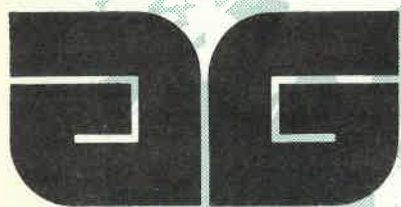


ISSN 0869-7175

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



аэрогеологии

**50 ЛЕТ
ГОСУДАРСТВЕННОМУ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ
ПРЕДПРИЯТИЮ «АЭРОГЕОЛОГИЯ»**

2/1995



**КОЛЛЕКТИВУ ГОСУДАРСТВЕННОГО
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «Аэрогеология»**

Дорогие коллеги!

Сотрудниками Вашего предприятия в истории отечественной геологии вписано много славных страниц, связанных с региональными геологическими исследованиями. Вашим коллективом разработаны новые высокопроизводительные виды региональных геологических исследований, основанные на широком использовании материалов космических и аэросъемок, разработана и внедрена в производство технология среднемасштабной групповой геологической съемки.

Экспедициями «Аэрогеологии» для многих районов территории бывшего Советского Союза составлены разнообразные карты геологического содержания — от сводных и обзорных до крупномасштабных, 24 % государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 и 22 % государственных геологических карт масштаба 1:200 000.

Важную роль сыграли геологи предприятия «Аэрогеология» в годы перехода геологической науки на новые теоретические позиции. Геодинамический анализ, основанный на концепции тектоники плит, прочно вошел в практику геологоразведочных работ.

Благодаря работам Вашего коллектива выявлены новые рудные провинции, районы и узлы, многочисленные месторождения и рудопроявления, алмазные трубки, места скопления пресных подземных вод, локальные нефтегазоносные структуры и другие перспективные объекты. Десятки из них в настоящее время разрабатываются.

Большое значение имеют теоретические и методологические разработки Вашего коллектива в области физических основ космических и аэросъемок, создании и совершенствовании съемочной и обрабатывающей аппаратуры.

«Аэрогеология» — подлинная школа геологической съемки и космоаэрогеологических исследований, которую прошло не одно поколение геологов и студентов.

От имени коллегии Роскомнедра поздравляю коллектив предприятия с 50-летием, желаю новых творческих успехов, крепкого здоровья и благополучия.

*Председатель комитета
Российской Федерации
по геологии и использованию недр*



В.П.Орлов

Отечественная ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал

Основан в марте 1933 года

Учредители:

Комитет по геологии
и использованию недр РФ
Российское геологическое общество
Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов
Геолбанк

2/1995

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А. И. Кривцов

Бюро: Э. К. Буренков, Р. В. Добровольская (зам. главного редактора), А. В. Дурандин, А. Н. Еремеев, А. Н. Золотов, А. Б. Каждан, В. И. Казанский, Н. В. Милетенко, Л. Д. Овчининская (отв. секретарь), А. Ю. Розанов, Г. В. Ручкин (зам. главного редактора), Е. И. Семенов, В. В. Семенович, Б. А. Соколов, А. А. Шпак, А. Д. Щеглов (зам. главного редактора), В. А. Ярмолюк

Ю. И. Бакулин, А. Н. Барышев, Г. Р. Бекжанов, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников, И. Ф. Глузов, И. С. Грамберг, Т. В. Джанелидзе, В. А. Ерхов, А. И. Жамойда, Е. Н. Исаев, М. М. Константинов, Л. И. Красный, Н. К. Курбанов, Н. В. Межеловский, И. Ф. Мигачев, В. А. Нарсеев, В. А. Петров, В. М. Питерский, В. Ф. Рогов, В. И. Старостин, В. С. Сурков, В. П. Федорчук

<i>Можаяев Б.Н.</i> Предприятию «Аэрогеология» — 50 лет	3	<i>Натапов Л.М., Сурмилова Е.П.</i> Позиция и природа Охотского массива	49
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ			
<i>Башилов В.И., Куприн В.Ф.</i> Связь месторождений и проявлений нефти и газа с разрывными нарушениями Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна	16	<i>Галабала Р.О.</i> Новые генетические типы четвертичных отложений	53
<i>Можаяев Б.Н., Можаяева В.Г., Сидоров В.А., Злобин Е.Л., Феоктистов А.А.</i> Интерпретация материалов ИК-тепловой аэро съемки нефтяного месторождения Тенгиз	21	<i>Ананченко А.Д., Овечкин В.Н.</i> Геоиндикационные исследования при решении поисковых и экологических задач	57
<i>Анцыфоров А.И., Головченко Ю.В., Чернова И.В.</i> Количественный прогноз нефтегазоносности по материалам космических съемок	26	МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ	
<i>Афанасьев Н.Ф.</i> Композиционное кодирование геонформации при космоаэрогеологическом картировании нефтегазоносных территорий	32	<i>Натапов Л.М., Роднов Ю.Н., Белкина И.Л.</i> Новый подход к составлению минерагенических карт	60
РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТНИКА		<i>Шахов Г.П.</i> Взаимоотношение кальцифиров и магнетитовых кварцитов с пироксенитами как свидетельство фракционной кристаллизации магмы	65
<i>Ткаченко В.И., Березнер О.С.</i> Позднерифейский рифтогенный терригенно-вулканогенный комплекс Восточного Приколымья	37	ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ	
<i>Волчегурский Л.Ф., Владимирова Т.В., Капустин И.Н., Натапов Л.М.</i> Эволюция Прикаспийской впадины в среднем — позднем палеозое	44	<i>Афанасов Ю.А., Воевода В.М.</i> Результаты применения ИК-тепловой аэро съемки при геологических исследованиях	69
		ГЕОЭКОЛОГИЯ	
		<i>Масленников В.В., Берендеев Н.С.</i> Природные и техногенные геохимические ореолы Ямала	72

Редакция: Р.В. Добровольская, Л.Д. Овчининская, Г.В. Вавилова, М.В. Розачева

Сдано в набор 11.01.95. Подписано в печать 02.03.95. Формат 185×270. Бумага мелованная. Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 129б.
Телефон: 315-28-47

Отпечатано Государственным картографо-геодезическим предприятием

Предприятию «Аэрогеология» 50 лет

Б.Н.МОЖАЕВ

Государственному научно-производственному предприятию «Аэрогеология» 12 декабря 1994 г. исполнилось 50 лет. Эта организация сыграла важную роль в проведении региональных геологических исследований многих территорий бывшего Советского Союза и внедрении в геологоразведочное производство прогрессивных технологий геологосъемочных и поисковых работ на основе широкого использования материалов аэро- и космических съемок.

За время своего существования «Аэрогеология» прошла сложный путь развития от Аэрофотогеологической экспедиции — 1945—1947 гг. — Центральной Аэрогеологической экспедиции — 1947—1949 гг. через Всесоюзный аэрогеологический трест — 1949—1972 гг., Всесоюзное научно-производственное объединение «Аэрогеология» — 1972—1980 гг. и Производственное геологическое объединение по региональному геологическому изучению территории страны («Аэрогеология») — 1980—1991 гг. к Государственному научно-производственному предприятию «Аэрогеология» — с 1991 г.

С одной стороны, смена наименований организации отражала изменения в структуре управления отраслью и страной. Так, например, унификация и упрощение системы управления привели к ликвидации трестов и появлению объединений, а в последующем — государственных предприятий. С другой стороны, что значительно важнее, смена названия организации означала переход на новый более высокий уровень развития, что определялось широтой решаемых задач.

Аэрофотогеологическая, а затем и Центральная аэрогеологическая экспедиция должна была ответить на вопрос — целесообразно ли внедрять материалы аэрофотосъемки и аэромагнитной съемки в региональные геологические исследования мелкого и среднего масштабов, а также опробовать в производственных условиях новые методы геологического и геоморфологического картирования, основанные на широком использовании аэрометодов. С этой задачей экспедиция успешно справилась.

На примере работ для территорий, различающихся по структурно-тектоническим и природно-климатическим условиям (Ферганская впадина и ее горное обрамление, пустыни Центрального Казахстана, Северо-Восточной и Центральной Туркмении, Приволжская возвышенность, Тува, Юго-Западная часть Среднесибирского плоскогорья, Южный, Центральный и Северный Урал, Карельский перешеек, Криворожско-Кременчугский район и КМА) была показана высокая эффективность аэрогеологических исследований, включающих дешифрирование аэрофотоснимков, аэромагнитную съемку, использование авиации с целью аэровизуальных наблюдений и внеаэродромных посадок. В процессе работ была создана школа специалистов-аэрогеологов и определены новые районы расширения аэрогеологических исследований. Экспедиция уже через три года объединяла несколько десятков специалистов высокого класса. На данном этапе существенную роль сыграли первые руководители Экспедиции, энтузиасты нового дела: В.А.Буханевич (первый начальник экспедиции), М.П.Коляда, С.В.Кнорзов, П.А.Ренгартен, Н.А.Преображенский, Г.Ф.Лунгерсгаузен и др.

В конце 40-х годов запросы народного хозяйства поставили перед геологической службой задачу завершения мелкомасштабного геологического изучения территории страны и широкого проведения среднемасштабных геологосъемочных работ. Наряду с другими структурными преобразованиями, способствующими решению такой задачи, в Министерстве геологии СССР на базе Центральной аэрогеологической экспедиции, Центральной авиационной группы и Центрального фотограмметрического предприятия в 1949 г. был создан Всесоюзный аэрогеологический трест (ВАГТ).

С этим периодом развития организации связаны проведение плановых работ по завершению геологического изучения территории страны в масштабе 1:1 000 000 и созданию Государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000, начало разработки методики ускоренного геологического картирования на основе широкого использования материалов аэрофотосъемки, внедрение в технологию геологических исследований материалов высотной аэрофотосъемки и снимков, получаемых из космоса.

Опробование подобной методики в производстве показало высокую эффективность внедрения аэрометодов в технологию геологоразведочных работ, что послужило основанием для разработки новых видов региональных геологических исследований — аэрофотогеологического картирования, групповой геологической съемки. Такие виды работ существенно изменили технологию геологосъемочного процесса, сократив сроки работ, трудовые и материальные затраты и интенсифицировав труд геологов-съемщиков.

Выдающийся вклад в развитие и проведение геологосъемочных работ, разработку про-

грессивных методов и технологий ускоренного геологического изучения территории внесен всем коллективом ВАГТа и в первую очередь организаторами, руководителями и главными геологами экспедиций: Е.Н.Воскресенским, Г.Ф.Лунгерсгаузен, Н.В.Дреновым, И.М.Петренко, В.Ф.Косовым, В.Ф.Лиховицким, В.Н.Брюхановым, Н.Я.Кузминым, Ю.Я.Кузнецовым, В.В.Прусовым, В.А.Ямновым, П.А.Ренгартемом, П.С.Плещеевым, С.Н.Голышевым, Б.Н.Красильниковым, М.Н.Петрусовичем, М.Б.Шарковым, М.З.Глуховским, В.М.Моралевым, А.Л.Ставцевым, О.Н.Юоном, Б.П.Маркевичем, Б.П.Высоцким, Н.Н.Леоновым, Л.М.Натаповым, А.А.Розенкранцем, В.И.Башиловым, А.А.Звягельским, М.Б.Болотиным, В.А.Федоровским, Д.И.Горжевским, А.Д.Клочко, И.Ф.Пожарицким, Л.Б.Вонгазом, С.В.Потаповым и др.

Работами ВАГТа были охвачены многие районы бывшего Советского Союза: Волго-Донское междуречье, Приволжская возвышенность, Ферганская впадина, Рудный и Горный Алтай, Памиро-Атай, Западный и Центральный Казахстан, Арало-Каспийский регион, Тува, Минусинские котловины и примыкающие к ним части Западного и Восточного Саяна, южные склоны Станового хребта и Олекминский становик, Кодарский, Удоканский и Калдарский хребты, Чарская котловина, Алданский щит и прилегающие территории, Западная Сибирь, Таймыр, Восточная Сибирь от Енисея на западе до водораздела Колымы и Омолона на востоке, Прибалхашье и примыкающие к нему районы Восточного Казахстана, север европейской части страны, Камчатка.

