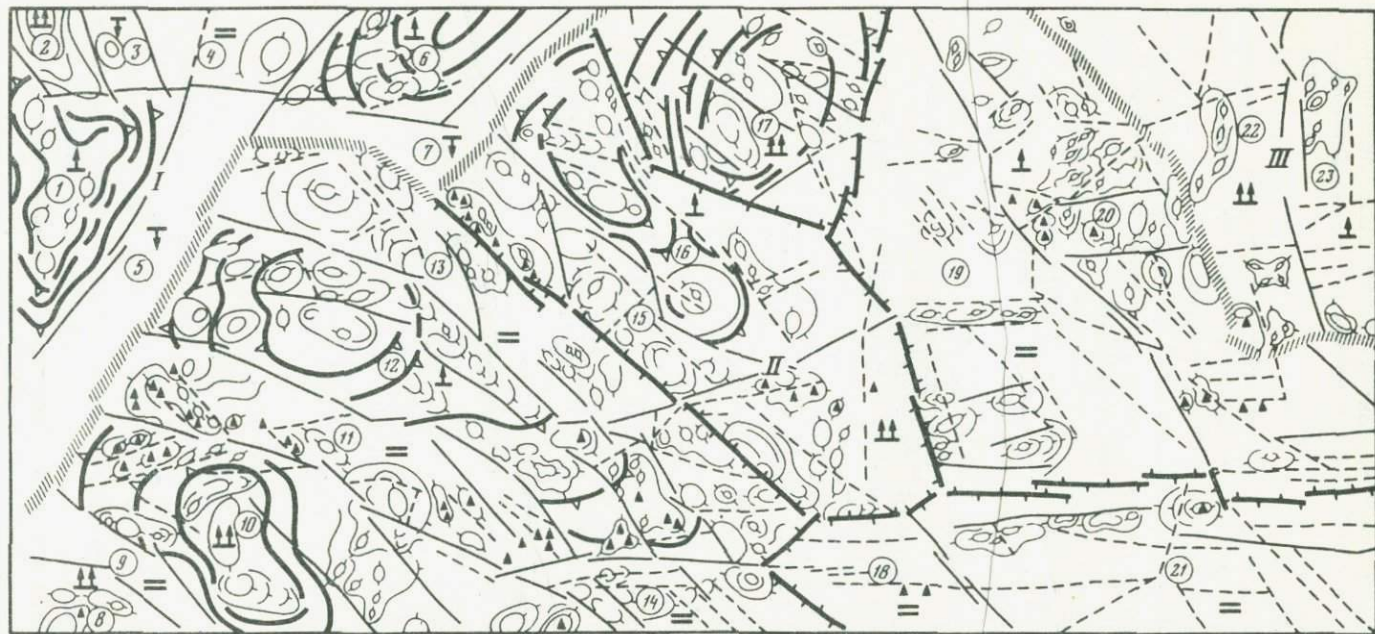


Рис. 10. Схема неотектоники Провинского участка
Условные обозначения см. на рис. 8

различной тенденцией неотектонических движений. Например, блоки 8, 10, 12, 15, 17 и 20 испытывают умеренное и слабое поднятие, а расположенные между ними блоки 9, 11, 13, 16, 19, 18 и 21 обычно стабильны.

Внутриблоковое строение этих мезоструктур характеризуется присутствием многочисленных локальных пликативных поднятий, часто объединяющихся в узкие вытянутые валы, отделенные друг от друга разрывными нарушениями северо-западного простирания и местами раздробленные короткими разрывами в основном субширотного простирания. Простирание локальных пликативных структур в блоках 10, 11, 12 и 13 заметно меняется при приближении к границе мезоблока с северо-западного на субширотное.

В блоках 10, 12, 16 отчетливо обособляются крупные региональные пликативные поднятия размерами в несколько десятков километров преимущественно северо-западного простирания. В блоке 17 выделяется аналогичная по размерам пликативная структура север-северо-восточной ориентировки.

Блоки субмеридионального простирания (19 и 20) расположены в восточной части участка и значительно отличаются по своему внутреннему строению. Здесь локальные пликативные поднятия разделены разрывными нарушениями преимущественно субширотной ориентировки.

На крайнем юго-востоке эталонного участка выделены три блока - 14, 18 и 21 - субширотного простирания, заходящие в пределы участка частично.

Таким образом, мезоблок I порядка - Прорвинский - характеризуется как сложно построенная неотектоническая мезоструктура с заметным преобладанием северо-западных направлений дизъюнктивных и пликативных элементов. В дополнение необходимо отметить, что на площади мезоблока, в основном в южной части территории, четко дешифрируются конусы выносов недавно действующих грязевых вулканов. Как правило, последние вытянуты в цепочку и часто расположены вблизи разрывных нарушений. Некоторые конусы встречаются и в центральных частях локальных пликативных структур.

Мезоблок I порядка - Саргамыский - лишь своей юго-западной частью находится на территории исследования и характеризуется умеренным или слабым поднятием мезоблоков III порядка субмеридионального простирания.

Опытный участок № 691 (Приморский)

На основании дешифрирования аэрокосмических материалов была составлена структурно-геологическая карта поверхности, на которой с большой степенью детальности выделены генетические типы современных и верхнечетвертичных отложений - континентальные, морские, аллювиальные, золотые и сорные. Отчетливо видны различные типы рыхлых отложений, характеризующиеся разными ландшафтными комплексами, степенью увлажнения и т.п.; уверенно выделяются особенности морфологии территории: понижения, соры, бугры, барханы, протоки и т.д.

Наиболее интересны результаты структурного дешифрирования. На схемах показаны элементы разломной тектоники и пликативные дислокации участка. Хорошо видны многочисленные, в основном прямолинейные, линеаменты разной длины и простирания, образующие подобие каркаса (ячеек) и, по-видимому, отвечающие системам разрывных нарушений различного ранга. На юге территории преобладают нарушения преимущественно северо-западной ориентировки, на западе – северо-восточной, а на севере и востоке – всех известных румбов [18, 33, 42, 43].

Анализ составленных схем и карт и сопоставление их с геолого-геофизическими документами свидетельствуют о сложном интегрированном структурном плане территории, расположенной, по-видимому, на стыке структурных элементов юго-востока Прикаспийской впадины, Южно-Эмбенского погребенного палеозойского поднятия и Бузачей. Данные, полученные в результате комплексного обобщения всех имеющихся материалов, позволяют более достоверно провести тектоническое и неотектоническое районирование.

Глубинная структура района "просвечивает" сквозь чехол рыхлых отложений и представляется блоками разных размеров, среди которых могут быть намечены тектонические элементы по крайней мере трех порядков. Четыре крупных мезоблока разделяются наиболее ярко выраженными протяженными линеаменентами, отождествляемыми с зонами региональных разломов глубокого заложения. Они резко отличаются по характеру расчлененности и неотектоническим движениям. Среди этих мезоблоков отчетливо выделяются блоки более высоких порядков (крупные валлообразные поднятия, седловины, локальные структуры и т.д.), разделяющиеся тоже системами разрывных нарушений меньшей протяженности и, видимо, меньшей глубины заложения. Внутри блоковых структур III порядка (в ячейках каркаса) уверенно вырисовываются многочисленные овальные, дугообразные и кольцевые фрагменты пликативных дислокаций, обозначающие брахиформенные и куполообразные локальные поднятия, часто с обрванными вдоль зон разломов бортами; при этом на границах мезоблоков они теряют присущую данному блоку ориентировку.

Структурно-геоморфологический анализ территории свидетельствует о высокой степени дифференциации и интенсивности блоковых движений, уверенно устанавливаемых с помощью дешифрирования разномасштабных аэро- и космических материалов и неотектонических наблюдений. В ряде случаев неотектоника раскрывает неясные вопросы геологического строения гораздо более выразительно, чем другие геологические методы, особенно в пределах глубокого погружения закрытых регионов, подобных Прикаспийской впадине.

Северо-Бузачинский район

Для решения нефтегазопроисловых задач на уровне региональных и частично детальных работ были проведены аэрокосмические исследования и на Северо-Бузачинском эталонном участке. Он расположен в северо-западной части п-ова Бузачи за пределами ЦЭП Мин-

нефтепрома и входит в состав одноименного нефтегазоносного района. Помимо тематического дешифрирования, в пределах эталонного участка выполнены полевые наземные и аэровизуальные наблюдения с целью уточнения характеристики ландшафтно-территориальных комплексов и подтверждения обоснованности составленных структурно-тектонических схем.

Северо-западная часть Бузачинского нефтегазоносного района характеризуется трехъярусным тектоническим строением. Нижний структурный этаж — *фундамент* — представлен метаморфизованными, сложнодислоцированными породами предположительно ранне-среднепалеозойского возраста. По геофизическим данным, глубины залегания его достигают здесь 4–5 км. Он разбит разломами, преимущественно субширотного направления, на отдельные крупные блоки, постгеосинклинальные движения которых в значительной мере предопределили строение вышележащих этажей.

Второй структурный этаж — *переходный комплекс* — охватывает пермско-триасовые, возможно, верхнекаменноугольные, а в отдельных участках и более древние отложения палеозоя и отличается гораздо более простыми дислокациями. Образования промежуточного комплекса широко развиты в пределах рассматриваемой территории. Мощность их, вероятно, достигает 3,5–4,5 км.

Анализ геолого-геофизических материалов свидетельствует о том, что отложения второго структурного этажа образуют узкие валы и разделяющие их синклинали в основном северо-западного (Култай и др.) и субширотного (Большой Сор и др.) простираний. В сводах крупных поднятий породы переходного комплекса глубоко эродированы.

Верхний структурный этаж — *чехол* — складывается юрскими, меловыми и палеоген-неогеновыми образованиями и характеризуется платформенными структурными элементами. Образования этого этажа залегают со стратиграфическим и угловым несогласием на различных горизонтах доюрской толщи. Углы падения их не превышают 12–16°. Мощность отложений чехла в северо-западной части Бузачинского нефтегазоносного района достигает 350–400 м. Характерно отсутствие в сводах крупных поднятий третичных, верхнемеловых, а иногда и юрских отложений.

В тектоническом отношении рассматриваемая территория Бузачинского нефтегазоносного района приурочена к северо-западной части Северо-Бузачинского выступа. По данным сейсморазведки, на структурных картах по III отражающему горизонту поднятие имеет овальную форму, от него отходят ветви более погруженных структурных элементов.

Рассматриваемая территория Бузачинского выступа осложнена целым рядом локальных поднятий, из которых наиболее крупными являются Каражанбасское, Каламжасское, Северо-Бузачинское и др. Крылья этих структур осложнены преимущественно продольными нарушениями, а сами антиклинали являются, по-видимому, приразломными, отражающими рельеф промежуточного этажа.

Склоны этой части Северо-Бузачинского выступа осложняют бо-

лее мелкие локальные поднятия: брахиантиклинали, купола, структурные выступы и т.д. (Култай, Аккудук, Жалгизтюбе и др.). Положение локальных структур чехла достаточно отчетливо фиксируется распределением положительных и отрицательных аномалий силы тяжести, природа которых, по-видимому, обусловлена формами рельефа поверхности плотных пород переходного комплекса.

В настоящее время в северо-западной части Бузачинского выступа открыто четыре нефтегазовых месторождения (Каражанбас, Каламкас, Северо-Бузачинское и Жалгизтюбинское). Продуктивными являются юрские и нижнемеловые отложения. Кроме того, в пределах рассматриваемой территории широко развиты многочисленные газоводяные грифоны, являющиеся прямыми индикаторами присутствия в недрах залежей нефти и газа. Таким образом, становится очевидным значение этого района с точки зрения выявления и подготовки структур к глубокому поисковому бурению.

Однако климатические и природно-ландшафтные условия его не позволяют в отдельных частях проводить сейсмические исследования из-за большого количества труднопроходимых сорос, мелководья и заболоченных мест, поэтому ряд районов на северо-западе п-ова Бузачи оказались практически не изученными сейсморазведкой. Исследование территории газоводяных грифонов с помощью наземной структурно-геоморфологической съемки в связи со сложными природными условиями также представляет большие трудности. В связи с этим наиболее эффективной оказалась примененная нами методика комплексного изучения северо-западной части Бузачинского выступа — дешифрирование космических материалов совместно с анализом всех имеющихся геолого-геофизических и геоморфологических данных.

В процессе проведенных исследований выполнено дешифрирование космических материалов, в результате чего построена схема неотектоники на Северо-Бузачинский район и район бывшего залива Комсомолец (о-ва Дурнева). Анализ указанной схемы раскрывает все многообразие форм разрывной и пликативной тектоники (рис. 11).

По КФС выделяется четыре уровня разрывных нарушений, часть из которых подтверждена данными сейсморазведки и анализа пликативных структур. Сочетание разрывных нарушений с последними вместе с амплитудой вертикальных неотектонических движений позволяет выделить два ранга структур блокового характера: мезоблоки II и III порядков.

Схема неотектоники (см. рис. 11) показывает, что в западной части района мезоблоки III порядка (2, 4, 5 и 6) вытянуты и имеют ярко выраженное северо-западное простирание. Этому же направлению подчинены пликативные локальные и региональные структуры. Большая часть территории эталонного района представлена изометричными блоками разной ориентировки (7-12, 14-16). Например, мезоблок 7 имеет северо-восточное простирание, 11 — субширотное, 14-15 — субмеридиональное и т.д. При этом и локальные пликативные структуры в большинстве не имеют одной преобладающей ориентировки. По-видимому, отсутствие преимущественного простирания

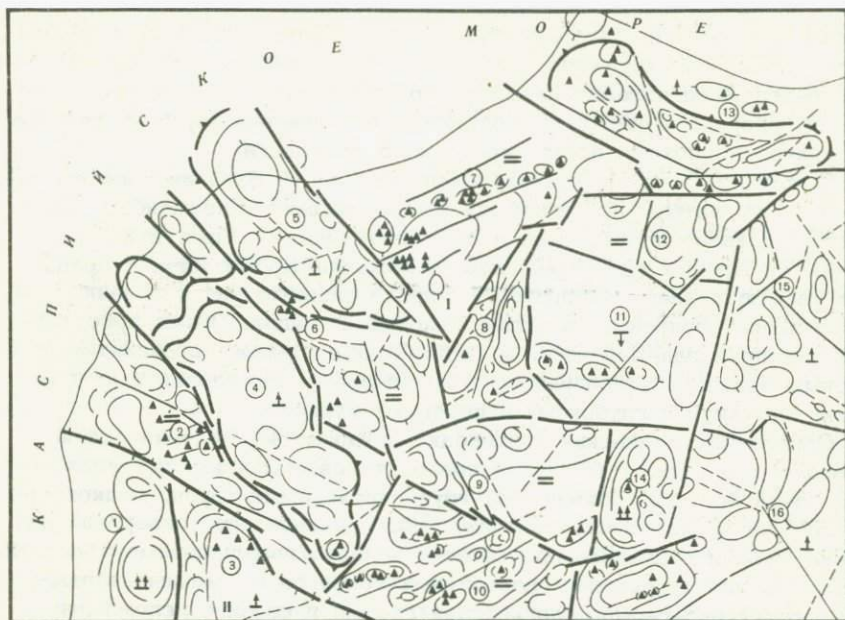


Рис. 11. Схема неотектоники Северо-Бузачинского района
Условные обозначения см. на рис. 8

в расположении дизъюнктивных и пликативных элементов в пределах восточной части эталонного района характерно для структур подобного развития, к каковым относится Северо-Бузачинский выступ.