В целях дальнейшего совершенствования и широкого внедрения методики региональных геологических исследований на основе использования средств авиационной и космической техники в 1972 г. на базе ведущих организаций отрасли в области космоаэрогеологических исследований: производственной — ВАГТ и научно-исследовательской — Лаборатории аэрометодов (ЛИАЭМ) — было создано Всесоюзное научно-производственное объединение «Аэрогеология» (ВАНПО «Аэрогеология»), вскоре преобразованное в Производственное геологическое объединение по региональному изучению геологического строения территории страны (ПГО «Аэрогеология»).

Производственные подразделения объединения «Аэрогеология» продолжали геологические работы и геологическое картирование в мелких и средних масштабах в Западном Казахстане и Северном Прикаспии, Западной Туркмении, Восточной Сибири, на Камчатке и севере европейской части России. С 1986 г. ЛИАЭМ переименован во ВНИИКАМ (Всесоюзный научно-исследовательский институт космоаэрогеологических методов). Этим институтом разрабатывались физические основы и вопросы теории фотографической, ИК-тепловой и радиолокационной съемки земной поверхности, технические средства получения и обработки аэрокосмической информации, методы космоаэрогеологических исследований.

Получение снимков поверхности Земли с орбиты — новый этап развития и совершенствования дистанционных методов, означающий переход к получению информации, отличающейся от аэроснимков на несколько порядков по уровню генерализации. Космические снимки содержат часто сведения, которые не могут быть получены традиционными методами и не учитываются при геологических построениях, но отражают важные черты строения земной коры. Это в первую очередь относится к трансрегиональным линейным структурам и кольцевым структурам.

Применение в практике геологических исследований материалов космических съемок в «Аэрогеологии» способствовало разработке и проведению в производственных масштабах таких самостоятельных видов региональных геологических исследований, как космофотогеологическое, космоструктурное, геолого-минералогическое картирование, геологическое доизучение площадей, геологическое изучение площадей в районе бурения сверхглубоких и глубоких скважин, наземная проверка результатов дешифрирования. Внедрение данных видов работ позволило в короткий срок для многих районов страны составить карты геологического содержания, по новому освещающие их строение и перспективы поисков полезных ископаемых.

В этот период в подразделениях «Аэрогеология» начинаются научно-исследовательские и опытно-методические работы по определению возможностей применения материалов аэро- и космических съемок в природоохранных целях, приведшие в дальнейшем к созданию таких видов работ, как геоэкологическое картирование и аэрокосмический мониторинг геологической среды.

Преобразование геологического производственного объединения в Государственное научно-производственное предприятие «Аэрогеология» в 1991 г. было связано с упорядочением системы управления в России.

Существенный вклад в обеспечение успешных работ предприятия «Аэрогеология» в 80—90-х годах внесли В.Н.Брюханов, Б.Н.Можаев, В.М.Моралев, В.В.Козлов, И.М.Петренко, С.М.Калимулин, Е.Г.Фаррахов, Л.М.Натапов, В.Е.Безукладников, Г.В.Махин, В.Е.Гендлер, В.А.Буш, В.М.Воевода, А.К.Уфлянд, Ю.Н.Петров, В.Д.Николаев, В.В.Масленников, А.С.Рейтлингер, А.А.Розенкранц, И.С.Плещеев, Н.И.Сычкин, Л.Ф.Волчегурский, В.К.Малиянец, А.Л.Ставцев, Р.П.Котелков, В.Б.Комаров, А.В.Перцов и др.

Подводя итог деятельности предприятия «Аэрогеология», следует остановиться на нескольких основных моментах.

Предприятием фундаментально и комплексно изучено геологическое строение ряда регионов России и определены их огромный природный потенциал и народнохозяйственное значение. Так, начав работы в Северном Прикаспии, Восточном Приаралье, западных районах Казахстана и Туркмении в конце 40-х годов, экспедиции «Аэрогеологии» продолжали их непрерывно в течение десятилетий. За это время для изученных территорий составлены и изданы комплекты геологических карт разного содержания от обзорных и обобщенных мелкомасштабных до крупномасштабных.

Первой обобщающей работой по этому региону был комплект карт с объяснительными записками, изданный в 1962 г. под редакцией академика А.Л.Яншина. В комплект входили геологическая, геоморфологическая, геоботаническая карты масштаба 1:500 000 и тектоническая карта масштаба 1:1 000 000. В 1970 г. издана как приложение к тому XXI «Геология СССР» геологическая карта масштаба 1:500 000. Впервые в СССР была составлена на фотооснове и издана в 1978 г. «Космофототектоническая карта Арало-Каспийского региона» масштаба 1:2 500 000 (редакторы В.Н.Брюханов, Н.А.Еременко). В 1980 г. издана геологическая карта Западно-Казахстанской серии масштаба 1:500 000 с объяснительной запиской, а в дальнейшем — комплекты Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (новая серия) на всю Прикаспийскую впадину, Мангышлак, Бузачи, Красноводский район. Параллельно с этим в начале 80-х годов были составлены и изданы 4 тектонические и структурные карты Северного Прикаспия по подсоловому и надсоловому комплексам и по кровле соленосных отложений масштаба 1:1 000 000. Групповой геологической съемкой масштаба 1:50 000 были охвачены обширные территории Прикаспийской впадины (около 60 тыс. км²) и Туранской плиты (около 96 тыс. км²).

В результате деятельности предприятия «Аэрогеология» для огромной ранее слабоизученной территории уточнена стратиграфическая схема отложений от пермских до четвертичных, изучены особенности рельефа и тектонического строения территории, выявлены многочисленные нефте- и газопрооявления; более 200 структур, перспективных на поиски нефти и газа, переданы по актам нефтегазоразведочным организациям. Были открыты также многочисленные месторождения строительных материалов, химического сырья, боратов, калийной и поваренной солей и пресных вод, и других полезных ископаемых. Многие месторождения в последующем были введены в эксплуатацию.

Успехи в изучении Северного Прикаспия, Западного Казахстана и Западной Туркмении связаны с именами сотрудников экспедиции № 11 (в последующем № 1) В.В.Прусова, И.С.Плещеева, Л.Ф.Волчегурского, А.Б.Галактионова, Е.Г.Фаррахова, А.А.Ромашова, Ю.М.Васильева, А.А.Фрейдлина, А.И.Шарапова, С.О.Хондкаринана, И.А.Прусова, М.П.Магретовой, И.Г.Перевозчиковой, Н.П.Саркисовой и многих других геологов.

Работы в Прибалхашье и прилегающих районах Восточного Казахстана под руководством А.А.Дирова, П.А.Ренгартена, С.Н.Голышева завершились подготовкой к изданию комплекта сводных карт масштабов 1:1 000 000 и 1:500 000 на территорию листа L = 44 (П.А.Ренгартен, В.Е.Гендлер, С.Н.Голышев, Е.Н.Савочкина, Г.К.Фрумкина, В.А.Коршунов).

Подготовлена монография по стратиграфии, тектонике и металлогении Прибалхашья и Тарбагатая (П.А.Ренгартен). Выделены Баканасская структурно-фациальная зона (П.А.Ренгартен), а в дальнейшем — одна из крупнейших структур Восточного Казахстана — Прибалхашско-Илийский верхнепалеозойский вулканический пояс (Н.А.Афоничев). Впервые описаны и прослежены на территории в десятки тысяч квадратных километров пермские вулканогенные образования. Такие полезные ископаемые, как уголь, черные, редкие и радиоактивные металлы, оптическое сырье, классифицированные по генетическим типам и рудным формациям, получили перспективную оценку. Переданы заинтересованным организациям площади и конкретные объекты для поисков полезных ископаемых.

Для Рудного Алтая (М.Б.Болотин, В.А.Федоровский, Д.И.Горжецкий) составлены геологические карты масштаба 1:50 000 на территорию всех рудных районов и полей — Змеиногорского, Золотушинского, Прииртышского, Лениногорского, Зырянского (с современной точки зрения — геолого-металлогенетические карты с элементами прогноза), а также сводная карта Рудного Алтая масштаба 1:500 000.

Выделены типы месторождений цветных металлов Рудного Алтая, главные парагенетические ассоциации руд, определена их связь с региональными геологическими структурами. Установлены два новых интрузивных комплекса: тельбесский и лениногорский. Определены контуры Рудноалтайского полиметаллического пояса, а на его северо-западе намечен подтвердившийся впоследствии новый Рубцовский рудный район.

Г.Ф.Яковлев открыл Тишинское месторождение, а по рекомендациям геологов экспедиции были открыты Корбалихинское (М.С.Бессмертная, В.В.Бессмертный), Орловское

(В.П.Курбатов, Л.С.Нусинсон, М.Д.Сакунова, В.С.Шульгина), Степное и Таловское (А.А.Волков) месторождения.

По результатам работ в Горном Алтае (А.Д.Клочко, С.В.Потапов, И.Ф.Пожарицкий, Л.Б.Вонгаз) созданы унифицированные схемы стратиграфии докембрия, нижнего и среднего палеозоя, дана подробная сводка материалов по интрузивному магматизму, уточнены контуры поясов полиметаллической минерализации и редкометалльного пояса Горного Алтая. Геологами ВАГТа определены закономерности размещения железорудных, полиметаллических, вольфрам-молибденовых и ртутных месторождений, что отражено на многолистных картах полезных ископаемых масштабов 1:200 000 и 1:500 000, явившихся первыми сводными материалами по полезным ископаемым Горного Алтая. Выделены площади и конкретные объекты для поисков и разведки полезных ископаемых, из которых наиболее перспективными являлись молибден-вольфрамоносные грейзены в районе ранее известного Коккольского жильного редкометалльного месторождения (Л.С.Нусинсон, Г.Н.Краснопецева).

Подлинным полигоном для отработки методики групповой геологической съемки с использованием материалов дистанционного зондирования были северные районы европейской части России, где вследствие закрытости четвертичными отложениями и залесенности равномерная сеть маршрутов при проведении геологического картирования масштаба 1:200 000 была малоэффективна. В Архангельской области и Республике Коми групповая геологическая съемка масштаба 1:200 000 в производственных условиях началась уже в 1969 г. — намного раньше, чем в других партиях ВАГТа.

В дальнейшем с широким внедрением космических снимков на значительные пространства севера европейской части России были составлены космофотogeологические карты масштабов 1:1 000 000—1:500 000 на территории Карелии и Кольского полуострова (Н.С.Берендеев, В.А.Гендлер), Мезенской впадины и Тимана (В.И.Розанов), Печорской впадины (А.С.Лавров), острова Новой Земли (В.В.Афанасьев), геолого-минералогические карты масштаба 1:200 000 на восточную часть Кольского полуострова (Е.Е.Федоров), Север Тиманского края (В.В.Розанов), Западную Карелию (Ю.Т.Николаев), острова Новой Земли (В.В.Афанасьев).

Были подготовлены к изданию листы Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (новая серия) на территорию Архангельской области и Республики Коми (В.И.Розанов, А.С.Лавров, В.И.Башилов, В.В.Масленников). Геологические карты масштаба 1:200 000 были составлены для районов Карелии (Г.Б.Гиммельфарб), Республики Коми и Архангельской области (В.Е.Останин, А.И.Слущкий, А.П.Зайцев), Приполярного и Северного Урала (И.А.Шевченко).

Новым видом работ, методика которого была разработана в «Аэрогеологии» (В.В.Масленников, М.В.Минц), явилось геологическое изучение площадей в районах бурения сверхглубоких скважин: Норильской (Н.С.Берендеев), Уральской (В.С.Орлов) и Тимано-Печорской (В.И.Башилов).

Одновременно с геологосъемочными работами в больших объемах проводились тематические исследования по стратиграфии пермских, триасовых и юрских отложений (С.Н.Баженова, В.И.Маслов, М.М.Миних, В.И.Розанов), стратиграфии и генезису четвертичных отложений (А.С.Лавров, Л.Д.Никифорова, В.М.Смирнова, С.П.Гаркуша), геоморфологии (Л.М.Потапенко, В.Е.Останин), тектонике и неотектонике (В.И.Башилов), гидрогеологии (В.А.Букреев) и др.

В результате геологосъемочных и тематических работ на территорию Тимано-Печорской впадины был дан прогноз нефтегазоносности с выделением перспективных зон и локальных объектов. При этом большое внимание уделялось роли разломов фундамента в образовании и локализации углеводородов в осадочном чехле. На Приполярном и Северном Урале были обнаружены проявления горного хрусталя, в восточной части Кольского полуострова — участки, перспективные для поисков месторождений россыпного и коренного золота, а также десятки других рудопоявлений.