Совместная переинтерпретация материалов структурного дешифрирования с данными геолого-геофизических исследований (в частности, структурной картой по III отражающему горизонту) показала, что в пределах изученной территории могут быть выделены (констатированы) тектонические элементы II порядка: сравнительно узкие валообразные поднятия и относительно изометричные блоки. Причем валы, к которым относятся Каражанбасско-Северо-Бузачинский, Жалгизтубинский и Большесорский, имеют преобладающее субширотное простирание. Эти крупные структурные элементы осложнены более мелкими поднятиями в виде отдельных антиклиналей и брахи-антиклиналей, реже куполов. Большинство из них группируется в валы в виде цепочек. Локальные структуры, вытянутые, как правило, в широтном направлении, приурочены к разрывным нарушениям промежуточного структурного этажа и фундамента и разделены депрессиями и мульдами. В поперечном сечении они обычно характеризуются асимметричным строением с более крутым и узким северным крылом, пологим и широким – южным. Амплитуды структур с глубиной увеличиваются, что свидетельствует об их унаследованном развитии.

Второй тип крупных тектонических элементов – блоки, к которым относятся Култайский, Западно-Каражанбасский, Западно-Большесор-

ский и другие, характеризующиеся в основном северо-западным или субмеридиональным простиранием. Более мелкие локальные поднятия, осложняющие эти блоки, являются в основном куполовидными и реже брахиантиклинальными. В пределах блоков локальные поднятия не имеют преобладающей ориентировки и располагаются относительно хаотически.

На большинстве локальных и региональных структур Северо-Бузачинского выступа дешифрированием выявлены многочисленные газодомовые (грязевые) грифоны, представляющие собой мелкие эруптивные аппараты, выделяющие грязь, воду и газ. Грифоны нередко группируются в определенные системы, соответствующие обычно простираниям либо разрывных, либо пликвативных тектонических элементов. Известны одиночные или малочисленные группы грифонов, осложняющие вершины отдельных локальных структур.

В процессе полевых наземных и особенно аэровизуальных исследований отмечалось несколько генераций грязевых грифонов, отличающихся по морфологическому облику. Это в основном действующие и "потухшие", причем первые осложнены своеобразными "конусами выноса" (грязевыми потоками). На ряде участков нами наблюдались зарожждение газодомовых грифонов и их разрушение. По-видимому, многократное повторение аэро- и космического фотографирования этого уникального явления в нефтегазоносных регионах поможет охарактеризовать причину и время образования грифонов и их возможную роль как прямого нефтегазопроисходительного признака.

На основе материалов структурного дешифрирования КФС и геолого-геофизических данных сотрудники ИГиРГИ подготовили и передали рекомендации по поисково-разведочным работам в пределах Северо-Бузачинского района и территории бывшего залива Комсомолец (рис. 12)¹. Проведенные исследования свидетельствуют о широких возможностях комплексирования аэрокосмических методов с геолого-геофизическими данными при решении нефтегазопроисходительных задач на стадии региональных и детальных работ.

На первом этапе это позволяет рационально ориентировать сейсморазведочные работы и опорно-параметрическое бурение. Затем, после совместной интерпретации полученных в региональную стадию геолого-геофизических и всех других имеющихся материалов, можно выбрать наиболее перспективные районы для проведения детальных исследований, в основном методом ОГТ, и, в случае необходимости, структурно-поискового бурения.

Есть территории, на которых только результаты аэрокосмического дешифрирования могут служить основой для проведения буровых работ из-за невозможности проведения геофизических исследований. К ним, в частности, относятся Бузачинский нефтегазоносный район, Кайдак и Мертвый Култук. В этом случае эффективность этих методов трудно переоценить.

¹ В составлении схем комплексной интерпретации структур Северо-Бузачинского района и района Комсомолец принимал участие А.И. Завалишин.

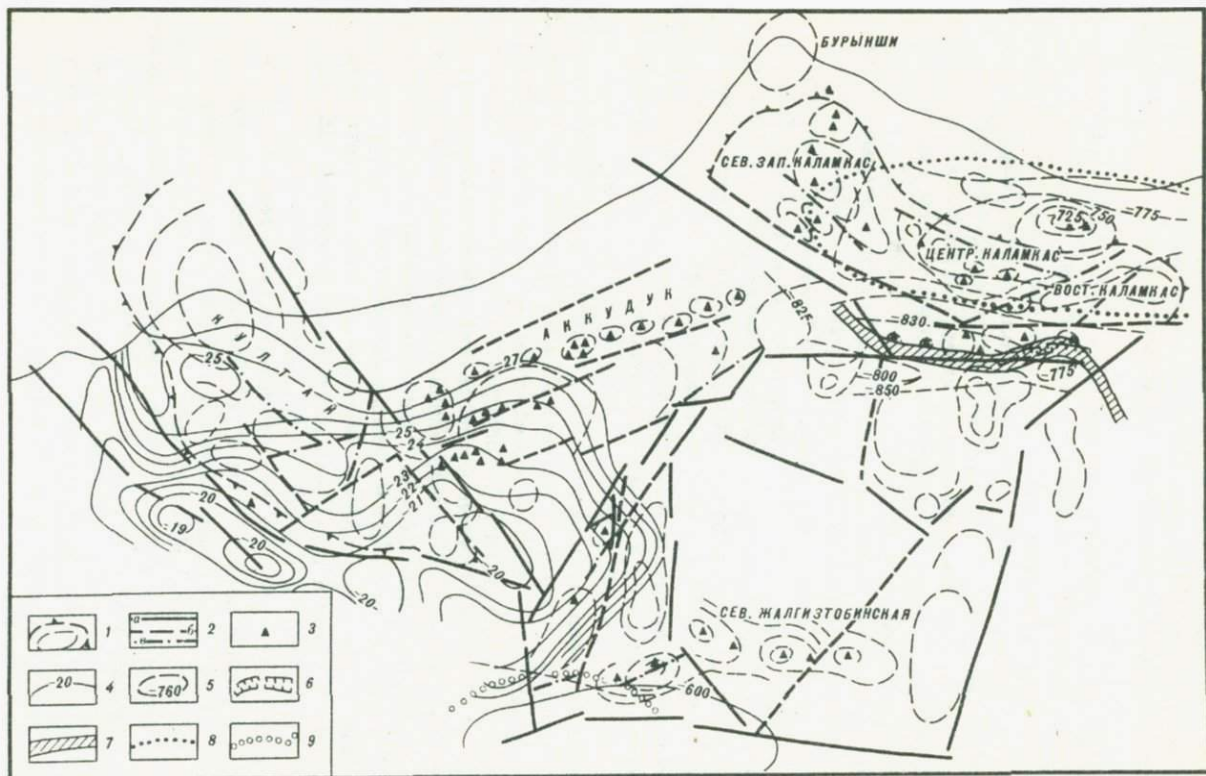


Рис. 12. Схема комплексной интерпретации структур Северо-Бузачинского района

Выявленные космической съемкой: 1 – структуры, 2 – разрывные нарушения, 3 – грифоны; изогипсы отражающих горизонтов: 4 – VII, 5 – III; зоны: 6 – потери корреляции, 7 – ухудшения корреляции; контуры: 8 – нефтегазоносности, 9 – газоносности

Внедрение аэрокосмических съемок в практику нефтегазописковых работ позволит комплексно и, главное, оперативно, в сжатые сроки, решать последовательно задачи от получения и анализа всей информации к заложению глубоких поисковых скважин до открытия скоплений нефти и газа.

Глава III

ОБЗОРНО-РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ АРАЛО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Специфика материалов космических съемок (их мелкомасштабность, большая обзорность и естественная генерализация природных структурно-геологических объектов) обусловила возможность получения принципиально новой геологической информации. Появилась возможность устанавливать и изучать взаимоотношения крупных структурных форм, уточнять вопросы истории геологического развития обширных территорий и выявлять закономерности размещения месторождений нефти и газа.

Особенности геологической информативности КФС позволили перейти к проведению принципиально нового вида региональных геологических исследований нефтегазоносных регионов – космофотогеологической картографии. Отличительная особенность космофотогеологических карт от традиционных геологических состоит в повышенной структурности и глубинности. При этом с максимальной полнотой используются имеющиеся геологические и геофизические материалы, обеспечивающие надежность структурно-геологических построений. Разновидностью космофотогеологических карт для районов, перекрытых мощным чехлом молодых образований, маскирующим черты глубинной структуры, могут являться космофототектонические карты, отображающие структурные особенности геологических образований, находящихся на определенной глубине.

Исследуемая территория, включающая нефтегазоносные провинции занимает свыше 1,5 млн.км². Она многократно перекрыта космическими съемками различного вида и уровня генерализации (фотографические черно-белые и цветные, спектрзональные, ИК-съемки и др.).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При обзорно-региональных исследованиях с использованием материалов дистанционного зондирования Земли методика работ прежде всего обусловлена особенностями информации, получаемой с помощью различных космических систем. Как уже говорилось, это в первую очередь высокое разрешение и большая обзорность (мелкомасштабность) космоснимков, естественная многоступенчатая генерализация элементов ландшафта геолого-структурных объектов и других природно-территориальных комплексов, недоступная для других ме-

тодов; возможность одновременного ("единым взглядом") получения изображений больших территорий в реальном масштабе времени и, наконец, существование своеобразного "эффекта просвечивания" погребенных структур [8-9, 13-18, 22, 45, 46].

Выполненные обзорно-региональные исследования включили три вида работ: опытно-методические и экспериментальные исследования на опытных и эталонных участках (около 35-40% объема работ); рекогносцировочные и обзорно-региональные маршрутные исследования (около 30%), собственно космофототектоническое картографирование (примерно 30-35%). При этом необходимо заметить, что несколько больший, чем 50-60%, объем полевых экспедиционных исследований связан в первую очередь с новизной исследований, отсутствием опыта проведения и разработкой методических основ обзорно-региональных работ в нефтегазоносных регионах и использованием комплекса аэро- и космической информации.

Важнейшим элементом обзорно-региональных работ являются опытно-методические исследования на эталонных и опытных участках. В соответствии со схемой природно-территориального районирования в пределах района работ (превышающим размеры ЦЭП более чем в 5 раз) мы выбрали несколько опытных участков (Саратовский, Узеньский, Челкарский, Индерский, Баскунчакский, Приморский, Кенкиякский). На ряде опытных участков была выполнена частично высотная аэрофотосъемка, материалы которой использовались при опытно-методических исследованиях. Методика и основные результаты опытно-методических исследований в Приморском опытном районе с использованием материалов высотных аэрофотосъемок и космических съемок применительно к региональным нефтегазопоисковым задачам изложены в гл. II данной работы.

На эталонном участке в пределах Кенкиякского опытного района были дважды проведены экспериментальные синхронные наблюдения для разработки рекомендаций по проведению специализированной аэро- и космической фотосъемки. Методика и предварительные результаты этих работ использованы вместе с опытно-методическими при обзорно-региональных, рекогносцировочных и маршрутных исследованиях.

Использование аэрокосмической информации меняет в корне как саму организацию работ, так и основной методический прием исследования - тематическое дешифрирование. Основным методическим ключом всех видов тематического дешифрирования (структурно-геологического, геолого-геоморфологического, ландшафтного и т.д.) является контрастно-аналоговый анализ изображений и идентификации структурно-геологических объектов, ведущийся по принципу "от общего к частному". Конечной целью обзорно-региональных исследований является составление мелкомасштабных обзорных тематических карт на обширные территории [8, 9, 13, 14, 22, 33-35].

Тематические (в частности, тектонические) обзорно-региональные карты мы выполнили в двух масштабах целевого (космического) картографирования - обзорном и мелком. Структурно-тектоническая схема ЦЭП выполнена в региональном масштабе для определения закономерностей тектонического строения юго-востока Прикаспий-

ской впадины как региона, в пределах которого расположены эталонные и опытные участки более крупного масштаба исследований. Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 500 000 составлена для анализа общих черт тектонического строения нефтегазоносной территории и для последующего многоцелевого районирования (неотектонического, тектонического и, главное, нефтегеологического). Использование КФС последовательного ряда и соответственного уровня генерализации характеризует комплексный подход к анализу материалов космических съемок.

Изучение картографических изображений платформенных территорий мы проводили в последовательных кратных масштабах; обзорном, региональном и детальном. Это позволило классифицировать изометричные (блоковые) и линейные (разрывные нарушения) тектонические структуры земной коры данной территории.

Методический комплекс исследований для составления структурно-тектонической схемы ЦЭП и космофототектонической основы Арало-Каспийского региона включал последовательно следующие этапы работ.

1. Организация и составление в одной проекции и на единой геодезической основе фотокарт масштаба 1:2 500 000. Подбор космических снимков и топографических карт соответствующих масштабов. Отдельные снимки и карты более крупного масштаба подбирались для уточнения деталей строения отдельных площадей, анализа изменения информативности обзорно-региональных снимков различных масштабов.

2. Сбор геолого-геофизических материалов и данных о строении поверхности, распределении ландшафтов, грунтов, растительности для изучения территории и составления целевых, частных картосхем, отвечающих масштабам космофотокарт.

3. Предварительное структурное и частично ландшафтно-индикационное и геолого-геоморфологическое дешифрирование фотокарты и отдельных КФС с целью составления первоначальной основы (каркаса) структурно-тектонического строения исследуемого региона. На этом этапе возникает больше вопросов, чем подтверждений уже имеющихся опорных положений о тектоническом строении того или иного участка территории. Возникшие вопросы решаются с помощью полевых экспедиционных исследований обзорно-регионального направления. Предварительное дешифрирование уже показывает разнообразие рангов дизъюнктивных и пликативных нарушений, что заставляет учитывать размерность (классифицировать порядок) выделяемых структурно-тектонических элементов.