Одними из первых в 50-е годы геологи ВАГТа приступили к изучению территории Западной Сибири. Ими впервые составлен на значительную часть Западно-Сибирской равнины (около 50 % всей ее площади) комплект мелкомасштабных карт (геологическая, геоморфологическая, тектоническая, полезных ископаемых), изучен характер дислокаций отложений разных стратиграфических уровней. Выявлены стекольные и балластные пески, кирпичные глины, торф, доказана перспективность территории на нефть и газ, выделены и рекомендованы к изучению конкретные брахиформные поднятия (Н.Л.Рабинович, Г.П.Орлов, С.Г.Боч, Г.В.Горбачкий, Г.Ф.Лунгерсгаузен, В.В.Галицкий).

Важнейший вывод Обской экспедиции ВАГТа заключается в том, что Западно-Сибирская низменность представляет собой громадную мезозойско-кайнозойскую впадину, возникшую в результате погружения, исходящего из приарктического узла опускания (В.Г.Ле-

винсон и др.). При этом область максимального погружения, максимальных мощностей указанных отложений и наибольших перспектив на нефть и газ располагается в северной части низменности, что полностью подтвердилось как в геологическом, так и прикладном отношении («большая нефть» и «большой газ» Западной Сибири).

Существенно дополнены и во многом обновлены в процессе работ геологов предприятия «Аэрогеология» представления о геологическом строении Кодаро-Удоканской провинции (С.В.Потапов, В.Л.Фишер, Ю.Б.Казмин, М.Б.Шарковский, М.З.Глуховский). Впервые выделен троговый существенно зеленокаменный комплекс нижнего протерозоя (В.С.Федоровский), аналоги которого впоследствии начали выделять и в других районах, в том числе за рубежом, называя их *зеленокаменными поясами*. Доказано отнесение ряда гранитоидных массивов, считавшихся ранее батолитами, к конкордантным телам (Каларский массив гранодиоритов и др.), что позволило по-новому оценить генетические особенности и поисковые критерии редкоэлементного оруденения (Б.Г.Горелов, А.А.Раузер).

В Кодаро-Удоканском районе обнаружены многочисленные проявления меди, золота (коренного и россыпного), молибдена, свинца, олова; ртути, титаномагнетита, редких и рассеянных элементов, каменного угля, графита, асбеста, мусковита и строительных материалов. Наиболее крупные из них Катугинское редкоэлементно-редкоземельное месторождение (первооткрыватели Л.С.Нусинсон, Л.Г.Васютина, Г.А.Немых), Бурпалинское месторождение медистых песчаников (В.С.Федоровский, Л.С.Нусинсон, Г.А.Немых, Б.А.Яковлев), Ункурское проявление медистых песчаников (Г.П.Шахов, В.С.Шульгина), проявление графита (Ю.Ф.Найденков).

В Становой зоне установлена Алексеевская рудная зона — золото, медь, свинец (Ш.Л.Абрамович, В.С.Коген), а также проявления россыпного и коренного золота, титаномагнетита, ртути, сурьмы и мышьяка.

Всесторонне изучены сотрудниками «Аэрогеологии» огромные пространства Восточной Сибири от Енисея до побережья Тихого океана. На эту территорию были изданы 9 листов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (новая серия) и 8 листов находятся на разной стадии подготовки к изданию, выполнены космофотогеологическое картирование масштабов 1:1 000 000 и 1:500 000, геолого-минералогическое картирование масштабов 1:500 000 и 1:200 000, групповая и аэрофотогеологическая съемки масштабов 1:200 000 (свыше 200 номенклатурных листов) и 1:50 000 (больше 120 листов). Геологосъемочные работы опирались на глубокое изучение стратиграфии от докембрия и нижнего палеозоя до кайнозоя (И.М.Битерман, Н.И.Гогина, А.Г.Кац, Б.Н.Леонов, Л.М.Натапов, В.И.Ткаченко, В.И.Осташкина, А.И.Сидяченко, Р.В.Соломина, Е.П.Сурмилова, З.Б.Флорова, В.С.Шульгина, Р.А.Биджиев, Р.О.Галабала, А.Ю.Егоров, Д.К.Башлавин, Г.В.Иваненко, В.В.Колпаков, Г.А.Максимова, Л.М.Морозова, А.И.Музис, М.Г.Овандер и др.). Огромный вклад был внесен этими геологами в изучение стратиграфии и магматизма складчатых сооружений Северо-Востока. Для данной территории впервые была применена групповая геологическая съемка масштаба 1:50 000.

В результате геологосъемочных работ тектоническое строение территории и история ее геологического развития были рассмотрены с принципиально новых позиций тектоники литосферных плит, в чем основная заслуга принадлежит Л.М.Натапову.

В процессе всех видов геологической съемки и поисков была разработана методика обнаружения кимберлитовых трубок и с ее помощью открыто более 300 тел, в том числе новые кимберлитовые поля в пределах Анабарского щита и его обрамления (И.М.Осташкин, А.А.Тимофеев, В.Г.Черенков, Л.И.Шахотко). Были также выявлены крупные погребенные россыпи алмазов в Нижнеленском районе (Ю.М.Сибирцев и др.), новые рудные районы олова, сурьмы и ртути (С.И.Бобров, И.А.Кузин, В.В.Масленников, Ю.Н.Спомиор и др.). Подобные открытия во многом расширили и уточнили представления о металлогении изученных территорий, позволили определить прогнозные ресурсы профилирующих металлов.

Крупный вклад геологи предприятия внесли в изучение геологического строения и развитие минерально-сырьевого потенциала самых восточных районов России — Охотско-Чукотского вулканогенного пояса и Камчатки. Прежде всего следует отметить огромную картографическую продукцию. Для этих территорий были составлены карты масштабов 1:1 000 000 космофотогеологическая (Н.И.Филатова), 1:500 000 геолого-минералогическая (И.И.Сонин, А.Д.Ананченко), космофотогеологическая (А.А.Ельянов), геоэкологическая (М.К.Багинян). Геологическая съемка масштаба 1:200 000 завершилась подготовкой к изданию 38 листов, охватывающих площадь в 13,5 тыс. км². На площадь около 22 тыс. км² были составлены 102 номенклатурных листа геологической карты масштаба 1:50 000 (руководители работ С.Н.Голышев, А.А.Розенкранц).

В результате работ экспедиций «Аэрогеологии» на Камчатке решен ряд принципиально важных проблем — уточнена и детализирована стратиграфия осадочных отложений от

девонских до четвертичных включительно, а также меловых, палеогеновых и неогеновых интрузивных, субвулканических и вулканических образований, уточнено тектоническое строение региона, в частности, открыта первая на территории России зона Беньофа в Центрально-Камчатской депрессии (А.А.Розенкранц, В.В.Ковалева).

На территории Камчатской области и пограничных с ней частей Чукотского автономного округа были выявлены и изучены многие сотни проявлений и пунктов минерализации цветных, благородных и редких металлов, более 60 из них переданы по актам и картам внедрения для дальнейшего изучения. Среди переданных объектов числится и проявление «Озерное» (первооткрыватели Э.Д.Гудина, Л.В.Заботкин), по последующей оценке оказавшееся самым крупным золоторудным объектом в островодужных системах всего Тихоокеанского подвижного пояса. В активе предприятия «Аэрогеология» открытие и многих крупных россыпных месторождений золота: Правая Кондырева (В.В.Мурашов, В.А.Коршунов, Э.С.Стрижко, С.С.Лобунец), Романиха (И.И.Сонин, В.А.Коршунов) и др. По результатам комплексных аэрокосмических и геохимических исследований на рудных полях крупных месторождений золота Аметистовое и олова Айнаветка (И.И.Сонин, А.Д.Ананченко) было изменено направление поисковых и разведочных работ, что привело к увеличению запасов профилирующих металлов.

Более 30 лет геологи предприятия проводили работы в пределах Алданского щита и прилегающих районов юга Верхоянской и Монголо-Охотской складчатых областей. Здесь в большом объеме были выполнены геологосъемочные исследования: космофотогеологическое картирование масштабов 1:1 000 000 и 1:500 000 (соответственно 860 и 1200 тыс. км²), групповая геологическая съемка, аэрофотогеологическое картирование и геологическое доизучение площадей. В масштабах 1:200 000 было заснято 105 тыс. км², 1:50 000 — 92,5 тыс. км². По результатам таких работ был подготовлен к изданию комплект карт масштаба 1:1 000 000 (новая серия).

Результаты геологосъемочных и специальных тематических работ имеют значение, далеко выходящее за рамки региона. Так, М.З.Глуховский впервые на региональных материалах выделил изометричные структуры древнейшей (лунной) стадии развития земной коры — нуклеары. Большой вклад был сделан в изучение стратиграфии архея (Н.С.Шпак, А.Г.Кац), вендского комплекса и нижнего палеозоя (В.Р.Алексеев, С.В.Потапов, Б.С.Неволин), среднего (А.А.Константиновский) и верхнего (С.В.Нуринов, В.А.Самозванцев, В.Р.Алексеев, В.В.Громов, С.И.Горохов, Л.П.Канаев, А.А.Панфилов и др.) палеозоя, мезозоя (В.И.Гольденберг, И.И.Пугачева, Г.Ф.Григораш, М.В.Минц, С.И.Политова и др.), кайнозоя (В.В.Скотаренко, А.С.Сурикова, Л.Г.Васютина).

Детально были изучены гранитоидный магматизм, ультраосновные щелочные комплексы. Особенностью тектонического строения района оказались специфические структуры, располагающиеся на границе древних платформ и подвижных поясов (А.Л.Ставцев).

В ходе региональных геологических исследований открыто большое число месторождений и проявлений разнообразных полезных ископаемых: коренного и россыпного золота (В.С.Коген, А.С.Рейтлингер, А.Ф.Карпузов, В.Н.Фролов, В.Б.Агентов и др.), молибдена и олова (Ю.П.Каstryкин, С.И.Горохов, В.И.Белянкин, А.Е.Зенякин, А.П.Панфилов и др.), бериллия (Ю.Н.Гамалея), ниобия и редких земель (С.П.Стойлов, А.А.Ельянов).

Важную роль сыграли геологи «Аэрогеологии» в годы перехода нашей науки на новые теоретические позиции. Специальные семинары и лекции по тектонике плит привели к тому, что геодинамический анализ прочно вошел во все виды исследований от геологической съемки до космогеологического картирования. В «Аэрогеологии» впервые была составлена Геодинамическая карта СССР масштаба 1:2 500 000 (редакторы Л.П.Зоненшайн, Н.В.Межеловский, Л.М.Натапов). Принципы, положенные в ее основу (отражение геодинамической природы вещественных комплексов и структур, показ сутур, результатов наложенных коллизионных процессов и т.д.), открыли дорогу новому направлению в геологической картографии.

Большинство экспедиций наряду с проведением геологосъемочных работ выясняли перспективность районов работ на различные полезные ископаемые. В результате по-новому оценены народнохозяйственное значение и природный потенциал многих районов. Так, выявлены новые рудные провинции: Южно-Тувинская железорудная, Восточно-Тувинская редкоземельная, Восточно-Тувинский гипербазитовый пояс с проявлениями хромита, асбеста и талькового камня, Кодаро-Удоканская редкоземельная и редкоэлементная, киноварная провинция в Верхоянье: новые рудные районы: Кимпиче-Берелёхский в Якутии с цветными, благородными и редкими металлами, Рубцовский на Рудном Алтае — с полиметаллами.

Непосредственно экспедициями «Аэрогеологии» и по их рекомендации выявлены многие десятки месторождений полезных ископаемых: нефти и газа, подземных вод, алмазов, благородных, цветных, редких и черных металлов, минеральных солей, фосфоритов, углей, графита, лечебных грязей, серы, целестина, строительных материалов, исландского шпата,

горного хрусталя и др. Наиболее значительны из них Костомукшское железорудное (первооткрыватель В.В.Сусленников), на базе которого в настоящее время работает Костомукшский горнообогатительный комбинат, платиновое месторождение Кондёр (А.А.Ельянов), Тишинка (Г.Ф.Яковлев), Кораблинское, Орловское, Степное, Таловское месторождения полиметаллов на Рудном Алтае, Южно-Якутские железорудные месторождения (В.М.Тишкин); месторождения газа — Чагарлы-Чумушты (Северный Устюрт) и Базайское (Северо-Западное Приаралье) — первооткрыватель И.С.Плещеев; Катугинское комплексное редкоземельное и редкоземельное (Л.С.Нусинсон, Л.Г.Васютина, Г.А.Немых), Бурпалинское месторождение и Ункурское проявление медистых песчаников в Кодаро-Удоканской провинции (В.С.Федоровский, Л.С.Нусинсон, Г.А.Немых, Б.А.Яковлев, Г.П.Шахов, В.С.Шульгина); редкометалльные месторождения и рудопроявления Арбарастан (С.П.Стоялов), Байкаленок, Хемнинское, Горноозерское, Хамнюк — на Алданском щите (А.А.Ельянов, А.Н.Мильто, Б.Е.Рунов), Куямбинское месторождение природного газа в бассейне р. Подкаменная Тунгуска; киноарное месторождение Звездочка — в Верхоянье; множество нефтяных и газовых месторождений в Среднем Прикаспии, Поволжье, Туркмении, Западном Казахстане и др.