4. Совместный анализ предварительной карты структурного дешифрирования и геолого-геофизической информации является основой составления первоначального макета космофототектонической карты. На этом этапе работ происходит критический отбор и анализ всего материала и на предварительный макет карты выносятся элементы, подтвержденные как минимум тремя полевыми картами-схемами, одной из которых обязательно является схема структурного дешифрирования. Анализ перентерпретированного геолого-геофизического материала и структурного дешифрирования сужает круг вопросов,

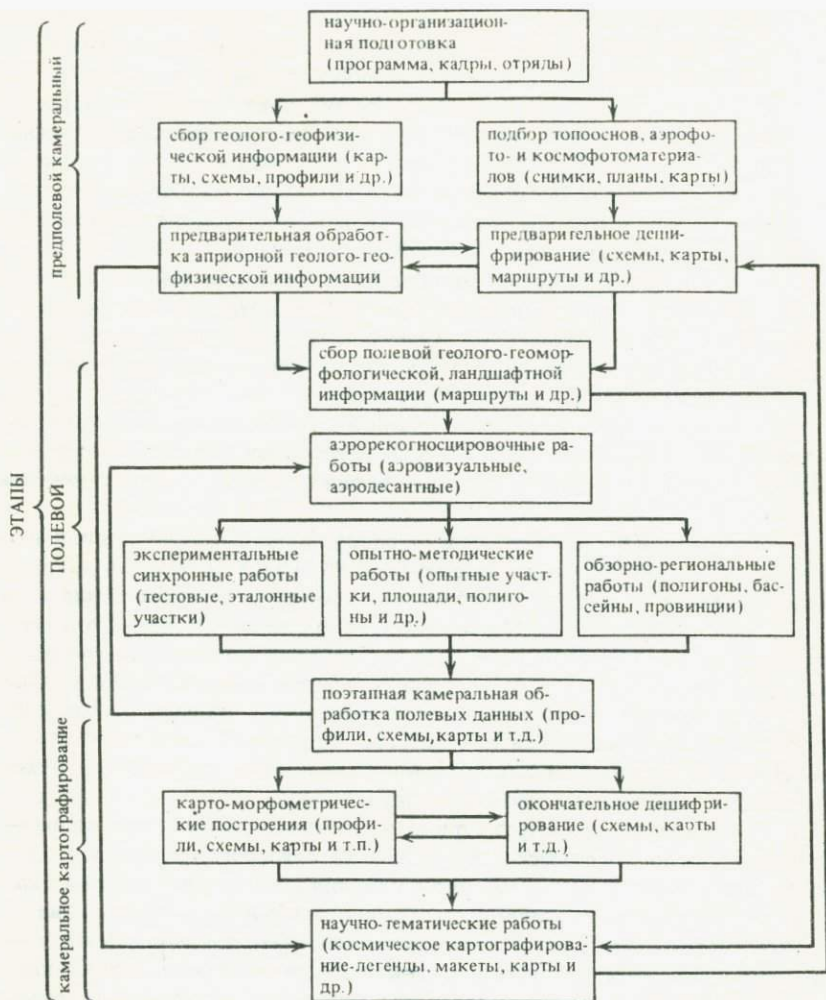


Рис. 13. Структурно-логическая схема космического картографирования

появившихся на третьем этапе работ, и определяет конкретные необходимые участки последующих экспедиционных полевых исследований.

5. Выбор эталонных участков, хорошо изученных геолого-геофизическими методами и обеспеченных материалами аэрокосмического фотографирования широкого масштабного спектра. Детальные исследования на эталонах обеспечивают правомерность экстраполяции и показывают степень достоверности применяемых аэрокосмических методов. На подготовительном предполевом этапе могут быть также намечены обзорно-региональные профили, которые прокладываются главным образом вкостр простирания основных тектонических структур региона для количественной оценки результатов дешифрирования.

6. Заключительный, камеральный, этап обзорно-региональных исследований и работа над картой представляли собой анализ всего собранного материала и элемента космического картографирования, в результате чего были созданы космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 500 000 и структурно-тектоническая схема ЦЭП в региональном масштабе.

Последовательность выполнения элементов космофототектонического картографирования достаточно подробно изложена в объяснительной записке к "Космофототектонической карте Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 500 000" [19]. Необходимым дополнением к изложенным методическим приемам может служить структурно-логическая схема космического картографирования при обзорно-региональных исследованиях в нефтегазоносных регионах (рис. 13).

Применение многоступенчатой схемы дешифрирования обусловлено специфическими особенностями обзорно-региональных работ и тематического картографирования, охватывающего, как правило, огромные площади, что существенно сужает возможности посещения значительной части территории. При этом резко возрастает роль опытно-методических исследований на эталонных и опытных участках с полевым дешифрированием и возможностью непосредственной проверки, привязки его результатов к местности.

В процессе заключительной камеральной обработки материалов проводились: тематическая систематизация и обобщение всего фактического материала; вспомогательные картографические построения (анализ расчлененности рельефа и т.д.); окончательное тематическое дешифрирование с целью составления аэрокосмической основы будущей обзорной карты; комплексная интерпретация материалов дешифрирования и геолого-геофизических, картометрических построений; составление на основе космического картографирования обзорной тематической карты Арало-Каспийского региона; многоцелевое районирование территории с целью построения соответствующих естественных моделей строения земной коры и на их основе поисков месторождений нефти и газа; составление объяснительной записки к космофототектонической карте Арало-Каспийского региона.

Расположение ЦЭП в Прикаспийской впадине обусловило проведение экспериментальных, опытно-методических работ и обзорно-региональных исследований в основном в ее пределах.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Прикаспийская впадина является одним из сложнейших структурных элементов в составе докембрийской Восточно-Европейской платформы и занимает юго-восточную окраину последней. Почти на всем протяжении границы ее в виде разломов разного генетического типа погребены под мощным покровом верхнепалеозойских, мезо- и кайнозойских отложений и прослеживаются в основном по геофизическим данным. Их положение достаточно отчетливо фиксируется наличием интенсивных гравитационных ступеней, зонами магнитных

аномалий (градиентов) и потери корреляции сейсмических горизонтов.

На востоке и юго-востоке Прикаспийская впадина отделяется от уралид системой региональных глубинных разломов, составляющих краевой шов. Глубоким бурением и сейморазведкой установлены их надвиговый характер и кулисообразное расположение, а также сочленение с поперечными региональными разломами типа сбросов и сбрососдвигов. Существование этих дизъюнктивов (субширотного и северо-западного простираний) обусловлено наличием на краю древней платформы жестких глыб или блоков [41-44, 47, 48].

На севере и западе положение бортового уступа, являющегося границей Прикаспийской впадины, определяется интенсивной гравитационной ступенью, простирающейся почти на 1500 км от г. Волгограда в направлении г. Уральска и далее на г. Оренбург. До недавнего времени структура рассматриваемой его части представлялась в виде серии субпараллельных разломов, фиксирующих ступенчатое погружение поверхности подсолевого ложа и фундамента Прикаспийской впадины.

Данные глубокого бурения последних лет показывают весьма сложную картину фациального замещения и резкого изменения мощностей надсолевых и подсолевых отложений как к центру впадины, так и по простиранию бортового уступа. На ряде площадей северной и западной частей последнего скважинами выявлены рифогенные образования. Все это позволило ряду исследователей высказать точку зрения об исключительно седиментационной природе бортового выступа впадины [31-32].

Однако установленные закономерности относятся в основном к подсолевым нижнепермским и каменноугольным отложениям и в меньшей степени к верхне-среднедевонским и более древним образованиям, которые пока вскрыты единичными скважинами. При этом резкие различия в строении, выявленные на ряде профильных пересечений по простиранию бортового уступа, свидетельствуют скорее о разном структурном положении этих участков, чем о каких-то пространственных закономерностях.

Скудность данных о строении нижних частей разреза подсолевых образований и поверхности фундамента, относящихся пока исключительно к сейморазведке, не позволяет, по нашему мнению, однозначно интерпретировать полученные материалы в зоне бортового уступа Прикаспийской впадины. Более того, в пределах смежных с Прикаспийской впадиной районах Урало-Поволжья обнаружена тесная связь между пространственным положением рифогенных построек и структурным планом в основном с разрывной тектоникой фундамента. При этом установлено, что биогермы часто располагаются над зонами погребенных разломов, хотя в подстилающих рифы отложениях никаких структур не установлено. По-видимому, изменения мощностей и особенно вещественного состава образований в пределах погребенных зон нарушений очень незначительны и не улавливаются традиционными методами формационного анализа [44].

Таким образом, имеющийся в настоящее время геолого-геофизи-

ческий материал допускает предположение о более сложной истории развития и строения бортового уступа Прикаспийской впадины. По-видимому, на уровне поверхности фундамента и нижних горизонтов подсолевого структурного комплекса границами последней могут являться глубинные разломы, которые обусловили флексуобразные изменения мощностей в верхних частях разреза подсолевых образований, отмечаемые на целом ряде профильных пересечений.

Еще более сложным, несомненно, является внутреннее строение Прикаспийской впадины. Большинство представлений о структуре докембрийского фундамента и подсолевого ложа ее в настоящее время базируется на интерпретации геомагнитного и гравитационного полей, немногочисленных региональных сейсмических профилей (МОВ, КМПВ, МТЗ, МОГТ и др.), а также данных редких глубоких и сверхглубоких скважин, сосредоточенных в основном в прибортовых частях впадины.

Истолкование геофизических материалов, особенно для внутренних частей последней, из-за почти полного отсутствия данных бурения затруднительно и во многом противоречиво. Об этом свидетельствуют весьма многочисленные и практически разнородные тектонические и структурные карты, схемы и т.п.

Общая мощность земной коры в центральных частях Прикаспийской впадины, по данным глубинного сейсмического просвечивания (профиль ГСП Челкар - Волгоград "Казгеофизтреста" и ВНИИгеофизики), изменяется от 35 до 40 км [28, 29], а по материалам глубинного сейсмического зондирования (региональный профиль XV КМПВ-ГСЗ уменьшается до 22-25 км.

Данными сейсморазведки (КМПВ, ГСЗ, МТЗ и др.) установлены блоковое строение и неравномерное ступенчатое погружение поверхности фундамента от 7-9 км в прибортовых частях Прикаспийской впадины до 16-19 и 24-26 км [28, 31, 32] в центральных. При этом блоковое строение фундамента осложняется системами взаимопересекающихся глубинных разломов, большинство из которых имеют корни в мантии и прослежены сейсморазведкой до глубины 40-50 км. В пределах восточной и юго-восточной прибортовых частей Прикаспийской впадины сейсморазведкой зафиксировано погружение поверхности фундамента до глубины 10-12 км в сторону краевого шва и Южно-Эмбенского палеозойского поднятия.

Наличие систем разрывных нарушений, приуроченных к поверхности кристаллического фундамента, предопределило особенности его блокового строения и кровли подсолевых образований, залегающих (по геолого-геофизическим данным) на глубинах от 3,5-5 км в прибортовых частях до 9-10 км в центре Прикаспийской впадины [27, 31, 32].

Однако в последнее время концепция блокового строения фундамента и особенно подсолевого ложа Прикаспийской впадины оспаривается рядом геологов. Они предполагают существование в ее пределах в позднедевонское-раннепермское время глубоководного бассейна, кромка континентального склона которого фиксировалась разновозрастными карбонатными уступами. Последние, по мнению этих исследова-

дователей, и являются ведущими структурными формами в подсоле-
вом комплексе [31, 32].

Имеющиеся в настоящее время данные сейсморазведки указыва-
ют (и это зафиксировано на множестве сеймопрофилей и частично
подтверждено глубоким бурением), что в Прикаспийской впадине
существуют по крайней мере три категории разрывных нарушений:
границные глубинные разломы (краевые швы), отделяющие впадину
на востоке, юго-востоке и юге от прилегающих складчатых гершин-
ских и платформенных эпигершинских образований; региональные глу-
бинные разломы, ограничивающие впадину с запада, севера и севе-
ро-востока и отделяющие ее от приподнятых частей Русской плиты,
а также делящие внутреннюю часть впадины на крупные тектониче-
ские блоки как по поверхности фундамента, так и кровле подсолево-
го ложа; многочисленные локальные разрывные нарушения, обязанные
своим происхождением процессам соляной тектоники. При этом сле-
дует подчеркнуть, что косвенным подтверждением гетерогенности
глубинного строения подсолевого ложа является большое разнообра-
зие форм соляной тектоники, развитых в Прикаспийской впадине.

По данным геолого-геофизических исследований, платформенный
чехол впадины имеет мощность не менее 15–20 км и характеризу-
ется весьма широким диапазоном нефтегазоносных толщ, большин-
ство из которых отличается своими собственными структурными
особенностями и разделены значительными угловыми и стратигра-
фическими несогласиями. Наличие в разрезе платформенного чехла
Прикаспийской впадины мощных галогенных образований палеозой-
ского возраста обусловило резкое отличие характера тектоники под-
солевого и надсолевого структурных комплексов. Влияние структур-
но-тектонической обстановки на нефтегазоносность, возможности
латеральной и вертикальной миграции углеводородов, образование
ловушек структурного и неструктурного типов в пределах обеих толщ
подчеркивались многими исследователями Прикаспийской впадины.

Нефтегазоносность надсолевого структурного комплекса в насто-
ящее время полностью связывается с локальными структурами, соз-
данными соляной тектоникой. Детальное изучение и разбуривание
последних ведется уже в течение многих десятилетий. За это время
число выявленных и подтвержденных различными геолого-геофизиче-
скими методами (картирование, геолого-геоморфологическое и струк-
турное бурение, сейсморазведка, гравиметрия, электроразведка и др.)
структур в пределах Прикаспийской впадины превысило 1100 [31].

Существование интенсивного локального структурного фона, соз-
данного соляной тектоникой (соляные купола, межкупольные депрес-
сии, компенсационные мульды, обращенные поднятия и т.д.), значи-
тельно снижает эффективность выявления региональных особенностей
структуры надсолевого и особенно подсолевого нефтегазоносных
комплексов. Детальные геолого-геофизические исследования показали
необходимость существенного уточнения ранее составленных, особенно
мелкомасштабных геологических, структурных, литолого-фациальных,
палеогеографических карт и схем мощностей, крайне важных при ре-

конструкции условий образования, истории развития и размещения локальных структур. На большинстве геологических построений особенности распределения мощностей и фаций на конкретных поднятиях нередко выступали как отражение закономерности изменения регионального структурного плана. Сейчас также очевидны неудачи составления различных схем и карт с попытками исключения искажающего влияния соляной тектоники или со снятием локального структурного фона. Ни в одном из известных случаев геологические документы не подтвердились данными глубокого бурения.

Иными словами, создалось парадоксальное положение: на огромной территории, расположенной в благоприятных географо-экономических условиях, вблизи высокоразвитых промышленных центров европейской части СССР известно большое количество потенциально перспективных объектов, а поисково-разведочные работы испытывают своеобразный "структурный голод" в связи с исчерпыванием фонда подготовленных структур.

В последнее время переинтерпретация и обобщение всех имеющихся региональных геолого-геофизических материалов позволили установить важные особенности глубинного геологического строения Прикаспийской впадины. В прибортовых частях ее по поверхности фундамента подтвердились крупные погребенные выступы (Астраханский, Бизжалский, Троицкий и др.), зоны поднятий (Северо-Каспийская и др.), которые могут представлять большой интерес с точки зрения перспектив нефтегазоносности подсолевых отложений. Их региональная продуктивность подтверждена параметрическим и поисковым бурением в пределах всех бортовых зон Прикаспийской впадины.

В последние годы при сравнении степени перспективности надсолевого и подсолевого структурных комплексов предпочтение обычно отдается последнему в связи с возможностью обнаружения в его пределах новых месторождений. Поисково-разведочными работами установлена региональная нефтегазоносность подсолевых отложений. В пределах всех бортовых зон Прикаспийской впадины открыты промышленные запасы углеводородов: на северном борту - Западно-Тепловское, Бородинское, Восточно-Гремячское и др.; на восточном - Кенкиякское, Каратюбинское и др.; на южном - Тортайское, Тажигалинское и др.; на юго-западном - Астраханское; на западном - Лободинское, Комсомольское и др.

Таким образом, несмотря на имеющиеся данные о региональной нефтегазоносности и хороших коллекторских свойствах подсолевых отложений, а также на наличие мощного соляного экрана для структурных ловушек, месторождения пока единичны.

Проблема поисков месторождений нефти и газа в Прикаспийской впадине связана с надежностью выявления региональных структур в подсолевых отложениях, изучению которых сейчас уделяется большое внимание, особенно с внедрением новых прогрессивных методов сейсморазведки (ВСП, МОВ, ОГТ и др.).

Выделение подсолевых опорных сейсмических горизонтов, основанное главным образом на скоростной характеристике прохождения упругих колебаний, зачастую сопряжено с большими трудностями

из-за крайне сложного характера разреза подсолевых палеозойских образований, залегающих обычно на глубинах 4–5 км и более, и недостаточности знаний о вещественном составе отложений. Большинство подсолевых поднятий, установленных сейсморазведкой, имеют амплитуды порядка 200–300, реже 500 м, т.е. близкие к разрешающей способности (ошибкам) метода на этих глубинах. По мнению ряда исследователей, на условность выделения подсолевых структур влияют также резкие неоднородности платформенного чехла, сказывающиеся на быстром изменении по площади и по разрезу характера динамики и кинематики регистрируемых волн, а также весьма схематические представления о структуре глубоких частей платформенного чехла и амплитудах нарушений в нижних (подсолевом и фундаменте) структурных комплексах. Поэтому в практике весьма часты случаи смещения сводов подсолевых поднятий по сравнению с данными глубокого бурения; нередко скважины, заложенные по материалам сейсморазведки, попадают даже в прогибы. Иными словами, условия заложения глубоких скважин только по данным сейсморазведки не всегда оказываются оптимальными. Например, для площади Кенкияк убедительно показаны значительные несоответствия (до 250–500 м) опорного сейсмического горизонта P_1 , сопоставляющегося с поверхностью подсолевого палеозоя, с этой поверхностью установленной по результатам глубокого бурения. Аналогичные расхождения данных сейсморазведки и бурения отмечены разными исследователями для целого ряда подсолевых структур в Прикаспийской впадине (Шубаркудук, Каратюбе, Биикжал и др.).

Территория, обрамляющая Прикаспийскую впадину или граничащая с ней, представляет также большой интерес с точки зрения поисков локальных поднятий. Одни ее части являются нефтегазоносными (Предкавказья, Устюрт, Бузачи и др.), другие – перспективными (Карабогазский свод и др.).

При изложении материалов по Северо-Бузачинскому эталонному участку уже была дана его краткая геолого-геофизическая характеристика. Здесь следует лишь выделить наличие структурных элементов II порядка и отметить в пределах рассматриваемой территории их характерные черты и особенности, в связи с тем что они представляют наибольший интерес с точки зрения нефтегазоносности. К таковым могут относиться тектонические элементы двух типов: узкие протяженные валы и блоки. Причем валы, к которым относятся Каражанбасско-Северо-Бузачинский, Желгизтюбинский и Большесорский, имеют субширотное простирание. Эти крупные структурные элементы II порядка осложнены более мелкими поднятиями в виде антиклиналей и брахиантиклиналей, реже куполов. Большинство из них группируется в валы в виде цепочек. Локальные структуры вытянуты, как правило, в широтном направлении, приурочены к разрывным нарушениям промежуточного структурного этажа и фундамента и разделены депрессиями и мульдами. В поперечном сечении они, как правило, характеризуются асимметричным строением с более крутым и узким северным крылом, пологим и широким – южным. Амплитуды структур с глубиной увеличиваются, что свидетельствует

об их унаследованном развитии. Второй тип крупных тектонических элементов — блоки, к которым относятся Култайский, Западно-Каражанбасский, Западно-Большесорский и другие, характеризуется в основном северо-западным или меридиональным простиранием. Более мелкие локальные поднятия, осложняющие эти блоки, в основном куполовидные, реже брахиантиклинальные. На преобладающем большинстве локальных поднятий северо-западной части Северо-Бузачинского выступа выделены группы, системы и одиночные газоводяные грифоны.

Ставропольский свод, располагающийся на территории Центрального Предкавказья, является крупнейшей субмеридиональной зоной поднятия, разделяющей Азово-Кубанскую и Терско-Кумскую впадины. Он уверенно выделяется в строении поверхности складчатого основания и всех горизонтов платформенного чехла [36]. Западный борт Ставропольского свода осложнен системой сбросов, отражающихся в виде флексур в мезозойско-кайнозойском чехле. В качестве структур II порядка выделяются Северо-Ставропольский и Южно-Ставропольский валы и разделяющие их Егорлыкский, Спицевский прогибы и Центрально-Ставропольская седловина.

Ставропольский свод четко выражен в гравитационном поле. В южной его части выделяется зона максимума, ориентированная с северо-запада на юго-восток и состоящая из цепочки локальных аномалий (Армавирская, Невинномысская, Янкульская и др.). Полосой отрицательных аномалий по линии Александровское — Каменнобродское Южно-Ставропольский максимум отделяется от Северо-Ставропольского. К этой аномалии с севера приключается сравнительно интенсивный максимум. Указанный элемент гравитационного поля ориентирован с северо-запада на юго-восток и относится уже к системе аномалий, ограничивающих с юга Манычскую зону минимумов. Магнитное поле в пределах Ставропольского свода отличается слабоболожительным фоном и небольшой интенсивностью аномалий (до 100–200 гамм). Резко выраженные линейные аномалии не отмечаются.

Таким образом, в пределах свода наблюдается общая связь между гипсометрическим положением поверхности фундамента и гравитационным полем. Южно-Ставропольскому и Северо-Ставропольскому валам отвечают положительные аномалии, тогда как разделяющим их Егорлыкскому и Спицевскому прогибам соответствуют депрессии гравитационного поля [36].

Основные представления о геологическом строении территории Карабогазского свода и сопряженных с ним районов базируются на данных геологической, гравиметрической, электрометрической, магнитометрической съемок. Карабогазский свод характеризуется мозаичностью гравиметрического поля. В его пределах можно выделить две зоны максимумов. Одна из них расположена в центральной части акватории Кара-Богаз-Гола (Восточно-Карабогазская), другая, более выраженная на региональном фоне и более крупная по площади, находится в восточной части акватории Каспия (Западно-Карабогазская).

Данные бурения на площадях Южного Прикарабогазья показали, что в направлении Восточно-Карабогазского максимума силы тяжести происходит подъем поверхности фундамента. Это подтверждается и материалами сейсморазведки, проведенной на территории суши, и позволяет предполагать, что указанной аномалии силы тяжести соответствует поднятие фундамента, находящее отражение и в строении платформенного чехла.

Сейсмическими работами методом геоакустического профилирования подтверждено приподнятое залегание фундамента и в зоне Западно-Карабогазской группы гравиметрических максимумов. Это поднятие (Западно-Карабогазское) по подошве платформенного чехла имеет субмеридиональную ориентировку и размеры 30-35×55-60 км. Амплитуда его около 200 м. Оно находит отображение в перекрывающих меловых и, вероятно, в палеогеновых образованиях. Карабогазский свод на западе ограничивается флексурно-разрывной зоной, названной Восточно-Каспийской флексурой [40]. Между ней и Западно-Карабогазским влообразным поднятием располагается относительно спокойный участок гравиметрического поля, который может соответствовать более погруженному блоку фундамента, выраженному в образованиях мезозоя в виде ступени или моноклинали.

В пределах всего Карабогазского свода предполагается полное отсутствие триасово-палеозойской толщи. Юрские отложения присутствуют на рассматриваемой территории в Северном Прикарабогазье, развиты в Казахском и Северо-Апшеронском прогибах. Возможно присутствие юрских отложений в неглубоком прогибе, отделяющем Карабогазский свод от Туаркырского вала. На остальной территории на отложениях фундамента залегают образования мелового возраста. Они имеют повсеместное развитие и на большей части территории перекрываются мощной толщей палеогеновых карбонатно-терригенных образований. Последние имеют максимальное развитие в Северо-Апшеронском прогибе (около 1,3 км), сокращаются на Западно-Карабогазском поднятии до 250-200 м, на Восточно-Карабогазском - до 0-100 м и далее к востоку и юго-востоку полностью выклиниваются. Общая мощность платформенного чехла в пределах Карабогазского свода колеблется от 3-3,5 (в периферийных районах) до 1 км и менее (в его центральных наиболее приподнятых участках).

Поверхностных признаков нефтегазоносности на территории Карабогазского свода не отмечалось. Признаки газоносности получены в результате бурения структурно-картировочных и глубоких скважин на суше в Южном и Северном Прикарабогазье. Общей особенностью газов на площадях Южного Прикарабогазья является высокое содержание в них неуглеводородных компонентов, что не характерно для нефтегазоносных районов.

В Северном Прикарабогазье и на сопредельном с ним Аксу-Кендырлинском валу буровые работы проводились на девяти площадях. На двух из них выявлены небольшие скопления углеводородного газа в меловых (площадь Кендырли) и в верхнеюрских отложениях (площадь Южный Аламурын). Выброс углеводородного газа из юрских отложений отмечался в процессе бурения параметрической сква-

жины на площади Южный Аксу. На Западно-Аксуиской структуре получен промышленный приток углеводородного газа из верхнеюрских отложений. Здесь же при бурении скважин с целью технического водоснабжения произошел выброс углеводородного газа из отложений эоцена. Углеводородный газ в низах юрской толщи отмечается при бурении на площади Тамды. Здесь в I юрском горизонте получен промышленный приток газа. По данным Г.Х. Дикенштейна и его сотрудников, проявления метанового газа на устье скважины, вскрывшей отложения палеогена и верхнего мела, отмечались на площади Кулан-Гурлан (Куландаг) [26].

Характерным для Северного Прикарабагазья является ярко выраженный углеводородный состав газов, как свободных, так и водорастворенных, во всех изученных здесь возрастных подразделениях чехла.

Центрально-Каракумский свод морфологически довольно четко выражен во всех слоях земной коры — от поверхности Мохоровичича до неоген-четвертичного комплекса. В современном структурном плане это крупное асимметричное поднятие округлой формы, слегка вытянутое в меридиональном направлении, его максимальные размеры 270×200 км. Мощностъ платформенного чехла здесь составляет 1500–3000 м. В центральной части свода резко сокращаются мощности юрских образований за счет выпадения нижнеюрских и верхнеюрских отложений. Мощностъ неокомских образований увеличивается с севера на юг от 160–200 м на Ахчакаинском выступе до 350–400 м на южном склоне свода. В этом же направлении увеличивается и карбонатностъ неокомских пород. В пределах свода полностью отсутствуют породы эвапоритовой формации и практически выпадает из разреза верхний палеоген. В центральной части свода выделяется крупное куполовидное Зеагли-Дарвинское поднятие, со всех сторон окаймляющееся флектурно-разрывной зоной. Размеры его по верхнемеловым отложениям составляют 145–125 км, а амплитуда — 250 м. В северной части свода выделяется Ахчакаинский выступ, в центральной — так называемая Сернозаводская зона разрывных нарушений, характеризующаяся резко приподнятыми и опущенными блоками, несогласным залеганием неогеновых отложений на породах от верхнего эоцена до турона включительно, распространением на поверхности над разломами останковых серных бугров.

Локальные структуры, осложняющие центральную часть Центрально-Каракумского свода, представляют малоамплитудные, незначительных размеров куполовидные и, реже, брахиантиклинальные поднятия, как правило, осложненные разрывными нарушениями, в основном сбросами с амплитудой в пределах нескольких десятков метров. Структуры северной периферийной части свода значительно крупнее и характеризуются большей амплитудой (до 150 м). Осложненностъ их разрывными нарушениями значительно меньше, чем структур центральной части свода.

Газоносностъ Центрально-Туркменской области связана с Зеагли-Дарвазинской группой месторождений, где расположены Дарвазинская, Шиихская, Такырская, Пришиизская и другие газоносные пло-

щади – всего 17 месторождений. Газовые залежи области приурочены к отложениям верхнеюрского, неокомского, аптского, альбского, сеноманского и туронского возраста, причем стратиграфический диапазон газоносности расширяется в южном и юго-восточном направлениях.

Таким образом, Прикаспийская нефтегазоносная провинция и обрамляющие ее территории Предкавказья, Мангышлака, Устюрта и другие являются регионально нефтегазоносными. В настоящее время основные перспективы в этих районах связаны с глубокозалегающими триасовыми и палеозойскими отложениями. Выявление и подготовка локальных поднятий по этим образованиям к глубокому поисковому бурению связаны с большими трудностями, поэтому геологам одновременно с проведением глубокого поискового бурения приходится решать и структурно-геологические задачи, что существенно снижает эффективность нефтегазописковых работ. Это обстоятельство и заставляет использовать при выявлении особенностей тектоники районов Прикаспийской впадины и прилегающих территорий еще один новый источник информации – материалы космических съемок, которыми покрыта практически вся впадина и прилегающие территории.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Комплекс обзорно-региональных исследований выполнялся по двум направлениям: 1 – опытно-методические работы на ряде опытных участков и обзорно-региональные, преимущественно маршрутные (профильные), наблюдения в пределах Прикаспийской впадины и частично в прилегающих районах; 2 – работы по космическому картографированию с целью создания легенды и макета схемы тектоники (космофототектонической карты) региона масштаба 1:2 500 000.

Результаты экспериментальных и опытно-методических работ в Приморском опытном районе, на Каратонском и Прорвинском эталонных участках для решения региональных и частично обзорно-региональных нефтегазописковых задач и данные по экспериментальным синхронным наблюдениям на Кенкиякском опытном районе изложены ранее. Опытно-методические исследования в пределах Саратовского, Узеньского, Индерского и других опытных районов позволили разработать критерии дешифрирования линейных и кольцевых фотоаномалий, которые отчетливо распознаются на космофотоматериалах. Резкие изменения фототона, структуры и текстуры рисунка фотоизображения, наличие четких концентрических и прямолинейных линий, подчеркивающих пликативные и дизъюнктивные элементы структур, закономерное расположение форм рельефа, в том числе аномальных, – все эти комплексы дешифрировочных признаков позволили выделить целую гамму линейных и кольцевых структур разного ранга во многих районах Прикаспийской впадины.