В 1957 г. геологами «Аэрогеологии» были открыты кимберлитовые трубки «Аэрогеологическая» (И.М.Скарзов) и «Флогопитовая» (В.Н.Рыбченков). В последующем в процессе групповой геологической съемки масштабов 1:200 000 и 1:50 000 выявлено Харамайское кимберлитовое поле (В.Г.Черенков, Л.И.Шахотько).

На севере Архангельской области в результате высокоточной магнитометрической съемки выявлены аномалии, связанные с кимберлитовыми телами (Р.С.Контарович). Заверочными работами ПГО «Архангельскгеология» подтверждены кимберлитовые трубки с месторождениями алмазов.

Параллельно с проведением собственно геологических исследований экспедиции «Аэрогеологии» решали другие важные народнохозяйственные задачи. Так, например, в низовьях рек Чу и Сары-Су и северных староречьях Сырдарьи в 1950 г. работала Чуйская экспедиция. Задачи ее заключались в изыскании пресных вод вдоль р. Сары-Су, выявлении возможности хозяйственного освоения засушливых районов Западного Казахстана, обеспечении скотопрогонов через безводную пустыню Дарьялык-Такыр.

Значителен вклад предприятия в изучение геологического строения и природных условий в районах проектируемых гидротехнических сооружений (Главного Туркменского и Волго-Донского магистральных каналов, оросительных каналов Урал-Форт Шевченко, Тахна-Ташского, а также Назарбайского и Балыклинского водохранилищ).

Большой объем работ выполнен в районе трассы БАМ: выявление структурно-геоморфологических критериев прогнозирования месторождений полезных ископаемых (В.Н.Орлянкин, А.И.Музис), составление карты разломной тектоники как основы для сейсмораионирования и планирования строительных работ (В.Б.Симонов), составление карты четвертичных отложений с элементами новейшей тектоники (А.И.Музис).

После аварии на Чернобыльской АЭС по результатам гамма-спектрометрической съемки была составлена серия карт распространения радионуклидов. Одна из них — на район Чернобыльской АЭС — высоко оценена государственной комиссией и принята за основу при решении вопроса об эвакуации населения из загрязненных районов (А.Ф.Федоткин). Другие карты отразили положение «Чернобыльского следа» на территории России, Украины и Белоруссии.

Появление первых снимков Земли из космоса было воспринято аэрогеологами с большой надеждой. Первые научно-исследовательские работы по определению возможности использования космических снимков при геологических исследованиях были начаты в ЛАЭМ Н.А.Яковлевым в 1962 г. после получения Г.С.Титовым первого фотографического снимка с космической орбиты любительской камерой. Оперативно дешифрировались и все последующие снимки первых отечественных космонавтов, чему в немалой степени способствовал Г.Б.Гонин. Получение обнадеживающих результатов привело к созданию в 1972 г. первого в стране научно-исследовательского сектора космической геологии в структуре ЛАЭМ (зав. сектором Б.Н.Можаев).

Начиная с 1967 г., методика дешифрирования космических снимков стала разрабатываться и в производственных подразделениях ВАГТа. Первые опытно-методические работы по использованию телевизионных снимков с КСЗ «Метеор» для получения геологической информации были выполнены И.И.Башиловой при поддержке и участии Г.В.Махина.

Первые научно-исследовательские и производственные результаты применения космических снимков для решения геологических задач послужили основой при составлении координационного плана работ Министерства геологии СССР по использованию информации, получаемой из космоса, при геологических исследованиях (1970 г.). Было также

подготовлено и издано первое отечественное методическое руководство «Рекомендации по использованию материалов мелкомасштабных космических съемок при региональных геологических исследованиях» (редактор Б.Н.Можаев, 1976).

Как уже было показано, космические снимки стали неизменным атрибутом региональных геологических исследований, на основе их использования были разработаны самостоятельные виды геологоразведочных работ. В настоящее время в составе предприятия «Аэрогеология» функционирует научно-исследовательская лаборатория, размещающаяся непосредственно в Центре подготовки космонавтов в Звездном городке. На базе этой лаборатории осуществляется подготовка космонавтов и борт-операторов — геологов, способных проводить визуально-инструментальные, синхронные и субсинхронные наблюдения, региональные геолого-геофизические исследования, геологические и геоэкологические съемки.

Работы по определению возможности применения материалов аэро- и космических съемок для оценки состояния и прогноза изменения окружающей среды и разработки рекомендаций по ликвидации или смягчению последствий нежелательных техногенных и природных процессов начались в середине 70-х годов в ЛАЭМ (Т.С.Попова) и в производстве (А.В.Мирнова, А.А.Трещов).

На примере изучения экосистемы Ладожское озеро — р. Нева — Невская губа было подготовлено методическое пособие по применению материалов аэро- и космических съемок при изучении состояния природной среды, выявление уровня и источников ее загрязнения, проявление мониторинга природных систем, подверженных интенсивному антропогенному воздействию, а также разработаны методика использования аэрокосмических съемок при составлении территориальных комплексных схем охраны природы (Т.А.Попова, Н.Н.Семенова, Е.В.Леонтьева) и методы использования средств вычислительной техники для мониторинга окружающей среды (Т.А.Попова, А.В.Теосев).

В дальнейшем оформлен самостоятельный геоэкологический блок работ «Аэрогеологии». В нем представлены три направления: геоэкологическое картографирование; аэрокосмический мониторинг геологической среды; оперативное обследование районов природных и техногенных катастроф.

С учетом результатов работ по первым двум направлениям сотрудники «Аэрогеологии» участвовали в подготовке отраслевых методических документов, определяющих требования к методике и результатам работ. Так, были подготовлены «Требования к геоэкологическим исследованиям и картографированию» в масштабах 1:1 000 000, 1:200 000, 1:50 000 (А.В.Мирнова, И.И.Пискун, Л.М.Натапов, С.М.Богородский), а также «Основные положения по организации и проведению работ на полигонах аэрокосмического мониторинга геологической среды» (С.М.Богородский, И.И.Пискун, М.И.Бурлешин).

К настоящему времени в «Аэрогеологии» накоплен большой опыт составления геоэкологических карт самого разного масштаба. Важной обобщающей работой явилось составление Геоэкологической карты Российской Федерации и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) масштаба 1:4 000 000 (В.Н.Орлянкин, Л.А.Степанова, В.В.Масленников). Карта с многоплановой нагрузкой, учитывающей данные о различных нарушениях и загрязнениях природной среды в результате естественных, преимущественно техногенных процессов, по существу является первым на время ее составления картографическим документом, достоверно отражающим геоэкологическую ситуацию России и других стран СНГ.

Мелко- и среднемасштабные геоэкологические карты составлены в «Аэрогеологии» на многие районы России: п-ов Ямал (Н.С.Берендеев), Чаро-Олёкминское междуречье (Е.Е.Федоров), п-ов Камчатка (М.К.Багинян), среднее течение р. Енисей (Л.А.Яковлева), Тимано-Печорская провинция (Л.К.Карпов), Московская область (Ю.Б.Елисеев) и др. Несмотря на различия в подходе к объектам картографирования и методике проведения исследований все перечисленные работы завершались составлением конкретных рекомендаций по природоохранным мероприятиям.

Предприятию «Аэрогеология» принадлежит инициатива составления геоэкологических карт при крупно- и среднемасштабном геологическом картографировании, а также при подготовке к изданию листов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000. Методика составления таких карт и требования к ним подготовлены В.В.Масленниковым, Л.Д.Никифоровой и др.

Теоретические, методологические и организационные основы аэрокосмического мониторинга геологической среды (АКМГС) разрабатывались, начиная с середины 80-х годов на примере Московской области (А.В.Мирнова, И.И.Пискун, Л.Д.Никифорова и др.). Смысл данного вида работ сводится к тому, что на основе использования разновременных, периодически получаемых материалов аэро- и космических съемок изучаются направленность, динамика, интенсивность и другие закономерности развития природных и техногенных процессов, в первую очередь имеющих нежелательные и вредные последствия для хозяй-

ственной деятельности. Мониторинг предусматривает составление базовой геоэкологической карты, отражающей состояние природной среды на момент начала исследований. По результатам повторных аэро- и космических съемок и наземных работ изучаются изменения среды, обусловленные деятельностью природных процессов и техногенной нагрузкой. Заканчивается он разработкой детальных рекомендаций по предотвращению, купированию или ликвидации нежелательных последствий этих процессов.

Мониторинг проводится в районе нефтяных промыслов в Тимано-Печорской провинции (Л.К.Карпов, Н.К.Дмитриева и др.), на объектах горнодобывающей и обрабатывающей промышленности Карелии (Р.Р.Атласов, Л.Г.Смирнов и др.), в Прибалтике и в районе КМА (В.А.Исаев, М.В.Ротштейн) и некоторых других районах. Важным народнохозяйственным объектом АКМГС являются системы водообеспечения г.Москвы (Волжская и Москворецкая).

На основе использования тепловизора «Вулкан» разработана методика теплового мониторинга геологической среды городских агломераций (А.И.Антыпо) и выполнены опытно-методические и производственные работы по выявлению нарушений теплосети и подтоплений в Москве, Киеве, Баку (Ю.Т.Литвинов).

Оперативное обследование районов природных и техногенных катастроф проводится с целью получения быстрой и объективной оценки последствий в районе бедствия. Методика отработывалась в районе Спитакского землетрясения (Армения, декабрь 1988 г.). Специалистами «Аэрогеологии» было показано, что наиболее полную информацию о последствиях землетрясения несут материалы выполненной ими перспективной аэросъемки (И.И.Пискун, В.А.Козлов). Эти материалы в последующем были использованы в работе Правительственной комиссии по чрезвычайным ситуациям.

Работы предприятия «Аэрогеология» по геоэкологическим направлениям осуществляются в рамках федеральной программы «Экологическая безопасность России», отраслевых программ «Геоэкология России», «Многоцелевое геохимическое картирование», программы Республики Коми «Чистая Печора».

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы сосредоточены в структурном подразделении «Аэрогеологии» ВНИИКАМ. В годы, предшествующие объединению с ВАГТом, в ЛАЭМ была издана двухтомная монография: «Физические основы и технические средства аэрометодов» — 1967 г. и «Аэрометоды геологических исследований» — 1971 г. (главный редактор А.И.Виноградова), в которой обобщены научные и практические достижения в области получения, обработки и использования в геологических целях различных аэросъемок.

Основными направлениями научно-исследовательских работ были:

1. Изучение физических основ дистанционных методов, создание и совершенствование технических средств и методов получения аэрокосмической информации.

2. Создание и совершенствование технических средств, математического обеспечения, методики и технологических процессов обработки различных видов аэрокосмической информации.

3. Разработка теории, методики и технологии использования материалов аэро- и космических съемок при геологических исследованиях, изучении состояния природной среды и динамики ее изменения.

В рамках первого направления разработана методика выполнения радиолокационной аэросъемки системами бокового обзора (В.Б.Комаров, О.А.Юрковский, В.Л.Щербаков) и трансформирования РЛ-снимков на ЭВМ в заданную геометрическую проекцию (Л.Н.Рогов), изучены особенности геометрии радиолокационного изображения (А.В.Доливо-Добровольский).

Исследованы физические основы тепловой аэросъемки (В.И.Горный), по техническому заданию ВНИИКАМ создан тепловизор «Малахит», ведется разработка нового семейства тепловизоров многоспектральных систем ПК-диапазона «Яшма» и «Везувий». Сконструированы макеты различных наземных и самолетных спектрометров и теплофотометров и методика работы с ними (В.В.Кольцов, К.Б.Мелешко, С.Г.Слуцкая).