Данные опытно-методических исследований были использованы при космическом картографировании и составлении карты Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 500 000 и структурно-тектонической схемы масштаба 1:1 000 000. В пределах северо-западной

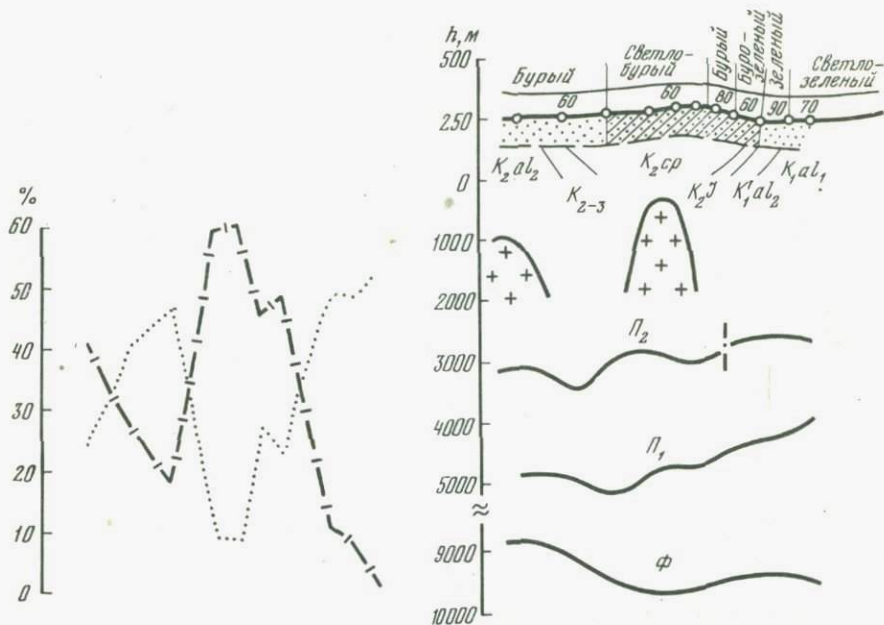


Рис. 15. Профиль через соляной купол Мортук

Линия, оконтуривающая кресты, — поверхность соленосного структурного комплекса по сейсмическим данным. Остальные условные обозначения см. на рис. 14

прибортовой части Прикаспийской впадины через Саратовский, Узеньский и Индерский опытные районы проложен обзорно-региональный профиль. Обзорно-региональный профиль содержит информацию из опубликованных материалов (геологическое строение, включая глубинное, гравитационную и магнитные характеристики), из результатов полевых наблюдений (рельеф, грунт (механический состав и цвет), растительность (густота и цвет)), из результатов дешифрирования космофотоснимков (местоположение линейных дизъюнктивных и пликативного характера) (рис. 14, вкл.).

На профилях приведены также данные механического состава грунтов в виде граф ков. Подобный профильный анализ территории позволяет конкретно увидеть, что дешифрируется на космическом снимке, чему соответствуют изменения фототона, границы локальных пятен фототона, направленные линии на снимке.

Исследование территории для космического картографирования, естественно, ведется от известного к неизвестному. Рассмотрим разрез через хорошо изученный соляной купол Мортук (рис. 15). Рисунок показывает, что над соляным куполом, как над зоной гравитационного минимума, резко изменяется гранулометрический состав грунта: преобладают очень мелкие частицы (0,01 мм). В межкупольных депрессиях картина обратная: преобладают более крупные

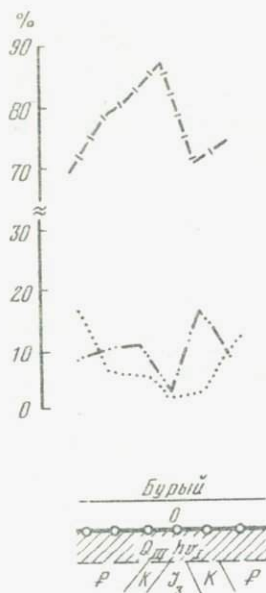


Рис. 16. Профиль через соляной купол севернее пос. Джамбейты

Условные обозначения см. на рис. 14

фракции (0,1 мм). При этом соляной купол отчетливо читается в рельефе в виде приподнятой вершины (г. Мортук) на фоне слабовосхолмленной денудационной равнины. Посредством гранулометрического анализа четко выявляются структуры соляной тектоники и на территории, абсолютно выровненной в отношении рельефа. Например, в районе пос. Джамбейты в северной части Прикаспийской впадины четко читается соляной купол, расположенный на глубине более 200 м (рис. 16).

На профиле через северо-западную часть Прикаспийской впадины (по линии Новокузнецк - Фурманово - Индерборский) показаны примеры того, по каким признакам ведется дешифрирование элементов глубинной тектоники (см. рис. 14).

В центральной части профиля на рисунке изображена полоса шириной 30 км на местности отдешифрированных и проинтерпретированных космических снимков. Как и в предыдущих примерах, соляные купола (кольцевые фотоаномалии IV порядка), помимо изменения фототона снимка, проявляются по максимумам фракции 0,01 мм гранулометрического анализа и, как известно, по минимумам гравитационного поля силы. Более крупные фотоаномалии III и IV порядков выявляются на снимках по изменению фототона, связанного со сменой густоты и цвета растительности или изменением механического состава грунта. При этом отмеченные элементы ландшафта совпадают с аномалиями гравитационного поля или с резким изменением глубины залегания фундамента.

Разрывная тектоника наиболее ярко проявляется в изменениях фототона космических снимков. Разломы читаются по аномальным элементам рельефа местности и резкой смене ландшафтов (растительности грунтов). По данным гранулометрического анализа, в зонах разломов происходит резкий скачок изменения фракций механического состава грунтов. Гранулометрический анализ песчано-суглинистых грунтов северо-запада Прикаспийской впадины, выполненный из 137 поверхностных проб, показывает преобладание лишь трех фракций - 0,1, 0,06 и 0,01 мм, которые представляют более 95% массы образца. На остальные шесть фракций приходится менее 5%. Подобное распределение позволяет вести анализ по трем ведущим фракциям. Как показывают исследования, механический состав грунтов очень чутко реагирует на изменения гравитационного поля (см. рис. 14). Грунт (его цвет, механический состав) при разреженном растительном покрове (травостое) является одним из ведущих компонентов, влияющих на фототон снимка. Количественные характеристики грунта, определенные посредством гранулометричес-

кого анализа, позволяют понять причины изменения фототона на космических снимках. Иными словами, очевидно, что тональность фотоаномалий на снимке во многом зависит от распределения значений поля силы тяжести данного участка или региона.

Обзорно-региональные исследования в 1976–1979 гг. в виде маршрутных пересечений протяженностью более 25 000 км выполнены в основном в пределах Прикаспийской впадины и в некоторых прилегающих районах (Бузачи, Мангышлак, Северное, Предустюртье, Южное Приуралье и некоторые другие участки). Эти исследования дополнили представления о ландшафтно-территориальных природных комплексах и геоморфологических особенностях территории. Данные опытно-методических и обзорно-региональных работ явились основой тематического дешифрирования информационных материалов при космическом картографировании.

Полевые обзорно-региональные исследования позволили успешно решить целый ряд вопросов. Например, уточнены местоположение и характер северо-западной и южной (в пределах Предкавказья) границы Прикаспийской впадины, граничного глубинного разлома (краевого шва), отделяющего древнюю платформу от складчатых герцинских сооружений Южного Урала, уточнено местоположение зон региональных разломов внутри Прикаспийской впадины как границы крупных тектонических и неотектонических структур, составлены макеты структурно-тектонической схемы¹ ЦЭП и космофототектонической карты Арало-Каспийского региона в масштабе 1:2 500 000.

Структурно-тектоническая схема составлена на всю территорию ЦЭП по материалам дешифрирования космических фотодокументов различных масштабов (рис. 17, вкл.). Схема сопровождается врезкой неотектонического районирования в масштабе 1:2 500 000, составленной с использованием снимков тех же масштабов (рис. 18). Она охватывает территорию юго-восточной окраины Прикаспийской впадины, Мугоджары, Северный Устюрт, Бузачи и северо-западное окончание Мангышлака. По своей информативности структурно-тектоническая схема резко отличается как от детализированных схем и карт, составленных на эталонные участки и опытные районы, так и от обзорной космофототектонической карты масштаба 1:2 500 000. Анализ показывает, что на фотоматериалах более крупного масштаба происходит резкий скачок степени генерализации структурно-геологических объектов. На космоматериалах мелкого масштаба наряду с сохранившимися элементами на уровне мезоблоков II и III порядков отчетливо вырисовываются структурные элементы более высоких генераций на уровне мезоблоков I порядка и макроблоков. По-видимому, на степень генерализации 10^6 происходит резкий прирост космической информации [15, 29, 45, 46, 50].

На структурно-тектонической схеме отчетливо выделяются несколько порядков разрывных нарушений, причем можно заметить, что нередки случаи перехода разрывов по простиранию из одной ге-

¹ В составлении схемы принимали участие О.Ю. Ботова и Т.Г. Гребенникова.

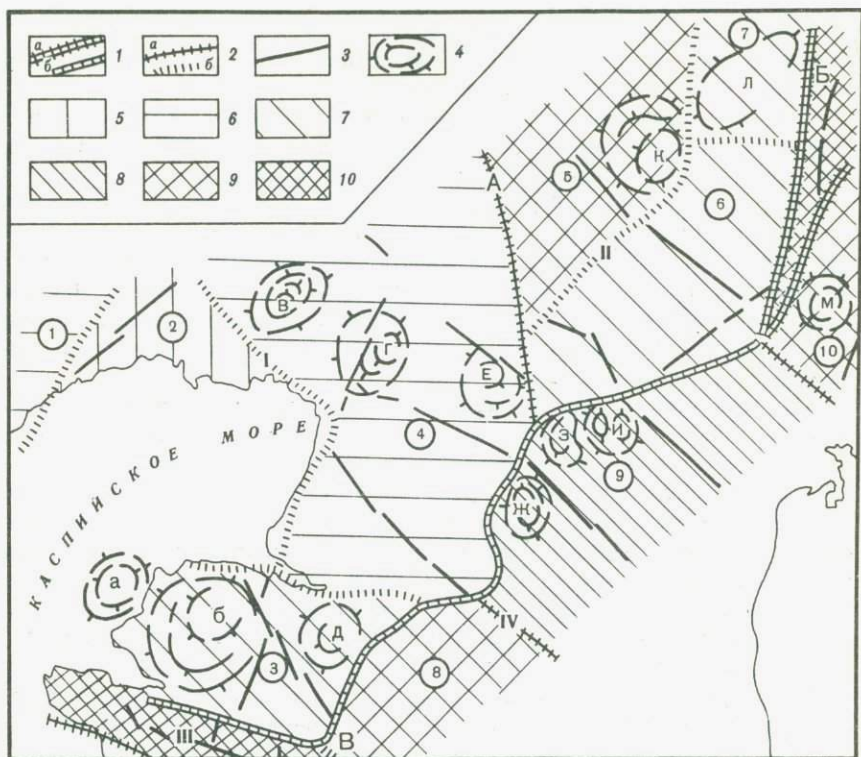


Рис. 18. Схема неотектонического районирования целевого экспериментального полигона

Границы блоковых структур с различной интенсивностью и направленностью неотектонических движений: 1 - макроблоков I порядка между платформами и орогенными областями (а) и разновозрастными платформами (б); 2 - макроблоков (а - II порядка, б - III порядка); 3 - мезоблоков I порядка; 4 - сводовые поднятия фундамента, выраженные в новейшей структуре. Преобладающие неотектонические движения в пределах макроблоков I порядка (суммарные амплитуды (в м) за неоген-четвертичное время): 5 - -100-0; 6 - 0-50; 7 - 50-100; 8 - 100-150; 9 - 150-200; 10 - 200-400. Неотектонические макроблоки: А - Восточно-Европейская платформа: I - Прикаспийский (1 - Нижневолжский, 2 - Северо-Каспийский, 3 - Бузачинский, 4 - Доссор-Эмбинский), II - Подуральский (5 - Сагизский, 6 - Эмбинский, 7 - Илекский); Б - Уральская орогенная область; В - Туранская плита; III - Мангышлакско-Центрально-Устюртский, IV - Челкарско-Устюртский (8 - Сай-Утесовский, 9 - Каратюлейский, 10 - Челкарский). Сводовые поднятия: а - Морское, б - Большесорское, в - Доссорское, г - Кульсаринское, д - Кызыанское, е - Пустынное, ж - Монсуалмакское, з - Жылытауское, и - Донгузское, к - Байсарынское, л - Темирское, м - Челкарское

нерации в другую. Например, на северо-востоке граница между древней платформой (Прикаспийской впадиной) и складчатыми сооружениями Южного Урала представлена краевым швом, наиболее четко дешифрирующимся на фотокарте. Юго-западнее, в зоне Южно-Эмбенского поднятия, граница дешифрируется в виде зоны линеаментов, отождествляемой с зоной регионального глубинного разлома. И, наконец, в пределах восточного окончания и юга п-ова Бузачи она дешифрируется в виде раздвиговой зоны (системы) со сложным внутренним строением.

Среди установленных кольцевых структур выделяются также поднятия нескольких порядков и соответственно разной глубины заложения. При этом показательно, что чаще всего изменение простирааний региональных нарушений связано с наличием пликативных структур глубокого заложения. К кольцевым структурам I порядка (сводовым поднятиям) могут быть отнесены: хорошо известные Доссорская, Северо-Бузачинская, Кенкиякская и ряд других. Некоторые из них установлены впервые.

Кольцевые структуры более высокого ранга, как правило, либо осложняют вершины структур I порядка, либо встречаются отдельно и могут быть сопоставлены с поднятиями подсолевого ложа или нижних горизонтов подсолевого комплекса Прикаспийской впадины, промежуточного комплекса Туранской плиты, палеозоя Волго-Уральской и Воронежской антеклиз. Эти структуры более многочисленны, глубина их заложения обычно не превышает 5-7 км, в связи с чем они могут представлять особый поисковый интерес. Все они четко обособляются на фоне окружающей территории особенностями фототона (его густотой), наличием четких и хорошо различимых спрямленных, дугообразных и замкнуто-концентрических линеаментов, особым рисунком фотоизображения (фотопортретом).

Многие из отдешифрированных фотоаномалий достаточно точно совпадают с известными по геолого-геофизическим данным поднятиями платформенного чехла. Целый ряд выявленных кольцевых структур показывается впервые по аналогии фотооблика с известными поднятиями (рис.19, вкл.).

Наибольшее количество таких структур выделяется в пределах бортовых зон Прикаспийской впадины и прилегающих участков Русской плиты. Форма поднятий преимущественно овальная или округлая, размеры от 20 до 150 км. Преобладающие размеры поднятий 50-70 км. В структурном отношении многие поднятия являются приразломными (особенно на северном борту впадины) либо осложняют отдельные тектонические блоки (восточная прибортовая зона Прикаспийской впадины, вал Карпинского, Бузачи, Устюрт).

Впервые выделены участки фотоаномалий во внутренних районах Прикаспийской впадины, которые, вероятно всего, являются отражением в рельефе унаследованного развития аналогичных структур в подсолевых отложениях. Следует отметить, что отсутствие последних на существующих многочисленных и достаточно разноречивых схемах строения подсолевого ложа впадиной связано, как отмечалось выше, с недостаточным разрешением сейсмических методов, малыми

амплитудами поднятий, часто не выходящими за пределы точности метода, неоднозначной интерпретацией материалов.

В правобережной части дельты р. Урала выделяются две структуры, одна из которых, как показали исследования, соответствует Новобогатинскому подсолевому поднятию [27]. Расположенная юго-западнее фотоаномалия по своему облику ничем не отличается от изображения Новобогатинского поднятия и поэтому может также рассматриваться как положительная подсолевая структура. Ее юго-восточное окончание осложнено зоной разломов и, видимо, опущено в пределы прибрежной зоны Каспия.