В рамках второго направления созданы аналоговые (фотографические и оптические) и цифровые (на ЭВМ) методы обработки аэрокосмической информации. Фотографические методы решают задачи улучшения фотометрических и геометрических свойств изображений, их коррекции и фильтрации (в частности, выделение областей с заданным распределением оптической плотности, выделение локальных элементов, точек их пересечения и т.п.), составления графических схем (Ю.В.Углев).

Оптические методы применяются в решении следующих задач: выделение линейных элементов методики фильтрации изображения в когерентном свете, количественный анализ линеаментов, автоматизированная классификация различных объектов на основе количественного анализа структуры изображения. Для реализации оптических методов по техническому заданию ВНИИКАМ создана и изготовлена малой серией аппаратура оптического

анализа изображений: «Реал», «Сtereo-Реал», «Спектр-Текстура» (Д.А.Янутш, В.И.Захаров).

В области автоматизированной обработки аэрокосмической информации средствами вычислительной техники по техническому заданию ВНИИКАМ изготовлен малой серией комплект аппаратуры для ввода — вывода изображений в ЭВМ и их обработки «Формат» (автоматизированное рабочее место дешифровщика САПМ-Д), созданы аналитическая дешифровочная стереосистема (АДС), системное матобеспечение для комплекта средств на базе ЭВМ, аппаратура «Формат-СМ» (А.А.Чигирев). Данные технические средства, программное обеспечение и рекомендации по их использованию передавались в производственные геологические организации.

В рамках этого же направления созданы многочисленные программы фотографической и фотограмметрической обработки аэро- и космических снимков (Н.Ф.Афанасьев, Г.Б.Гонин, Н.С.Рамм, А.В.Теосев, В.А.Блинов, В.И.Ворошуха и др.). Опыт исследований в области цифровой обработки аэрокосмической информации обобщен в монографии «Математические методы в геологическом дешифрировании аэрофотоснимков» (Н.Ф.Афанасьев, К.М.Петров, А.В.Теосев).

Теоретические и практические вопросы фотографической съемки из космоса и фотограмметрической обработки изображений рассмотрены в монографии Г.Б.Гонина «Космическая фотосъемка для изучения природных ресурсов» (1980).

В бывшем Минском отделе ВНИИКАМ разработана оригинальная, защищенная авторским свидетельством методика локализации контуров залежей углеводородов при обработке многозональных космических снимков (О.И.Карасев, Д.А.Баладанов). Методика успешно применялась не только при работах отечественных исследователей, но и зарубежных (ГДР, Австрия).

Научно-исследовательская деятельность по третьему направлению отмечается широтой проблематики. В дальнейшем развился после основополагающих работ В.П.Мирошниченко геоиндикационный подход к анализу материалов аэро- и космических съемок — оформился метод геоиндикационного моделирования как теоретическая основа геологического дешифрирования в различных ландшафтных и геологических условиях (Б.Н.Можаев, Н.Ф.Афанасьев). Реализация метода заключается в построении математических моделей на основе гипотезы о характере связи элементов и компонентов ландшафта, изображающихся на аэро- и космических снимках, в том числе особенностей их пространственного расположения, с погребенными геологическими объектами. Опыт работ по данной проблеме в разных ландшафтных и геологических условиях с целью решения различных задач обобщен в монографии «Геоиндикационное моделирование с использованием материалов аэро- и космических съемок» (1981).

На основе геоиндикационного моделирования разработана методика прогнозирования строения структурных поверхностей осадочного чехла по материалам аэрокосмических съемок и геолого-геофизическим данным на примере нефтегазоносных бассейнов Средней Азии и Прикаспийской впадины (А.А.Кирсанов).

Значительный блок научно-исследовательских работ был посвящен разработке методов использования материалов различных видов съемок при решении разнообразных геологических задач. Методики и некоторые результаты их применения освещены в серии монографий: «Космофотосъемка и геологические исследования» (под редакцией Г.Б.Гонина и С.И.Стрельникова, 1975), «Аэрометоды геологического изучения районов двухъярусного строения» (Г.В.Гальперов, А.В.Перцов, Н.А.Брусничкина, 1979), «Применение радиолокационной аэросъемки при геолого-географических исследованиях» (под редакцией В.М.Глушкова и В.Б.Комарова, 1981), «Изучение рельефа по материалам радиолокационной аэросъемки» (В.Г.Можаева, 1982), «Тепловая аэросъемка при изучении природных ресурсов» (Б.В.Шилин).

Многолетние исследования проводились разными творческими коллективами по разработке методики изучения новейшей тектоники и прогнозирования нефтегазоносных структур на основе использования материалов дистанционных съемок. Результаты изложены в ряде монографий: «Ландшафтный метод дешифрирования проявлений новейшей и современной тектоники для поисков погребенных нефтегазоносных структур» (В.П.Мирошниченко), «Применение материалов аэрокосмических съемок при изучении новейшей тектоники Юго-Западной Туркмении» (Б.Н.Можаев, В.Г.Можаева, А.А.Кирсанов, 1988).

На основе геоиндикационного подхода, фотографической и цифровой обработки данных дистанционного зондирования на примере Восточной Туркмении, Западного Узбекистана, Восточного Прикаспия и Оренбургской области разработана технология прогнозно-поисковых работ на нефть и газ (А.В.Перцов, А.А.Кирсанов, Ю.В.Углев, А.Н.Рогов, В.А.Блинов). С учетом региональных особенностей геологического строения усовершенствованы методы использования материалов аэро- и космических съемок при изучении неотектоники и по-

исках полезных ископаемых Белорусского Полесья (О.И.Карасев, Л.И.Вольская), прогнозировании нефтегазоперспективных структур в Восточной Сибири (О.И.Карасев).

Ряд научно-исследовательских разработок был посвящен комплексированию аэрокосмической информации с геолого-геофизическими данными. Так, на Кольском полуострове применялись методика комплексной интерпретации материалов аэрофотосъемки и геофизических данных при изучении структуры интрузивных массивов (В.М.Будько, А.В.Доливо-Добровольский), в одном из районов Приенисейской Сибири — комплекс дистанционных методов при геологическом картировании таежных районов (В.И.Астахов).

Традиционным направлением научно-исследовательских работ ЛАЭМ-ВНИИКАМ является совершенствование аэрокосмических методов изучения шельфа (В.В.Шарков, З.М.Гурьева, Е.И.Кильдюшевский, Р.И.Голоудин). Значительный опыт исследований на Каспийском, Черном, Охотском, Белом и Баренцевом морях обобщен в атласе аннотированных снимков «Аэрофотометоды геолого-геоморфологических исследований внутреннего шельфа и берегов морей» (1976) и в монографии «Аэрокосмические методы геологического изучения шельфа» (1985).

Перспективным направлением применения материалов аэро- и космических съемок является прогнозирование и поиски месторождений рудных полезных ископаемых. Начало научно-исследовательских разработок по этому направлению было положено трудами В.М.Барыгина, Н.А.Яковлева, В.З.Сахатова. Методика перспективной оценки территорий, прогноза и поисков новых видов рудных полезных ископаемых на базе комплекса данных дистанционного зондирования с геолого-геофизическими и геохимическими разработана на примере Кызылкумского региона Урало-Монгольского подвижного пояса (Г.В.Гальперов, А.В.Перцов и др.), Оймяконо-Колымского региона Тихоокеанского подвижного пояса (Г.В.Гальперов, И.К.Рундквист, В.С.Антипов). Кавказско-Таврского региона Средиземноморского подвижного пояса (В.З.Сахатов). Результаты разработок обобщены в монографии «Металлогенические и тектоно-магматические исследования на основе применения материалов аэро- и космических съемок» (1988 г.). На примере Центрального Казахстана Н.В.Скубловой совершенствовались методы структурно-геоморфологического анализа при прогнозно-металлогенических исследованиях на основе широкого использования аэрокосмической информации и применения математических методов ее обработки.

Широкий круг вопросов решался в ходе тематических и опытно-методических работ в производственных подразделениях «Аэрогеологии». Среди них ведущее положение принадлежало Комплексной геологической партии № 12, в дальнейшем Центральной космоаэрогеологической экспедиции (ЦКАГЭ) — начальники В.Н.Брюханов, Г.В.Махин, А.Л.Ставцев, Р.П.Котелков, главные геологи В.Е.Гендлер, В.А.Буш, А.Л.Ставцев, главные инженеры В.Н.Кравчук, В.М.Воевода, заместитель по производству С.М.Богородский.

В данном подразделении были выполнены исследования по совершенствованию методики использования материалов аэрофотосъемки при геологическом картировании средних и крупных масштабов (В.Н.Брюханов) и поисках полезных ископаемых (В.Е.Гендлер). Для большинства территорий, на которых проводились работы, были подготовлены и изданы региональные методические руководства, материалы использовались также при написании отраслевых руководств и методических пособий.

Значительный практический эффект имели исследования по совершенствованию методики применения аэрофотоматериалов при геологическом картировании средних и крупных масштабов (В.Н.Брюханов). Именно в качестве опытно-методических проводились первые работы по разработке новых видов аэрогеологических исследований, в частности, аэрофотогеологического картирования и групповой геологической съемки масштаба 1:200 000. Работы проводились на Северо-Востоке России в низовье р. Индигирки (А.В.Артемов, Н.Н.Херасков, В.В.Козлов) и бассейнах рек Пенжины и Анадыря (В.А.Фараджев, Н.С.Афанасьева, В.Н.Широков, Р.П.Котелков). После опробования разработанной методики в производственных условиях были составлены и в 1972 г. утверждены Мингео СССР «Основные положения организации и производства групповой геологической съемки и аэрофотогеологического картирования масштаба 1:200 000» (В.А.Фараджев, Г.В.Махин). Хотя прошло 20 лет со дня издания этого документа, но и до сих пор он не утратил своего значения. Внедрение аэрофотогеологического картирования и групповой геологической съемки дало отрасли экономический эффект, исчисляемый десятками миллионов рублей ежегодно.

Методические результаты крупномасштабного аэрофотогеологического картирования в западной части Притаймырского прогиба (В.Д.Николаев), п-ова Ямал (М.С.Долотов), Восточном Казахстане (И.Ф.Лившиц), Центральной части Кызылкумов и горах Нуратау (И.К.Миронов), на Южном Урале (Е.Н.Станкевич) и Северном Кавказе (Р.И.Милосердова) были обобщены в «Основных положениях по организации групповой геологической съемки масштаба 1:50 000» (В.А.Фараджев и др.).

В ЦКАГЭ проводились и работы технического направления с целью внедрения современных достижений в геологоразведочное производство. Не имея возможности подробно останавливаться на всех этих разработках, укажем лишь некоторые: вопросы инструментального дешифрирования (В.М.Воевода, Ю.М.Трунин), применение фотограмметрических способов составления топооснов для крупномасштабного геологического картирования (Л.Я.Крайзгур), совершенствование методики и применение новых технологий топографо-геодезических работ на разных стадиях геологических исследований (Ю.С.Апостолов, А.С.Трещалин) и т.д.

Появление космических снимков позволило комплексно проводить разнообразные опытно-методические работы ЦКАГЭ, завершающиеся внедрением разработанных методик в практику: космофотогеологическое и геолого-минералогическое картирование (Н.С.Афанасьева, Н.И.Филатова, Б.В.Фунтиков, М.К.Беганян и др.); изучение тектонического строения регионов на основе использования космических снимков (В.П.Лазуткин, Г.С.Бурлакова, М.З.Глуховский, Н.И.Филатова и др.), совершенствование методики применения материалов аэрокосмических съемок для поисков полезных ископаемых (В.А.Козлов, И.Ф.Лившиц, А.С.Балуев, Р.П.Котелков), использование материалов дистанционных съемок при геологическом изучении аккумулятивного шельфа Берингова, Охотского и Японского морей (А.Л.Трещов, И.Г.Авенариус), совершенствование системы обеспечения материалами аэрокосмических съемок организаций Мингео СССР (М.А.Артамонов) и т.д.