К северо-востоку от г. Гурьева в районе соляного купола Доссор очень отчетливо выделяется эллипсоидная структура, характеризующаяся осветленным фототонном и струйчато-дугообразным рисунком оконтуривающих ее линеаментов. Подтверждением Доссорской кольцевой структуры являются замкнутые гравитационные и магнитная аномалии аналогичной овальной формы. Севернее, в районе оз. Индер, низовьев р. Уил и южнее оз. Челкар, кольцевые структуры рассматриваемого типа дешифрируются по отчетливым дугообразным линеаментам. Фототон этих участков слабо отличается от окружающего. В их пределах отмечаются локальные разрывные нарушения.

Особенно нужно подчеркнуть надежность дешифрирования структур третьего типа в прибортовых зонах Прикаспийской впадины. В силу относительно более глубокого эрозионного среза на этих участках и развития структурно-денудационных отпрепарированных форм рельефа на космфотоматериалах отчетливо различаются дуговидные, полужамкнутые и срезанные зонами разломов, замкнутые и овальные кольцевые формы. Их структурная приуроченность к системам разломов позволяет предположить, что они генетически связаны с последними.

По концентрически расположенным грядам рельефа, аномальным изгибам русел крупных рек, водотоков и мелкой эрозионной сети, закономерному расположению цепочек озерных понижений, отличительным особенностям фототона достаточно четко вырисовывается Оренбургское, Уральское, Чеганское и другие поднятия (см. рис. 19). Они осложнены региональными и локальными разломами, которые дешифрируются в виде протяженных линеаментов, срезающих или смещающих концентрические линеаменты. Так, например, через центральную часть Оренбургского поднятия дешифрируется разлом, совпадающий со спрямленным отрезком русла р. Сакмары. Северная периферия поднятия также осложнена менее протяженным разломом, к которому с севера примыкает полусвод, возможно являющийся продолжением Оренбургского поднятия.

Вдоль восточной и юго-восточной прибортовых зон впадины дешифрируются Кенкиянское, Алибекмолинское, Каратюбинское, Каратонское и целая серия других поднятий. Некоторые из них еще недостаточно изучены сейсморазведкой, по другим имеются разноречивые материалы. Так, по структуре Кенкияк, где проведены большие объемы сейсмических и буровых работ, до настоящего времени нет однозначного представления о его строении и природе. По материа-

лам дешифрирования площадь Кенкияжского поднятия представляется значительно большей. С востока поднятие ограничено протяженными региональными разрывными нарушениями, а его южная и центральная части осложнены локальными нарушениями.

В районе Каратонского нефтяного месторождения выделена целая серия подсолевых кольцевых структур по данным дешифрирования КФС. При этом отчетливо дешифрируются разрывные нарушения, разделяющие отдельные структуры (см. рис. 19). Серии региональных и локальных разломов осложняют большинство подсолевых структур, выделенных по данным космической съемки в этой части Прикаспийской впадины.

Ненарушенными или слабо нарушенными представляются структуры платформенного чехла Туранской и Предкавказской плит. Лишь часть из них, в Северном Приаралье, так же как и в прибортовых зонах впадины, видимо, генетически связана с крупными региональными разломами.

Бузачинская кольцевая структура на космофотоматериалах отчетливо дешифрируется в виде крупной овальной фотоаномалии протяженностью в широтном направлении до 90 км. Она резко выделяется по осветленному фототону и четким дугообразным линейаментам. В пределах структуры уверенно различаются разрывные нарушения субмеридионального, северо-восточного и северо-западного простираний, а также несколько структур более высокого ранга и целый ряд локальных брахиформных складок.

Ставропольская кольцевая структура на космических снимках выделяется также более светлым фототонном и оконтуривается отчетливыми линейаментами с севера, востока и юго-востока. Юго-западное обрамление структуры выражено на КФС слабо. Поднятие имеет округлую форму диаметром около 170 км и характеризуется положительными значениями аномалий магнитного поля полузамкнутого контура. На севере оно примыкает к Маньчжской системе региональных разрывных нарушений, на востоке ограничивается зоной разломов, простирающейся вдоль восточного уступа Ергеней.

Разломом север-северо-восточного направления Ставропольское поднятие делится на две части, из которых, судя по степени дешифрируемости и отчетливой выраженности в рельефе, западная более приподнятая. В пределах восточной части различаются два участка овальной формы: северный и южный, диаметрами соответственно 50 и 37 км. Эти участки, по-видимому, намечают положение структур более высокого ранга (или вершин), осложняющих восточную половину Ставропольского сводового поднятия.

В целом отдешифрированная фотоаномалия совпадает с участком, показанным на карте рельефа фундамента Восточно-Европейской платформы как Ставропольский выступ [36]. В его пределах изогипсы поверхности гершинского фундамента также простираются с юго-юго-запада на север-северо-восток, образуя замкнутый контур, близкий к овалу.

Карабогазская кольцевая структура по космофотоматериалам имеет почти правильную округлую форму диаметром около 130 км. Боль-

шая ее часть скрыта под водами Кара-Богаз-Гола. Южная периферия структуры отличается от соседних участков более светлым фототонном и наличием дугообразных линейментов. Здесь по четко дешифрирующимся линиям прямолинейных очертаний южного побережья залива уверенно намечается серия локальных разрывных нарушений северо-западного и субширотного простираний. Остальные контуры Карабогазской структуры выражены менее ясно на фотоматериалах.

На тектонической карте [40] это поднятие выделяется по изогипсам поверхности герцинского фундамента, которые оконтуривают Карабогазский свод сердцевидной формы, отличающийся по своей конфигурации от выявленной фотоаномалии. Аномальное магнитное поле в пределах этой структуры имеет значения, близкие к нулевым, а окраинные участки поднятия подчеркиваются узкими полосовыми отрицательными и положительными аномалиями.

Центрально-Каракумская кольцевая структура расположена в пределах тектонического блока, ограниченного зонами разрывных нарушений северо-западного (Мангышлакского) и субмеридионального (Уральского) направлений. На космических фотоматериалах она дешифрируется наименее уверенно по несколько более темному фототону и слабо заметным дугообразным линейментам. В пределах рассматриваемой территории различается лишь северная половина структуры полуовальной формы и протяженностью в широтном сечении около 170 км. Внутри ее дешифрируются многочисленные локальные разрывные нарушения и брахискладки.

На тектонической карте Казахской ССР площади фотоаномалии соответствует Центрально-Каракумский свод, имеющий овальную форму на севере и резко сужающийся к югу. Значения аномального магнитного поля центральной части поднятия близки к нулю; периферийная часть его оконтуривается узким кольцом положительных магнитных аномалий.

Кольцевые структуры самого высокого ранга представлены либо соляными куполами в Прикаспийской впадине, либо брахиформными структурами платформенного чехла эпигерцинской Туранской плиты.

На уровне региональных исследований структурно-тектонические схемы, составленные на основе аэрокосмической информации, могут использоваться для уточнения направлений и планирования нефтегазопроисковых объектов. Таким образом, рассмотрение результатов дешифрирования космических фотоматериалов по Прикаспийской впадине и прилегающим районам позволяет во многом по-новому представлять себе структурные особенности нефтегазонасного региона, выявлять ранее неизвестные черты его строения. В этом смысле космические съемки являются новым оригинальным видом дистанционных исследований, несущим только им свойственную информацию. Фотографирование земной поверхности из космоса позволяет изучать на снимках такие структурно-геологические особенности территории, которые не улавливаются обычными традиционными методами наземных наблюдений и, как правило, остаются невыясненными.

Приведенные данные, несомненно, требуют дальнейшей проверки и детализации, однако уже сейчас определение направлений и плани-

рование поисково-разведочных работ на нефть и газ в пределах Арало-Каспийского региона должны осуществляться с учетом имеющейся космической информации. При этом для районов с большой плотностью буровых скважин и сейсмических профилей (северная и восточная прибортовые зоны Прикаспийской впадины, Нижнее Поволжье) целесообразно провести комплексную оценку уже имеющихся структурных карт по подсольевым отложениям с учетом данных дешифрирования космических материалов. Это позволит более уверенно опрелелить контуры структур и рациональнее использовать объемы сейсморазведки и бурения.

Для районов, где намечается проведение сейсморазведочных работ в начальный этап изучения палеозойского структурного плана, крайне важно использовать результаты дешифрирования КФС, что, несомненно, поможет более правильному оптимальному выбору направлений сейсмических профилей.

КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБЗОРНО-РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНАХ

Привлечение аэрокосмической информации для анализа структуры нефтегазоносных провинций и бассейнов характеризует собой качественно новый этап геологического изучения территорий.

Методологической основой такого анализа может служить космофотогеологическое картографирование, предусматривающее одно-временное изучение крупных регионов площадью до сотен тысяч километров. Создаваемые на основе космофотогеологического картографирования региональные тектонические карты (космофотогеологические, космофототектонические и др.) являются научным обобщением всего комплекса геолого-геофизической и аэрокосмической информации, проведенным на современном уровне. Региональные карты затем могут использоваться как составные части сводной тематической карты юга СССР масштаба 1:2 500 000, выполненной на единой космофото- и картографической основе.

Методически комплекс исследований по составлению с помощью космофотогеологического картографирования тематической карты нефтегазоносных бассейнов юга СССР должен включать следующие этапы (виды) работ.

1. Составление по единой методике (технические условия, легенда и т.д.) и в единой проекции космофотографических основ (макетов) на отдельные целостные регионы, например на юге СССР – Предкавказская, Туранская, Тянь-Шаньская и другие нефтегазоносные провинции. Исходным масштабом космофотографических схем должен служить масштаб 1:1 000 000, окончательным – 1:2 500 000. В принципе на отдельные, наиболее интересные и сложные по строению участки возможно составление тематических врезок более крупных масштабов.

2. Сбор, обобщение и трансформирование в масштабе космофотографических схем (т.е. 1:1 000 000 и 1:2 500 000) всей имею-

шейся геолого-геофизической информации и материалов по нефтегазоносности на отдельные области, бассейны и провинции.

3. Тематическое дешифрирование космофотографических схем в масштабе 1:1 000 000 с целью создания предварительных космофототектонических карт или карт разломной или пликативной тектоники на отдельные территории. При этом следует обратить внимание на ранг дешифрируемых разрывных нарушений, т.е. необходимо подчеркнуть размерность (классифицировать, установить порядок) выделяемых структурных элементов. При последующей работе над картой нефтегазоносных бассейнов каркас разломной и пликативной тектоники является основой выделения тектонических таксономических единиц [13, 33, 43, 50, 51].

4. Комплексные полевые аэрорекогносцировочные и опытно-методические структурно-геоморфологические исследования на эталонных (ключевых) участках, полигонах. Обзорно-региональные исследования в пределах выделенных регионов с целью полевой проверки (идентификации) и детализации дешифровочных признаков геолого-структурных объектов в различных природно-ландшафтных комплексах для уточнения перечня задач, решаемых с помощью аэрокосмической информации региональных легенд (сбор всех новых сейсмических материалов, данных глубокого бурения и т.д.).

Представляется целесообразным в пределах каждого из регионов, объединяющих обычно несколько нефтегазоносных провинций, бассейнов, областей, районов или зон нефтегазоаккумуляций, отработать эталонные профили, обеспеченные полным комплексом геолого-геофизических и других видов исследований (например, точное нивелирование, геотермика, геохимия и т.п.) практически на всю мощность земной коры. Наличие таких эталонных профилей позволит проводить качественную оценку достоверности результатов использования аэрокосмической информации для расшифровки и изучения глубинной структуры нефтегазоносных территорий и решения нефтегазопоисковых задач.

5. Тематическое (структурно-геологическое) дешифрирование с использованием предварительных макетов схем масштаба 1:1 000 000 с целью составления аэрокосмической основы (основного "каркаса") региональных карт разломной и пликативной тектоники в масштабе 1:2 500 000 по единой унифицированной легенде и ее сопоставление с геолого-геофизическими данными.

6. Изучение возможностей и разработка в соответствии со ступенями генерализации (по разномасштабным аэрокосмическим фотоматериалам) классификации разрывных нарушений в пределах нефтегазоносных провинций, бассейнов и зон нефтегазоаккумуляции. Кроме фотоаномалий линейной формы, линеаментов и их зон, при дешифрировании обычно выделяют многочисленные фотоаномалии дугообразной, овальной, кольцевой (от неправильной до полигональной) формы. Большинство из них, несомненно, отвечает системам кольцевых и дугообразных нарушений. По-видимому, необходимы классификация по уровням генерализации космофотоаномалий и разделение фотоаномалий, имеющих разрывную и пликативную природу.

7. Проведение неотектонического и тектонического районирования по регионам и внутри последних и сопоставление с имеющимися тектоническими картами. Затем районирование всей территории юга СССР с установлением или уточнением границ геолого-структурных областей и их элементов. В пределах региональных карт устанавливаются неотектоническая и тектоническая зональность, относительно приподнятые и опущенные зоны, участки, отдельные локальные структуры; тектонически активные зоны и другие элементы, выявленные в результате дешифрирования аэрокосмических материалов и анализа неотектонических регионов.

Неотектоническое районирование вызывает необходимость исследований по определению тенденций и амплитуд вертикальных движений. Предшествующий анализ аэрокосмических материалов дает каркас прежде всего неотектонических структур разных порядков. Классификация последних ведется прежде всего по их размерам и направленности вертикальных движений. Для анализа знака движения и хотя бы качественной величины необходимо иметь следующие параметры: распределение мощности и возраста чехла рыхлых кайнозойских отложений, характер современной гипсометрии поверхности Земли исследуемого района и мощность денудационного среза за неотектонический этап [21].

Мощность и возраст кайнозойских отложений определяется с помощью прямых геологических исследований. Современную гипсометрию отражают топографические карты. Мощность денудационного среза эмпирически вычисляется многими способами, сущность которых сводится к вычислению степени расчлененности поверхности.

На этапе неотектонического районирования с целью будущего использования для определения перспектив нефтегазоаккумуляции необходим анализ современных (голоценовых) вертикальных движений. Для этого направления исследований необходим качественный анализ аэрокосмического материала с использованием ландшафтного метода дешифрирования [3, 6, 25, 37-39].

8. Тектоническое районирование проводится на основе интерпретации аэро- и космофотографической информации с использованием имеющихся на регионы всех геолого-геофизических материалов, таких, как геологические, тектонические, структурные карты и схемы, геофизические карты по различным горизонтам в земной коре. При этом желательно использование наиболее современных (последних по времени составления) геологических и геофизических материалов, выполненных в той же картографической проекции и близких масштабах, что и космофотоматериалы.

Имеющийся опыт работы над космофототектонической картой Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 500 000 показывает, что при интерпретации фотоаномалий линейной и замкнутой формы целесообразно их разделение на известные по геолого-геофизическим данным и предполагаемые по фотоизображению. Это позволит определить степень дешифрируемости отдельных участков и регионов в целом и в случае необходимости привлечь дополнительный (более крупномасштабный) аэрокосмический материал.

Важным этапом при тектоническом районировании в пределах региональных карт является классификация по уровням генерализации (на аэрокосмических материалах обзорных и региональных масштабов линеаментов и кольцевых фотоаномалий. При этом возможно использование телевизионных космических материалов (сканерных и кадровых) масштаба до 1:8000 000 и увеличенных.