В одном из подразделений «Аэрогеологии» (вначале в ЦКАГЭ, а затем — СпецКАГЭ) разработана оригинальная технология оценки нефтяного потенциала по материалам космических съемок без посещения исследуемых территорий (А.И.Анцифоров, М.В.Чехович, Г.А.Черкасова, В.А.Буш, Е.М.Резвов, Ю.Л.Кузнецова и др.). По этой технологии произведена оценка нефтяного потенциала ряда крупнейших нефтегазоносных бассейнов мира. Аналогичная методика была использована для оценки минерально-сырьевой базы территорий по отдельным видам рудных полезных ископаемых (В.С.Коген, М.В.Чехович, Л.Е.Эгель, Т.К.Черкасова, В.Ф.Бологов).

В числе опытно-методических и тематических работ, выполненных в «Аэрогеологии» и имеющих важное значение с точки зрения внедрения современных технологий, следует отметить следующие: исследование материалов аэро- и космических съемок в разных зонах спектра с целью повышения их геологической информативности (В.А.Горбатов, Н.А.Васильев, Ю.А.Афанасов), автоматизированная обработка аэрокосмической информации при решении разнообразных геологических задач (И.Г.Гордиенко, А.И.Златопольский, Б.В.Малкин), автоматизированная обработка геологической информации при составлении карт геологического содержания и создание программы компьютерной обработки «ГКС-Парк» (М.А.Белобородов), определение экономической эффективности использования аэро- и космической информации в геологической отрасли (В.М.Фрейзон).

Геологи предприятия участвовали в геологических исследованиях во многих странах мира. Наиболее значительные работы выполнены в Китае, Сирии, Монголии. В Китае в 1952—1958 гг. проводилась комплексная аэрогеологическая съемка масштаба 1:200 000 с целью выявления перспективных площадей для постановки детальных поисковых работ на ценные и редкие металлы, поискового бурения на нефть. Геологической съемкой в районе Синьцзяня была покрыта площадь более 35 тыс. км² и выделены перспективные участки (Г.А.Утехин, К.Я.Михайлов, Л.Б.Вонгаз, В.А.Фараджев, А.С.Макурина, Л.Н.Смирнов, Б.П.Фоменков, К.Н.Кравченко, В.Н.Брюханов и др.).

В 1958—1963 гг. в соответствии с межправительственным соглашением выполнена комплексная геологическая съемка масштаба 1:200 000 всей территории Сирии (В.П.Поникаров, В.Н.Брюханов, А.В.Ильин, К.Я.Михайлов и др.). В итоге работ на площадь около 185 км² были составлены и изданы с объяснительными записками высокоточные геологические карты, до настоящего времени остающиеся основой проведения в стране геологических исследований и поисковых работ. Кроме того, обнаружены залежи фосфоритов, ставшие объектом промышленной добычи, выявлены многочисленные структуры, на которых проведено поисковое бурение на нефть и газ, создана геологическая основа поисков подземных вод в засушливых областях, заложен научный фундамент становления национальной геологической школы.

Впервые групповую геологическую съемку масштаба 1:200 000 выполнили геологи предприятия «Аэрогеология» в пустыне Гоби — Монголия (Л.В.Заботкин, А.С.Раузер). В процессе работ специалисты предприятия передавали монгольским коллегам свой опыт.

Большая группа специалистов «Аэрогеологии» работала в Ливане, Бенине, Южном Йемене, Иране, Афганистане и на Кубе.

Огромную помощь геологи предприятия оказывали специалистам стран СЭВ в освоении методики космоаэрогеологических исследований: Болгарии (Б.Н.Можаяев, М.Т.Козицкая, Н.С.Афанасьева, В.З.Сахатов, Л.И.Соловьева, А.П.Дворянкин, А.П.Ставский), ГДР

(В.М.Широков, В.А.Буш, В.М.Будько, А.А.Кирсанов и др.), Польши, Чехословакии, а также Финляндии (Е.Е.Федоров).

В 1980—1990 гг. «Аэрогеология» активно участвовала в работах в рамках соглашения «Интергеокосмос», в которое входили геологические организации Польши, Болгарии, Венгрии, Чехословакии, ГДР и Монголии с частичным участием специалистов Румынии, Кубы и Югославии. Основная задача соглашения — взаимоознакомление и координация работ по развитию космоаэрогеологических методов в странах-участниках. В рамках соглашения периодически проводились рабочие встречи специалистов, семинары, осуществлялись работы по программам многостороннего и двустороннего сотрудничества.

Основной результат сотрудничества — заметное повышение уровня космоаэрогеологических исследований в странах СЭВ и других участников соглашения, под влиянием глубоких исследований специалистов «Аэрогеологии». Выдающимся итогом явилась составленная общими усилиями «Космотектоническая карта европейских стран — членов СЭВ и СФРЮ» масштаба 1:1 000 000 с объяснительной запиской к ней «Тектонические структуры Центральной и Юго-Восточной Европы по материалам космических съемок» (М.К.Багинян, К.П.Астахов, А.И.Шишов).

По материалам космических съемок была составлена структурно-тектоническая карта Чехословакии масштаба 1:500 000 (М.К.Багинян и др.), проведены работы по составлению прогнозной карты на полиметаллы для территории Восточных Родоп в Болгарии с использованием системы компьютерного прогноза «Регион» (А.П.Свиридов, Ю.Н.Спомиор), выполнена радиолокационная аэросъемка территории Чехословакии и произведена интерпретация полученных материалов (В.Л.Щербаков, А.А.Кирсанов и др.), осуществлен поиск месторождений нефти и газа в ГДР на основе обработки космических снимков (О.И.Карасев, Д.А.Балабаев) и т.д.

Предприятие «Аэрогеология» провело два семинара под эгидой региональной организации ООН стран Юго-Восточной Азии и Тихого океана — ЭСКАТО, на которых специалисты делились опытом с коллегами из Китая, Монголии, Непала, Австралии, Бангладеш, Афганистана, Шри-Ланки и других стран региона.

Через ВАГТ — «Аэрогеологию» прошло несколько поколений геологов-съемщиков и аэрогеологов. Многие из них работают в настоящее время не только в родственных организациях системы Роскомнедра, но и на научно-исследовательском поприще, в академических институтах, на преподавательской работе в вузах, во многих организациях различных ведомств и в штабе отрасли — Министерстве геологии СССР, а ныне в Комитете Российской Федерации по геологии и использованию недр. Не одно поколение студентов МГУ, МГРИ и Саратовского университета, с которыми у ВАГТа был договор, прошли свою производственную практику и приобрели профессиональные навыки в экспедициях ВАГТа. С полным правом можно сказать, что «Аэрогеология» — подлинная школа геологической съемки и космоаэрогеологических методов.

По договорам о научно-техническом сотрудничестве многие выдающиеся геологи страны работали в экспедициях «Аэрогеологии»: профессора МГУ (А.А.Богданов, В.Е.Хаин, Д.С.Кизельватер, Е.М.Вишковская), МГРИ (А.Д.Ажгирей), Саратовского Университета (А.И.Олли, В.П.Философов) и др.

ВАГТ — «Аэрогеология» были инициаторами и организаторами множества всесоюзных, отраслевых и региональных конференций, семинаров, симпозиумов, школ, на которых специалисты предприятия делились своими знаниями и опытом.

На протяжении двух десятилетий в «Аэрогеологии» функционировал созданный по инициативе Г.В.Махина методкабинет, сотрудники которого (В.И.Фомин, А.П.Дорогутин, А.Б.Каримова) оказывали практическую помощь собственным партиям и геологам сторонних организаций в овладении методами инструментального дешифрирования.

На счету «Аэрогеологии» много изданной продукции: десятки карт, монографий, в том числе изданных за рубежом. Следует особо выделить обзорные и мелкомасштабные карты на территорию всей страны и отдельных крупных регионов. К числу таких карт относятся «Космогеологическая карта СССР» масштаба 1:2 500 000 (главный редактор Е.А.Козловский), «Геодинамическая карта СССР» масштаба 1:2 500 000 (редакторы Л.П.Зоненшайн, Н.В.Межеловский, Л.М.Натапов). Данные карты демонстрировались на сессиях Международного геологического конгресса и были восприняты с большим интересом.

Свое 50-летие «Аэрогеология» отмечает в условиях перестройки отрасли и общего спада объемов геологоразведочных работ, вызванных тяжелым экономическим положением России. Перед российскими геологами стоит задача создания минерально-сырьевой базы страны и обеспечения народного хозяйства полезными ископаемыми в полном объеме, что вызывает необходимость обновления и составления (там, где этого не было сделано) среднемасштабных геологических карт и требует совершенствования технологии региональных гео-

логических исследований. Свой вклад в общее дело регионального геологического изучения территории России на ближайшие годы геологи предприятия видят в компьютеризации процесса геологического картографирования на основе ГИС-технологий и использования в своих работах материалов дистанционных съемок, получаемых новым поколением технических средств, представляющих информацию в различных (в том числе и узких) зонах спектра с высоким пространственным и метрическим разрешением.

Топливоно-энергетическое сырье

УДК 553.98.061.3

© В.И.Башилов, В.Ф.Куприн, 1995

Связь месторождений и проявлений нефти и газа с разрывными нарушениями Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна

В.И.БАШИЛОВ, В.Ф.КУПРИН

Тимано-Печорский бассейн (ТПБ) является типично рифтогенным, а, следовательно, наиболее перспективным для поисков нефти и газа [16]. Процессы рифтогенеза начались здесь, по достаточно обоснованным данным, в позднем протерозое, хотя не исключено, что их начало уходит в ранний протерозой [10, 12]. Они охватили Верхнепечорскую впадину и, вероятно, Западный Урал, Печоро-Колвинский авлакоген, а также восточную часть Хорейверской впадины, Варандей-Адзвинскую зону (рисунок). В последних двух разломы имели северо-западное простирание и на юго-востоке пересекали современный Приполярный и Полярный Урал. В качестве трансформно-подобных в то время выступали разломы северо-восточного простирания поднятия Чернышева и, судя по работам В.И.Ленных, Л.П.Зоненшайна и др., Приполярного и Полярного Урала, а также, возможно, широтный разлом между Печоро-Колвинским и Верхнепечорским рифтами, к которым в палеозое, раннем мезозое приспособились край Уральского рифта и образование гряды Чернышева. Следующий этап рифтогенеза, начавшийся в среднем девоне — раннем карбоне, привел к формированию Печоро-Колвинского авлакогена, включая Малоземельско-Колгуевскую моноклиаль [5], а также проявился на Северном и Среднем Тимане, вероятно, в Варандей-Адзвинской зоне. На последующем за ним инверсионном этапе в среднем карбоне — раннем триасе практически была сформирована современная структура бассейна, а на посленинверсионном этапе произошло общее опускание бассейна с образованием современной Печорской синеклизы. Таким образом, ТПБ в течение протерозоя и фанерозоя прошел все стадии развития, типичные для рифтогенных бассейнов, от неоднократных этапов рифтогенеза, через инверсию, до синеклизного этапа.

Именно для таких бассейнов и их нефтегазоносности особое значение имеют разрывные нарушения всех простираний, которые разделяют их на тектонические блоки с разным режимом развития, являющиеся путями движения термоблю-

идопотоков, оказывают решающее влияние на образование структурных форм разных порядков, на образование и размещение скоплений углеводородов (УВ). Поэтому выявление и картирование таких нарушений, выяснение их выраженности в осадочном чехле и более низких горизонтах литосферы, влияние на образование и размещение месторождений нефти и газа приобретают первостепенное значение. Не менее важны и методы обнаружения таких нарушений.

Обычно разрывные нарушения выделяются, особенно в закрытых районах, к которым и относится ТПБ, с помощью региональных геофизических методов, включая и сейсморазведку. Но как показывают исследования, с помощью этих методов достаточно надежно выявляются лишь высокоамплитудные разломы, чаще всего продолженные по отношению к складчатым формам, т.е. те, которые выражены контрастными градиентами в геофизических полях или резкими ступенями в положении опорных сейсмических горизонтов. Малоамплитудные разрывы, особенно секущие простирание складчатости, распознаются на этих материалах с трудом, порой при направленном их поиске, требующим специальной обработки первичных данных, обычно крупномасштабных и высокоточных, не говоря уже об узких зонах повышенной трещиноватости, выраженных небольшими изгибами изоаномал или изодинам, которые можно принять за отражение разрывных нарушений лишь при дополнительной информации о наличии здесь разрыва.