И, наконец, тектоническое районирование должно включать таксономическое разделение территорий на ранги, которые затем могли бы сопоставляться с известными элементами нефтегазогеологического районирования.

9. Составление пояснительной записки (объемом не более 1 печатного листа) к аэрокосмической основе с обобщенной и ранжированной характеристикой всех структурных элементов, получивших отражение на карте, обоснование степени надежности и достоверности их выделения по комплексу всех данных. Прогнозная оценка всей территории и отдельных нефтегазоносных провинций, бассейнов, областей, районов, зон нефтегазоаккумуляции и их частей. Определение основных направлений и выделения перспективных территорий, благоприятных для формирования скопления нефти и газа.

10. Подготовка и составление рекомендаций по перспективным бассейнам, зонам и объектам с целью постановки дальнейших детализационных геолого-геофизических исследований и первоочередных нефтегазопромысловых работ.

11. Оценка эффективности и, в частности, экономической от применения аэрокосмической информации для решения отраслевых задач и практических вопросов совершенствования поисково-разведочных работ на нефть и газ. Уточнение места аэрокосмических исследований и его комплексирование с традиционными методами при нефтегазопромысловых работах.

Глава IV

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ¹

Дальнейшее развитие и повышение эффективности геолого-разведочных работ, и особенно поисков нефти и газа, является одной из важнейших задач, поставленных XXV съездом КПСС. Скорейшее внедрение в практику нефтепоисковых работ аэрокосмических методов (дистанционного зондирования) и оперативное применение этой информации повысят надежность прогноза и выявления перспективных земель, во много раз сократят сроки подготовки и введения

¹ В составлении главы принимали участие кандидаты геол.-минерал. наук Л.Ф. Волчегурский и В.В. Козлов.

локальных структур в поисково-разведочное бурение и, несомненно, дадут ощутимый экономический эффект. Во многих работах показаны большие возможности и высокие перспективы использования космических методов при геологических исследованиях [1-2, 8-9, 13-18, 29, 53].

Вопросы повышения экономической эффективности нефтегазописковых работ, расходы на которые сегодня составляют около половины затрат на геологоразведочные исследования вообще, приобретают еще большую остроту и значение при переходе в ближайшие пятилетия к поискам и разведке нефти и газа в новых руднодоступных и неосвоенных районах, на больших глубинах, в сложных сейсмогеологических условиях.

Проведение региональных исследований с применением космических методов в пределах нефтегазоносных провинций и бассейнов в настоящее время весьма актуально и диктуется рядом причин. Во-первых, значительностью размеров территорий (до сотен тысяч и миллионов квадратных километров) — от обширных труднодоступных районов до центров с развитой нефтедобычей. Во-вторых, большая часть освоенных земель характеризуется достаточно хорошей геолого-геофизической изученностью, в связи с чем дальнейший прирост информации о геологическом строении их только за счет традиционных методов незначителен и связан с резким повышением густоты и детальности наблюдений, что крайне повышает затраты на поисково-разведочные работы. В обоих случаях использование космических материалов, характеризующихся большой обзорностью и генерализацией изображения естественных объектов, позволяет выявить общие, самые существенные закономерности геологического строения нефтегазоносных территорий. При этом более целенаправленно намечаются районы поисковых работ первой очереди, по-новому осмысливаются имеющиеся структурные построения, основанные на традиционных геолого-геофизических методах. В этом плане преимущество космических снимков по сравнению с аэрофотоснимками несомненно. К тому же съемка с космических носителей более оперативна, может многократно повторяться, она дешевле, чем аэрофотосъемка. Например, по американским источникам, стоимость аэрофотосъемки 1 км² колеблется от 0,17 до 10,5 долларов, в то время как космофотосъемка этой же площади составляет всего от 0,12 до 2,9 доллара при значительном ускорении и упрощении самого процесса [2, 23].

Внедрение тех или иных методов исследований, обусловленных научно-техническим прогрессом, оценивается по эффективности, получаемой в науке и особенно в народном хозяйстве. Однако от космических методов, по мнению Б.В. Виноградова, "еще нельзя требовать всех форм эффективности, поскольку виды информации, получаемые учеными и практиками, еще несовершенны" [15, с. 143]. При этом следует иметь в виду, что сложность оценки эффективности от применения космических методов заключается также и в многообразии видов съемок, проводившихся в большинстве случаев синхронно, и, главное, в их многоцелевом назначении.

В настоящее время наиболее трудно определить экономическую эффективность от применения космических методов в области геологии и поисково-разведочных работ, так как часто невозможно установить конкретные или абсолютные размеры ее народно-хозяйственной полезности. Расчет эффективности от применения космических методов при региональных геологических и поисково-разведочных работах не всегда прост и однозначен. Прежде всего это объясняется новизной дистанционных методов, которые еще не заняли должного места в практике геологоразведочных работ, а критерии выделения структурных объектов для них с помощью космической информации также находятся в стадии разработки.

Тем не менее в настоящее время, по подсчетам американских специалистов, геологи потребляют примерно половину всей используемой космической информации о природных ресурсах Земли [50].

Предполагается, что эта тенденция сохранится и в дальнейшем. В связи с разработкой космических программ в США были выполнены расчеты экономической эффективности применительно к вопросам изучения природных ресурсов. При этом отмечалась большая сложность их проведения, так как основной эффект заключается не в сокращении затрат на геологические исследования, а в повышении вероятности открытия новых источников минерального сырья с использованием средств космической техники.

Хотя приводимые расчеты в различных работах неодинаковы, они показывают высокую эффективность космических методов. Ожидаемые ежегодные выгоды от средств дистанционного зондирования в области изучения минеральных, в том числе водных, ресурсов в глобальном масштабе оцениваются первоначально в 620, а в перспективе — до 6000 млн. долларов [23]. Для США они составляют соответственно 170 и 2500 млн. долларов [2, 23]. При этом значительная часть экономического эффекта связана с повышением изученности нефтегазоносных регионов и ускорения открытия новых месторождений нефти и газа. По данным американских специалистов, затраты на запуск одного автоматического искусственного спутника Земли сопоставимы со стоимостью проходки глубокой буровой скважины [2, 23].

Проблема оценки экономической эффективности космических методов в геологических исследованиях рассматривалась также Я.Г.Кацем с соавторами [30], которые наметили глобальный, или общенациональный, критерий эффективности, связанный с развитием народного хозяйства в целом, и локальный, направленный на решение конкретных геологических задач.

Последний критерий определяется путем сопоставления затрат при исследованиях только традиционными методами и с использованием космических средств.

По-видимому, основными критериями эффективности применения космической информации при отраслевом дешифрировании и составлении сводных, обзорных и региональных тематических карт в общем виде могут служить научный, методический и экономический, или практический критерии [13, 14, 15]. Рассмотрим подробнее содер-

жание каждого из них применительно к региональным исследованиям в нефтегазоносных областях.

Научная эффективность, или научная новизна, является долговременным критерием, составляющим лишь часть эффективности космических методов в целом. Это принципиально новые научные факты или явления, которые ранее не были или не могли быть известны из-за применения только традиционных геолого-геофизических методов изучения нефтегазоносных территорий. Такого рода научные факты и сведения в настоящее время невозможно получить никакими другими соответствующими аэро- или наземными методами исследований. Возможность получения этих данных космическими методами обусловлена исключительно особенностями информации, поставляемой с помощью одноименных систем. Это прежде всего большая обзорность и естественная площадная или территориальная мелкомасштабная оптическая генерализация природных геолого-структурных объектов.

К категории новых научных факторов при космофототектоническом картографировании могут относиться: установление на основе дешифрирования аэрокосмических материалов новых и уточнение известных границ нефтегазоносных провинций, бассейнов, областей, районов и зон нефтегазоаккумуляции; классификация по уровням генерализации (многоступенчатая и разномасштабная) разрывных нарушений; выявление и возможности ранжированной классификации овальных, кольцевых и структур неправильной формы и различного размера; установление структурных элементов, контролирующих размещение скоплений нефти и газа и др.

Сейчас уже имеются многочисленные примеры выявления структур, перспективных с точки зрения поисков залежей нефти и газа на основе использования космических методов.

Научный эффект нередко выражается в приросте информации, используемой опять же для внутринаучного потребления, как основы для последующих теоретических и прикладных разработок и т.п. Например, научная эффективность аэрокосмических исследований в нефтегазоносных провинциях и бассейнах может являться основой для осуществления ближайшего и долгосрочного прогнозирования, определения основных направлений и планирования очередности геолого-разведочных работ на текущее пятилетие и в перспективе.

Например, при составлении космофототектонической карты Арало-Каспийского региона в масштабе 1:2 500 000 в пределах закрытых, глубоко погруженных частей нефтегазоносных территорий было установлено широкое развитие кольцевых структур различного ранга.

Часть из них совпала с поднятиями, известными по геолого-геофизическим данным в подсолевом комплексе Прикаспийской впадины, особенно Доссорская, Каратонская, Кенкиякская и многие другие. Таким образом, при определении основных направлений нефтегазопроисхождения работ в этой провинции подобные структуры могут быть выделены в качестве перспективных.

Методическая эффективность сказывается прежде всего на повышении достоверности и детальности исследований в пределах неф-

тегазоносных территорий, что существенно влияет на повышение качества региональных тематических карт (геологических, структурно-тектонических, нефтегазогеологического районирования, палеогеоморфологических, перспективных и многих др.) и не определяет значительное снижение уровня элементов субъективности при их составлении. При этом в процессе дешифрирования и интерпретации его результатов в виде тематических карт различного содержания и назначения используются как дедуктивный, так и индуктивный методы [8, 9, 22, 29, 43].

Представляется важным и методологически наиболее эффективным при использовании материалов аэрокосмических съемок применение принципа исследований "от общего к частному". Этот метод является наиболее законченным и диалектическим, когда явление сначала рассматривается в целом (как естественно генерализованная целостная модель местности), а затем целенаправленно изучаются отдельные части и элементы, составляющие данный феномен. Иными словами, уже на начальных этапах разработки появляется возможность выделить главные проблемы, подлежащие более детальному всестороннему изучению и анализу, которые образует основу предстоящего исследования.

Применительно к космофотогеологическому картированию такая методика работ заключается в составлении (обычно в предполетной этап) предварительных макетов тематических карт и легенд к ним по материалам ранее выполненных или неспециализированных аэрокосмических съемок. Затем проводится их сопоставление с имеющимися геолого-геофизическими материалами. Все это позволяет более углубленно и направленно проводить на эталонных (тестовых, ключевых) участках и полигонах опытно-методические и по всей территории — обзорно-региональные полевые исследования.

Значительная детальность изучения нефтегазоносных провинций и бассейнов с применением космической информации обуславливается более высокой степенью разрешения съемочной аппаратуры и вертикальной мелкомасштабной оптической генерализацией природных геолого-структурных объектов. При этом используемая космическая информация характеризуется количественными и качественными параметрами.

Резкое увеличение количества информации об исследуемых объектах обеспечивается, во-первых, одновременным широким использованием различных модификаций (типов) космических систем (фотографической, спектрометрической, телевизионной, инфракрасной и других нефотографических систем); во-вторых, принципиальной возможностью периодического или многократного повторения космических съемок через определенные интервалы времени (витки, дни, недели и т.п.). Все это позволяет вести комплексное изучение всех видов природных объектов (ландшафтных, геологических, морфоструктурных и др.).

Качественное улучшение характера космической информации связано с высокой разрешающей способностью космическостъемочных систем, с применением более совершенных видов съемок и фотогра-

фических материалов (черно-белых, цветных, спектрзональных и т.п.), а также особенностями их фотолабораторной обработки и оптико-электронного преобразования, что позволяет вести всестороннее исследование изображений объектов.

Обычно научно-методические исследования в области нефтегазо-поисковых работ несут значительную степень неопределенности и нередко имеют неоднозначный результат (теории, методики, поисковые критерии, карты, и т.д.). Поэтому определение экономического эффекта, или эффективности, и точность его количественного расчета во многом зависят от стадии выполнения разработки (прогнозирование, планирование или внедрение).

В отличие от двух категорий, рассмотренных выше, *экономическая эффективность* от применения космической информации многообразна, наиболее сложна и трудна для подсчета. Например, по данным зарубежных, в основном американских, источников, расчет потенциальной годовой эффективности (прибыли) в области геологии и поисково-разведочных работ при использовании спутниковой информации ведется сразу по нескольким разделам: ускорение и упрощение поисков и разведки залежей углеводородов, увеличение эффективности бурения на нефть и газ за счет сокращения числа пустых скважин; выявление признаков-индикаторов месторождений и, наконец, составление карт масштаба 1:2 500 000 и крупнее [2, 30].

По-видимому, одним из возможных видов или методов определения экономической эффективности может являться сравнительная оценка затрат на производство региональных работ или подготовку поисковых объектов на основе только традиционных методов и с помощью космической информации.

Быстрейшее внедрение космических методов в практику нефтегазопоисковых работ будет, несомненно, способствовать значительному повышению их эффективности и успешному решению задач по дальнейшему увеличению добычи нефти и газа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная оценка возможностей аэрокосмических методов при поисках месторождений нефти и газа свидетельствует о больших перспективах использования этих материалов для получения принципиально новых сведений о геологическом строении нефтегазоносных территорий. Комплексный анализ данных дистанционного зондирования с традиционными геолого-геофизическими увеличивает геологическую информативность на всех этапах проведения исследований при поисках нефтегазоперспективных структур.

Выполненная оценка возможностей применения материалов неспециализированных космических съемок на трех эталонных участках (Каратонском, Прорвинском и Северо-Бузачинском) показала, что аэро- и космическая информация значительно расширяет границы изучения глубинного строения нефтегазоносных территорий. Аэро- и космические материалы позволяют изучать площади, недоступные по природным и сложным геолого-сейсмическим условиям для традиционных геолого-геофизических методов.

Проведенные на опытных участках в Прикаспийской впадине опытно-методические исследования расширили представления о дешифровочных особенностях космических снимков, выявили зависимость фототона снимков от характера изменений ландшафтных природно-территориальных комплексов (рельефа, растительности, грунта и т.д.), показали его обусловленность изменениями гравитационного поля и особенностями глубинного строения. При решении обратной задачи намечены основные пути исследования глубинного строения Арало-Каспийского региона.

Обзорно-региональные исследования в Прикаспийской впадине, основанные на результатах опытно-методических работ, позволили получить характеристики особенностей дешифрирования региональных геологических компонентов на космических снимках. Результатом работ являются две карты: структурно-тектоническая схема целевого экспериментального полигона и космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона.

Космофототектоническая карта, выполненная на фотооснове, впервые показывает возможность использования космической информации для геологических построений на обширнейшую территорию в обзорно-региональном масштабе. При дешифрировании фотоосновы были установлены основные черты ее глубинной структуры, контуры главнейших тектонических элементов и наиболее протяженные системы разломов.

Использование увеличенных КФС позволило детализировать геологическое строение отдельных частей региона вплоть до выделения разрывных нарушений, связанных с формированием локальных поднятий.