Вероятно, именно из-за этих ограничений геофизических методов на большинстве тектонических и структурных карт ТПБ почти полностью отсутствуют секущие разломы и зоны повышенной трещиноватости [17], хотя никто из ведущих геологов, работающих здесь, не сомневается в их присутствии и значении. Эти нарушения, однако, являются крупномасштабными высокоточными магнитометрическими и гравиметрическими работами, которые не охватывают бассейн в целом.

Восполнить этот пробел смогли лишь космогеологические методы исследований. Их большая,

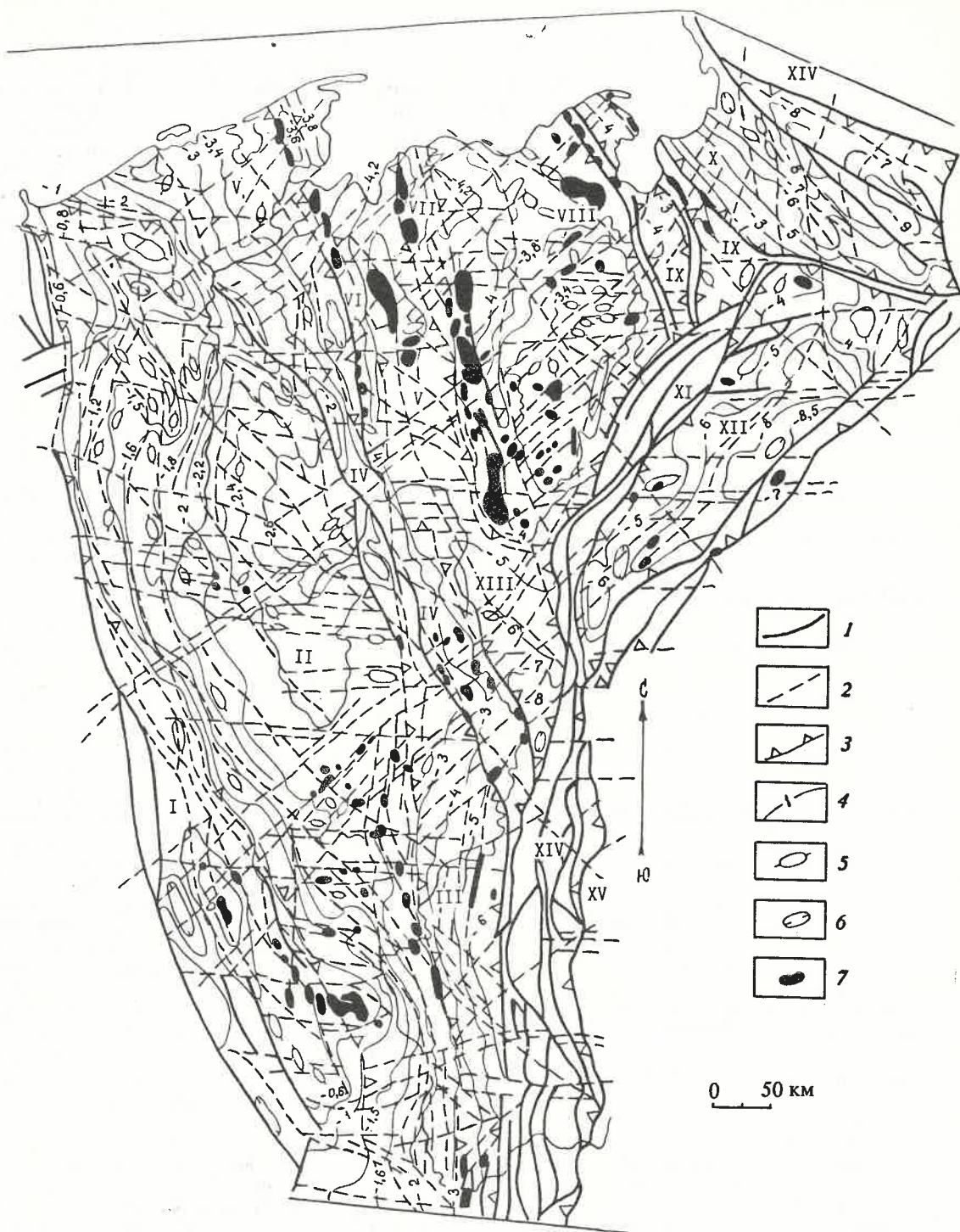


Схема разрывных нарушений, месторождений нефти и газа Тимано-Печорского бассейна:

1 — разломы открытые со значительным смещением слоев венд-рифейского складчатого основания и большей части осадочного чехла; 2 — узкие зоны трещиноватости осадочного чехла, погребенные разломы складчатого основания; 3 — границы наиболее крупных тектонических элементов современного структурного плана; 4 — изогипсы подошвы доломитовых отложений верхнего девона [17]; 5 — локальные поднятия структурной поверхности; 6 — локальные опускания структурной поверхности; 7 — месторождения нефти и газа. Тектонические элементы: I — Восточно-Тиманское поднятие; II — Ижма-Печорская впадина; III — Верхнепечорская впадина; Печоро-Колвинский авлакоген; IV — Печоро-Кожвинский мегавал, V — Денисовский прогиб, V₁ — Малоземельско-Колгуевская моноκлиналь, VI — Шапкино-Юрьянский вал, VII — Колвинский мегавал; VIII — Хорейверская впадина; IX — Варандей-Адзвинская структурная зона; X — Коротайхинская впадина; XI — поднятие Чернышева; XII — Косью-Роговская впадина; XIII — Большесынинская впадина; XIV — Западно-Уральская структурная зона; XV — Центральноуральское поднятие.

практически безальтернативная эффективность при картировании разрывных нарушений всех простираций различного тектонического ранга доказывается результатами их применения во всех странах СНГ и за рубежом, во всех геологических и географических обстановках. Только применение космометодов позволяет создать действительно объективную картину дизъюнктивной делимости земной коры, реально представить тектонические и, в частности, нефтегазогеологические закономерности, показать выраженность разломов в неотектонике, что особенно важно для нефтегазопроисловых целей. Они не являются панацеей, но в совокупности с другими геолого-геофизическими методами дают возможность наиболее полно изучить все геологические и особенно тектонические элементы, точно показать их на картах. С их помощью можно изучить весь заданный регион без «пустых» пространств, образующихся от информационной дискретности других методов.

Способы и эффективность их применения на территории ТПБ изложены в работах [1, 8 и др.]. Добавим лишь, что в них речь шла о применении космических снимков (КС) с разрешающей способностью на местности в несколько десятков метров, а в данной статье используются результаты дешифрирования КС с разрешающей способностью 8—10 м, что почти не отразилось на методических приемах, но позволило выделить ряд новых разрывных нарушений и уточнить положение известных.

На представленной карте (см. рисунок) разрывы разделены на две группы: открытые — со значительным смещением по ним как поверхности рифей-вендского складчатого основания, так и горизонтов большей части осадочного чехла, и погребенные — узкие зоны повышенной трещиноватости осадочного чехла, которым лишь в складчатом основании соответствуют разломы со смещением слоев. Это доказывается направленной обработкой региональных геофизических материалов, включая и сейсморазведку различными методами [1, 8], а присутствие над ними узких зон повышенной трещиноватости — результатами площадных электроразведочных работ методом ВЭЗ и специально проведенными при наших исследованиях работами методом ВЭЗ (ДЭЗ/МДС) [4].

На карту вынесены далеко не все разрывные нарушения, выявленные в ТПБ, а только наиболее протяженные, чаще всего сгруппированные в зоны. По ориентировке в системе координат они образуют две системы общих простираций: ортогональную (С-Ю, З-В) и диагональную (СЗ-ЮВ, СВ-ЮЗ), соответствующие ориентировке планетарной трещиноватости. Но на фоне этих общих простираций отмечаются аномалии, выраженные в локальных изгибах отдельных разрывов и их зон. Такие наиболее крупные аномалии отмечаются в районах, расположенных вблизи Урала, при этом выпуклая сторона изгибов направлена на запад, северо-запад и юго-запад, в полном соответствии с изменением простираций Урала и Пай-Хоя. Такое совпадение может свидетельствовать об образовании этих изгибов вследствие латерально направленных тектонических напряжений, идущих от Урала в сторону Печорской синеклизы. Изгибы уменьшаются при удалении от Урала, но вновь появляются на западных граничных разрывах Печоро-Колвинского авлакоге-

на, Верхнепечорской впадины и на восточных границах Тимана, но уже в противоположную сторону. Их появление связано с развитием этих тектонических элементов, инверсии, складчатости, которые порождали тангенциальные, локальные напряжения. В ряде мест небольшие изгибы, обычно в узлах пересечения нарушений разных простираций, явно связаны со сдвиговыми смещениями по разрывам, не только по секущим, но и по продольным. Наибольшая прямолинейность свойственна разрывам северо-восточного простираения, особенно на наиболее стабильных в тектоническом отношении структурных элементах, таких как Ижма-Печорская и Хорейверская впадины, что объясняется, вероятно, отсутствием здесь значительных тангенциальных напряжений. По нашему мнению, конфигурация выделенных нарушений, их распределение по площади создают картину геодинамического состояния бассейна, который создан взаимодействием горизонтально и вертикально направленных напряжений. При этом горизонтальные напряжения создаются не только Уральским орогеном, но и другими крупными, наиболее активными тектоническими элементами, и местами направлены не от Урала, а к нему. Вероятно, эти напряжения зарождаются в самих зонах наиболее крупных и долгоживущих разломов.

По глубине проникновения наиболее протяженные разрывы относятся к мантийным. В основном это продольные разломы. Но к этой же категории можно отнести и самые протяженные широтные и северо-восточные нарушения, а также секущие северо-западных простираций, на основании их сквозного характера, приуроченности к их зонам ультраосновных и щелочных образований в теле рифей-вендского складчатого этажа. Часто параллельно им и вблизи от мантийных продольных разломов развиты среднекоровые разломы, достигающие и угасающие в нижнем пластичном слое земной коры и имеющие ярко выраженный листрический облик [3]. Более мелкие нарушения достигают лишь верхних слоев складчатого основания. По простираению глубина разломов может меняться, особенно при пересечении их с разрывами секущих простираций.

Для отражения структурообразующей роли разрывов, их выраженности в осадочном чехле, показа их положения по отношению к складчатым формам чехла на карту (см. рисунок) нанесены изогипсы подошвы доманиковых отложений верхнего девона, взятые из работы [17]. Эта структурная поверхность выбрана авторами для характеристики общей структуры бассейна потому, что доманиковые отложения занимают 70 % площади ТПБ, их подошва представляет собой уверенный сейсмический горизонт и достаточно отчетливо выражена на каротажных диаграммах и, следовательно, сравнительно хорошо изучена по геофизическим и буровым данным, а кроме того, наиболее представительна для характеристики структур выше- и нижележащих нефтегазоносных комплексов палеозоя. Поверхность отражает и изменение мощностей большей части осадочного чехла и, естественно, по ней можно судить о влиянии разрывов на эти изменения, в какой-то степени определить конседиментационность их развития в фанерозое.

Выделенная структурная поверхность хорошо вписывается в конфигурацию разрывных нару-

шений. Видно, что движения по этим нарушениям не только влияют на распределение по площади и форму основных структурных элементов бассейна, показывая их блоковый характер, но и определяют во многом распределение мелких структурных форм (структурных носов, заливов). Разрывы как бы диктуют конфигурацию структурной поверхности, подчеркивая их теснейшую взаимосвязь. Становится ясно, что большинство валообразных поднятий являются приразломными и образованы за счет вертикальных подвижек, сколов в складчатом основании в зонах крупных разломов. Конформно с разрывами расположено и большинство локальных поднятий, которые часто приспосабливаются к простиранию и положению нарушений. Сопоставление подтверждает достаточно утвердившееся в нефтяной геологии положение о тесной генетической связи складчатых форм нефтегазоносных бассейнов с погребенными или открытыми разломами (В.П. Гаврилов, Г.И. Амурский и многие другие). Некоторое несовпадение разрывов со структурной поверхностью, вероятно, объясняется разным количеством информации, вложенной в построение карт разломов и структуры. Не менее тесная пространственная связь наблюдается между разрывами и месторождениями нефти и газа, тщательно нанесенными на нашу карту. При такой связи обращает на себя внимание то, что в наиболее подвижных блоках бассейна месторождения тяготеют к продольным разломам, в наиболее стабильных — к поперечным (Ижма-Печорская, Хорейверская впадины). Теснейшая связь месторождений и разломов вызвана главным образом зависимостью структуры чехла от движений по этим разломам, а также резким повышением коллекторских свойств, особенно хрупких пород (известняков, доломитов и др.) в зонах дизъюнктивных нарушений, а в ТПБ именно к таким породам приурочены почти половина запасов нефти и большая часть запасов газа. Даже в терригенных породах коллекторские свойства в зонах разломов заметно улучшаются. Например, по данным В.А. Гроссгейма и др. (1986), на некоторых площадях трещинная проницаемость терригенного девона на много выше межзерновой и составляет $(2 \div 12) \cdot 10^{-3}$ мкм² против $(0,001 \div 1,46) \cdot 10^{-3}$ мкм².