Проведенное обобщение отечественного и зарубежного опыта аэро- и космогеологических исследований при поисках нефти и газа показывает, что региональные исследования с применением космических методов в пределах нефтегазоносных территорий в настоящее время актуальны и диктуются рядом причин. Это, во-первых, значительность охватываемых этими исследованиями территорий, включающих как обширные труднодоступные площади, так и районы, промышленно освоенные. Во-вторых, поскольку большая часть освоенных территорий имеет достаточно хорошую геолого-геофизическую изученность, дальнейший прирост информации о геологическом строении только за счет традиционных методов незначителен и связан с резким повышением густоты и детальности наблюдений, что крайне удорожает поисково-разведочные работы. В обоих случаях использование космических материалов, характеризующихся большой обзорностью, генерализацией изображения естественных объектов, позволяет на различных стадиях работ выявлять существенные особенности геологического строения нефтегазоносных территорий.

Результаты выполненных исследований позволили создать основу методических рекомендаций по проведению исследований с целью составления тематических космофотокарт обзорно-регионального характера. Методической основой анализа структуры нефтегазоносных территорий может служить космофотогеологическое картографирование. Создаваемые на его основе КФГК, региональные тематические карты являются научным обобщением комплекса геолого-геофизической и аэрокосмической информации.

Краткие методические рекомендации по проведению обзорно-региональных исследований для составления аэрокосмических основных карт нефтегазоносных бассейнов сопровождаются проектом легенды для космофототектонической карты Казахстана, Средней Азии и Предкавказья масштаба 1:2 500 000.

Новые методы (космофотогеологическое картографирование) при исследованиях нефтегазоносных территорий раскрывают большие возможности получения принципиально новых сведений об их геологическом строении. Сочетание различных дистанционных методов с геолого-геофизическими целесообразно на всех этапах проведения региональных и детальных работ.

В поисковый этап исследования на его региональной стадии интерпретация космической информации позволяет составить представление об общих чертах структурного плана территории, об осложненности его разломами.

На стадии подготовки площадей выделенные в результате дешифрирования космических снимков линейменты и различного типа кольцевые структуры и выявленные разрывные нарушения в комплексе с данными сейсморазведки способствуют изучению глубинного строения поднятий, подготовке их к поисковому бурению.

Таким образом, комплексное использование геологических, геофизических и космических методов имеет большое значение для развития теории и практики поисково-разведочных работ на нефть и газ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрикосов И.Х., Гридин В.И., Кожевников И.И. Опыт использования аэрогеологических методов при нефтегазопысковых работах: (На примере Припятской впадины). М.: ВНИИОЭНГ, 1974.
2. Абрикосов И.Х., Гридин В.И., Кожевников И.И. Применение аэро- и космических исследований при поисках месторождений нефти и газа за рубежом: (Обзор зарубежной литературы). М.: ВНИИОЭНГ, 1975. (Сер. нефтегаз. геология и геофизика).
3. Абросимов И.К., Богородский С.М., Востокова Е.А. Ландшафтные взаимосвязи и их использование при дешифрировании материалов аэро- и космических съемок при изучении глубинного строения западной части Туранской плиты. - В кн.: Исследование природной среды космическими средствами: Геология и геоморфология. М., 1974, т. 2.
4. Авров В.П. Структурные предпосылки для образования зон нефтегазонакопления в подсолевых отложениях юго-востока Прикаспийской впадины. - В кн.: Тектоника Восточно-Европейской платформы и ее обрамления. М.: Наука, 1975.
5. Алексин А.Г., Соколин Х.Г., Кожевников И.И. и др. Геологические предпосылки и основные направления региональных и нефтегазопысковых работ в юго-восточной части Прикаспийской впадины. - В кн.: Проблемы геологии нефти. М.: Недра, 1974. (Тр. ИГиРГИ; Вып. 4).
6. Аристархова Л.Б. Дешифрирование региональных линейных морфоструктур Прикаспийской впадины на орбитальных снимках. - Вестн. МГУ. Сер. 5, География, 1974, № 2.
7. Артамонов М.А., Богородский С.М. Особенности проявления локальных поднятий и региональных разломов плато Устюрт и Мангышлака на высотных аэро- и космических снимках. - Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 12.
8. Башилова И.И., Еремин В.К., Махин Г.В. Некоторые результаты применения телевизионных изображений Земли, переданных из ближнего космоса, для изучения региональных геологических структур. - Сов. геология, 1972, № 1.
9. Башилова И.И., Еремин В.К., Махин Г.В. Исследование космических телевизионных снимков - тектонического районирования. - Изв. вузов. Геол. и разв., 1973, № 7.
10. Богданов А.А. О термине "структурный этаж": (В связи с составлением международной тектонической карты Европы масштаба 1:2500000). - Бюл. МОИП. Отд. геол., 1963, т. 38, вып. 1.
11. Богородский С.М., Соловьева Л.И. Анализ геологической структуры Мангышлак-Устюртского региона по материалам разномасштабных аэро- и космических съемок. - В кн.: Исследование природной среды космическими средствами: Геология и геоморфология М.: Наука, 1976, т. 5.
12. Богородский С.М., Соловьева Л.И. Возможности интерпретации по космическим снимкам структур, перспективных на нефть и газ: (На примере Устюрта и Ферганы). - В кн.: Использование информации, получаемой из космоса, для решения геологических задач, М.: Мысль, 1976.

13. Брюханов В.Н., Ромашов А.А. Космофотогологическое картографирование. – Изв. вузов. Геол. и разв., 1977, № 8.
14. Брюханов В.Н., Еремин В.К., Можаяев Б.Н. Космические съемки в геологии. – Сов. геол., 1977, № 11.
15. Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды. М.: Мысль, 1976.
16. Волчегурский Л.Ф., Козлов В.В., Ромашов А.А. Использование космических снимков для изучения глубинных структур земной коры нефтегазоносных областей. Статья 2. Региональные кольцевые структуры: (На примере Арало-Каспийского региона). – Изв. вузов. Геол. и разв., 1978, № 4.
17. Волчегурский Л.Ф., Воробьев В.Т., Галактионов А.В. и др. Использование космических снимков для изучения глубинных структур земной коры нефтегазоносных областей. Статья 1. Глубинная структура и неотектоника Северного Прикаспия. – Изв. вузов. Геол. и разв., 1977, № 10.
18. Волчегурский Л.Ф., Воробьев В.Т., Галактионов А.В. и др. Космофотогологическое картографирование – новый вид изучения структуры земной коры нефтегазоносных бассейнов. – В кн.: Проблемы геологии нефти: Глубинная структура и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: ИГиРГИ, 1977, вып. 15.
19. Волчегурский Л.Ф., Воробьев В.Т., Галактионов А.В. и др. Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 500 000: Объясн. зап. к космофототектонической карте. М.: ГУГК, 1978.
20. Ганкевич А.В. Космические методы и средства для исследования природных ресурсов. Земли. – Итоги науки и техники: Ракетостроение, 1974, т. 4.
21. Воробьев В.Т. Определение денудационного среза Прибайкалья и Забайкалья за неотектонический этап. – Вестн. МГУ. Сер. 5, География, 1974, № 4.
22. Гендлер В.Е., Канфельд О.М., Козицкая М.Т. и др. Некоторые результаты работ по геологическому дешифрированию фотоснимков, сделанных с пилотируемых космических кораблей. – В кн.: Исследование природной среды космическими средствами: Геология и геоморфология. М.: 1973, т. 3.
23. Гонин Г.Б. Технические средства геологического изучения Земли из космоса. – В кн.: Обзор. Общая и региональная геология, геологическое картирование М.: ВИЭМС, 1976.
24. Горный В.И., Шилин Б.В. Состояние и перспективы развития новых методов дистанционного изучения окружающей среды: (Обзор материалов VII симпозиума по проблемам изучения окружающей среды, Мичиган, США). – В кн.: Общая и региональная геология, геологическое картирование. М.: ВИЭМС, 1974.
25. Григорьев А.А. Космическая индикация ландшафтов Земли. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975.
26. Дикинштейн Г.Х., Шебуева И.Н., Бархатная И.Н. О крупном перерыве на границе юрского и мелового периодов в Центральных Каракумах. – Геология нефти и газа, 1964, № 5.
27. Замаренов А.К. Основные черты строения фундамента восточной окраины Прикаспийской впадины. – Геотектоника, 1973, № 6.
28. Зубов И.П., Кунин Н.Я., Волож Ю.А. и др. Новые данные о строении Прикаспийской впадины в связи с оценкой перспектив ее нефтегазоносности. – Сов. геол., 1972.
29. Кац Я.Г., Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. Геологические исследования

из космоса. — В кн.: Обзор. Общая и региональная геология, геологическое картирование. М.: ВИЭМС, 1975.

30. Кац Я.Г., Курдинский О.Б., Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. К проблеме оценки экономической эффективности космических методов исследований в геологии. — Изв. вузов. Геол. и разв., 1976, № 5.
31. Кирюхин Л.Г., Чакабаев С.Е., Галактионов А.Б. и др. Тектоническая карта Прикаспийской впадины и ее обрамления. — Труды ВНИГНИ, 1978, вып. 208.
32. Кирюхин Л.Г., Капустин И.Н., Копытченко В.Н. и др. Особенности строения и развития подсолевого комплекса Прикаспийской впадины. — Труды ВНИГНИ, 1978, вып. 208.
33. Козлов В.В., Ромашов А.А., Волчегурский Л.Ф., Воробьев В.Т. Использование космических снимков для изучения глубинных структур земной коры нефтегазоносных областей. Статья 3. Линеаменты Арало-Каспийского региона, возможности их типизации и связь с разрывными нарушениями. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 6.
34. Кондратьев Н.Я. Спутники и проблема природных ресурсов Земли. М.: Знание, 1971.
35. Кравцова А.И. Космическое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1977.
36. Мирчинк М.Ф., Крылов Н.А., Летавин А.И., Маловицкий Я.П. Тектоника Предкавказья. М.: Гостоптехиздат, 1963.
37. Невяжский И.И. Ландшафтоведение и некоторые вопросы геологического дешифрирования. — В кн.: Ландшафтоведение. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
38. Невяжский И.И. Методика выявления площадей с одинаковыми условиями геологического дешифрирования. — Бюл. НТН ВИЭМС, 1964, № 59(1).
39. Невяжский И.И. Физико-геологическое районирование на основе мелкомасштабных аэропографических материалов. — В кн.: Аэрометоды исследования местности. М.: Недра, 1966.
40. Тектоническая карта Запада Средней Азии. М.: ГУГК, 1968.
41. Ромашов А.А. Сравнительный анализ локальных структур юго-востока Прикаспийской впадины в связи с особенностями глубинной тектоники. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1974, № 8.
42. Ромашов А.А. Перспективы использования и развития аэрометодов при детальном изучении закрытых нефтегазоносных территорий. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 7.
43. Ромашов А.А., Воробьев В.Т., Грибенникова Т.Г. Использование дистанционных методов для решения отраслевых задач и их эффективность при нефтегазопоисковых работах. — Тр. ИГиРГИ, 1977, вып. 15.
44. Сапожников Р.Б. Тектоническое районирование восточной части Прикаспийской впадины и южного погружения Урала по геофизическим данным. — Бюл. МОИП, Отд. геол., 1975, т. LXXX, № 1.
45. Скарятин В.Д. Об изучении разрывной тектоники по комплексу разномасштабных космоснимков Земли (метод многоступенчатой генерализации). — Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.
46. Скарятин В.Д., Атонисян С.В. Линейные и кольцевые структуры некоторых районов Евразии. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.
47. Слепакова Г.И. О продолжении Пачелмского авлакогена в Прикаспийской впадине. — Геотектоника, 1977, № 3.
48. Стасенков В.В., Аббасов И.А., Авров В.П., Фокин А.С. Перспективы поисково-разведочных работ на нефть в подсолевом комплексе

- отложений Эмбенского нефтедобывающего района. - Нефтегаз. геология и геофизика, 1974, № 11.
49. Трифонов В.Г. О разработке методики геологического дешифрирования космических изображений Земли. - Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.
 50. Трифонов В.Г., Макаров В.И., Деревенко О.С. и др. Геологическое изучение Земли из космоса. М.: Наука, 1978. (Тр./ГИН АН СССР; Вып. 317).
 51. Флоренский Т.В. Дешифрирование глубинной структуры и локальных поднятий по космическим снимкам Туранской плиты. - Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 7.
 52. Флоренский П.В., Петренко А.С., Шорин-Константинов В.П., Ведешин Л.А. Место космического изображения при комплексной обработке геолого-геофизической информации для изучения глубинного строения Нижнего Поволжья. - В кн.: Исследование природной среды космическими средствами: Геология и геоморфология. М., 1976, т. 5.
 53. Хаин В.Е., Еремин В.К., Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. Современное состояние геологических исследований из космоса. - Изв. вузов. Геология и разведка, 1976, № 11.
 54. Collins R. Evaluation of the utility of ERTs data for the purpose of petroleum exploration. - IEEE Transaction on Geoscience Electronics, 1973, N 1.
 55. Craig C. ERTs data overcome loss of vidicon Aviat. - Weck and Space Technol., 1973, vol. 98, N 100.
 56. Jink D. Monitoring earth's resources from space. - Technol Rev., 1973-1975, N 7.
 57. Номан М.А. Economic factors of earth reconces satellite, obserration and information systems. - ATAA Paper, 1970, N 333.
 58. Wobber F.J. Rut geology surveys in orbit to find oil. - Oil and Gas, 1967, vol. 65, N 50.
 59. Vincenk R.K. Commercial application of geological remote sensing Proc. - IEEE Conf. Duis. a Contr incl, 14th Symp. Adapt. Process, Houston, tex. 1975, N 4.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Использование космической информации при нефтегазописковых работах	5
Применение аэро- и космической информации на примере Прикаспийской впадины и сопредельных территорий	6
Оценка зарубежного опыта использования аэрокосмической информации при нефтегазописковых работах	9
Глава II. Опытнo-методические работы на эталонных участках в юго-восточной части Прикаспийской впадины	12
Методика исследований	14
Краткая геолого-геофизическая характеристика Приморского опытного района	18
Результаты анализа аэрокосмической информации	25
Глава III. Обзорно-региональные исследования в пределах Арало-Каспийского региона	39
Методика исследований	39
Краткая геолого-геофизическая характеристика Прикаспийской впадины и прилегающих территорий	43
Результаты анализа космической информации	52
Краткие методические рекомендации при проведении обзорно-региональных исследований в нефтегазоносных регионах	61
Глава IV. Оценка эффективности использования аэрокосмической информации при нефтегазописковых работах	64
Заключение	70
Литература	72

Дилиара Сабитовна Оруджева
Валерий Тихонович Воробьев
Анатолий Александрович Ромашов

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Утверждено к печати

Институтом геологии и разработки горючих ископаемых

Редактор В.В. Донцов. Редактор издательства В.Я. Енюкова
Художник А.А. Рэджио. Художественный редактор И.Ю. Нестерова
Технический редактор С.М. Бякерева. Корректор Н.Л. Голубцова

ИБ № 24531

Подписано к печати 26.02.82. Т — 04160
Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 2. Печать офсетная
Усл.печ.л. 4,8 + 0,8 вкл. Уч.-изд.л. 6,6
Тираж 650 экз. Тип. зак. 1121
Цена 1 руб.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90
Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука",
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

1 руб.

3740