Различный кинематический тип разрывов определяет прежде всего условия аккумуляции. Там, где породы не испытывали значительных латеральных напряжений, в приразломных зонах образуются массивные и пластовые сводовые ловушки, иногда затронутые разрывами. Это характерно для месторождений Мичаю-Пашнинского вала, Колвинского мегавала, вала Сорокина. Сочетание вертикальных и горизонтальных напряжений способствует образованию характерных бескорневых, часто линейно вытянутых, тектонически экранированных ловушек, приуроченных к фронтальным частям надвигов и сопряженных с ними тыловых антиклиналей. Такого рода ловушки распространены в Верхнепечорской впадине (Вуктыльское и Куринское месторождения), Косью-Роговской впадине (Лемвинское и Интинское месторождения). Но в то же время в бассейне широко распространены ловушки неантиклинального типа, связанные, прежде всего, с выклиниванием отдельных нефтегазовмещающих горизонтов (месторождения Тимана —

Чибьюское, Седельское и др.) и рифами (центральной части Ижма-Печорской впадины — Аресско-Чикшинской зоны). Анализ их распределения показал, что выклинивание горизонтов приурочено к зонам конседиментационных разломов, чаще продольных, а распределение по площади рифовых гряд и отдельных построек также генетически связано с этими зонами как продольными [6], так и секущими [13]. Например, в южной части бассейна, где во франско-фаменском комплексе широко развиты депрессионные фации, наблюдается существенное увеличение мощности карбонатных пород в зонах развития разломов, связанное с рифами.

Разрывные нарушения не только способствуют локализации скоплений УВ, а, вероятно, существенно влияют на их генезис. Выводы о генетическом значении разломов хорошо иллюстрируются результатами геолого-геохимических работ, направленных на выявление газогеохимических и битуминологических характеристик палеозойских пород Западного склона Урала [2, 3]. Эти работы показали, что все участки с аномальным содержанием УВ приурочены к зонам главным образом продольных разломов — мантийным и среднекоровым. Обнаруженные в пределах таких зон проявления УВ различного фазового состава, от метана и газоконденсатов до асфальтитов и минеральных ассоциаций типа кварц+кальцит+нафтид+флюорит свидетельствуют о генетической роли разломов, в пределах которых образование УВ могло происходить двумя путями. Первый путь — это внедрение по разломам в осадочную оболочку УВ глубинного генезиса, что доказывается обнаружением здесь реликтов восстановленных флюидных систем, относительно низкотемпературных (70—260°C), газовая фаза флюидов представлена метаном и его гомологами, а жидкая — водными углеводородными составляющими [2]. Глубинный генезис УВ, интенсивно катагенетически измененных, подчеркивается резким несовпадением катагенетической преобразованиями вмещающих пород западного склона Урала, термическая история которых говорит о невозможности генерации подобных УВ-систем и наличием в нафтидах элементов-мигрантов мантийного происхождения [2]. В некоторых разломах следы этих же элементов были нами обнаружены, но вне отсутствия связи с проявлениями УВ. Результаты изучения состава битумоидов на молекулярном уровне свидетельствуют, что УВ представляются двумя или несколькими генетическими группами. Однако результаты пиролиза пород (повышенные содержания S₂ и ТОС) и повышенные содержания сингенетических битумоидов наводят на мысль, что в зонах разломов происходила и происходит в настоящее время активная генерация УВ за счет преобразования органического вещества вмещающих пород. Усиленный прогрев вещества осуществляется в результате как конвективного, так и кондуктивного теплопереноса. Реликты восстановленных флюидных систем установлены на нескольких уровнях изучения [14] в теле складчатого основания и на его поверхности, в осадочном чехле, на дневной поверхности.

Современные процессы дегазации Земли, которые наследуют древние, подтверждаются наличием своеобразных процессов, названных А.Е. Лукиным «типогенным аллогенезом» [9] в

активных, интенсивно нарушенных разломами районами, например, Печоро-Колвинский авлакоген, Верхнепечорская впадина. Для зон гипогенного алогенеза характерны существенные превышения флюидных палеотемператур над фоновыми кондуктивными, активный эксфильтрационный гидрогеологический режим при широком участии глубинных петрогенетических факторов, относительная кратковременность процессов. Явления гипогенного алогенеза в Тимано-Печорском бассейне наблюдались в пределах Печоро-Колвинского авлакогена (месторождения Шапкино, Харьяга, Возей и др.), их можно предполагать и в других районах, в частности, в пределах Верхнепечорской и Косью-Роговской впадин. Прежде всего, это подчеркивается гидрогеологической инверсией, т.е. появлением под литокатагенными хлоркальциевыми расолами менее минерализованных вод, что широко развито в пределах бассейна [11]. Проведенные А.Е.Лукиным специальные исследования показали, что именно глубинные процессы ведут к изменению химического состава вод. Эти же процессы ведут и к образованию аномально высоких пластовых давлений, широко развитых в пределах ТПБ. Наличие АВПД приводит к образованию многоэтажных залежей, и в таких случаях диапазон нефтегазонасыщенности резко увеличивается (месторождения Лаявож, Уса, Харьяга, Варандей-Адзвинской зоны), причем в нижележащих отложениях объем УВ может быть меньше, чем в вышележащих, т.е. системы с АВПД являются, по выражению К.А.Аникеева, «рабочим телом», проталкивающим УВ в осадочный чехол. При этом некоторые факторы, вызванные дефлюидизацией, улучшают коллекторские свойства. Появление газово-жидких компонентов, обладающих повышенной растворяющей способностью и высокой гидродинамической энергией, приводит к образованию как межзерновой пористости и проницаемости, так и слойчатой трещиноватости [15]. Возникновение АВПД также приводит к образованию дополнительных трещин, которые обеспечивают фронт продвижения флюидов [18].

Еще одно доказательство глубинного происхождения УВ — наличие в ряде залежей высокопарафинистых, с содержанием парафина более 10 %, нефтей, образование которых происходит при температурах более 300 °С, а миграция к местам скопления — в газовой фазе в условиях сверхвысоких давлений [7]. Такие нефти установлены в бассейне в пределах Печоро-Колвинского авлакогена, Варандей-Адзвинской зоны и на некоторых других месторождениях, имеющих гидродинамическую связь с глубокопроникающими разломами.

Образование скоплений УВ на Тимане в условиях небольшой мощности осадочного чехла, при неблагоприятных термобарических условиях обусловлено современной дефлюидизацией глубоких недр по разломам. Современность процесса проявляется незначительными толщинами пород — флюидупоров, неспособных выдержать значительный перепад давлений (что доказывается существованием на Тимане области аномально низких пластовых давлений), образованием ловушек в четвертичное время (Г.Д.Удот, 1988), трехкратным возобновлением запасов в процессе эксплуатации газового месторождения Водный промысел в течение 30 лет.

Построение моделей прогрева бассейна позволило сделать выводы и об увеличении темпов генерации за счет преобразования исходного органического вещества пород. Отложения в зонах разломов входят в условия, благоприятные для генерации раньше, чем находящиеся вне разломов, прогрев осуществляется интенсивнее, уровень катагенетических преобразований выше.

Однако следует заметить, что далеко не все разломы являются проницаемыми для движения глубинных флюидов. Часто процесс образования месторождений обусловлен многими факторами, некоторым из них невозможно дать четкое определение. Совершенно очевидно «наложение» двух процессов: результатов катагенеза осадочных пород, обогащенных ОВ, и движущихся из глубоких недр потоков глубинных восстановленных флюидных систем, состоящих в основном из углеводородных компонентов. Для выяснения роли разломов следует проводить их дальнейшее геолого-геохимическое изучение, в частности, определение газогеохимических и битуминологических характеристик, которое, по нашему мнению, дает хорошие результаты. Например, выявленное нами значительное поверхностное нефтегазопоявление на р. Верхняя Сочь в зоне разлома, ограничивающего с востока Верхнепечорскую впадину, подтверждено притоком жидкого газа в скважине 1-Верхняя Сочь (Н.В.Беляева и др., 1993). Весьма вероятно, что зоны разломов, глубоко проникающие в недра, в которых установлена проводимость для глубинных УВ-флюидов, следует считать очагами нефтегазообразования, а прилегающие к ним складчатые формы — наиболее перспективными поисковыми объектами. Миграция углеводородов во многом останавливается не столько флюидупором, сколько наличием достаточно емкого коллектора, в котором мигрирующие компоненты могут накапливаться.

Таким образом, выявленная система разломов четко отражается в структуре ТПБ. Разломы образовались в глубоком докембрии и позднем протерозое, по крайней мере фанерозое, играли разную тектоническую роль, если не на всем протяжении, то фрагментарно. Формы их проявления разные: от активных частей трансформоподобных разломов, ограничений и центральных частей рифтов до зон повышенной трещиноватости осадочного чехла. Их положение и развитие определяет размещение локальных структурных форм, зон выклинивания отдельных горизонтов, рифов, температурный режим. Перестройка тектонического плана заметно не влияет на их площадное положение, подтверждая заключение Н.С.Шатского 50-х годов о наиболее консервативной, линейной унаследованности. Все это, а также влияние разломов на образование скоплений и самих УВ делает зоны этих разломов наиболее перспективными для поисков месторождений нефти и газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башилов В.И. Разломы фундамента севера Восточно-Европейской платформы, их тектоническое значение и методы выявления // Геология и геохимия севера европейской части СССР. М., 1983. С. 105—119.
2. Башилов В.И., Курпин В.Ф., Готтих Р.П. и др. Проявление углеводородной дегазации в разломе

- ных зонах западного склона Северного Урала // Геология нефти и газа. 1991. № 11. С. 17—21.
3. *Башилов В.И., Куприн В.Ф., Забровская Т.В.* Разрывные нарушения и их влияние на структуру и нефтегазоносность Северного Урала и Верхнепечорской впадины // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1994. № 4. С. 39—46.
 4. *Боголюбов А.Н., Башилов В.И., Забровская Т.В.* Использование электроразведки методом ВЭЗ (ДЭЗ) МДС при космоструктурном картировании нефтегазоносных территорий // Советская геология, 1992. № 3. С. 73—79.
 5. *Дедеев В.А., Аминов Л.З., Малышев Н.А. и др.* Рифтогенез и нефтегазоносность северо-востока Европейской платформы. Рифтогенез и нефтегазоносность. — М.: Наука, 1993.
 6. *Галкин А.И.* Особенности распространения и нефтегазоносность органогенных построек карбона и перми в северной части Тимано-Печорской провинции // Обзор ВНИИ эконо. минер. сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС). М., 1986.
 7. *Кордус В.И., Мотовилов П.И.* Геохимическая природа и условия образования высокопарафинистых нефтей // Тр. ВНИГРИ. 1989. С. 152—166.
 8. *Космогеология СССР.* /Афанасьева Н.С., Башилов В.И., Брюханов В.Н. и др. — М.: Недра, 1987.
 9. *Лукин А.Е.* Гидрогеологическая инверсия как признак современных процессов дегазации Земли // Дегазация Земли и геотектоника. М., 1991. С. 153—154.
 10. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах) — М.: Недра, 1983.
 11. *Мильков В.М.* Гидрогеологические условия глубокой нефтегазоносности Предуральяского краевого прогиба // Печорский нефтегазоносный бассейн (геология, геохимия). Сыктывкар, 1988. С. 82—84.
 12. *Островский М.И., Кунин Н.Я.* Строение фундамента Предуральяского краевого прогиба // Советская геология. 1986. № 6. С. 82—88.
 13. *Офман И.П., Киселева Г.П.* Печорский эскарп и его генезис // Известия АН СССР. Сер. геол. 1992. № 12. С. 115—124.
 14. *Писоцкий Б.И., Башилов В.И., Куприн В.Ф., Крапиво П.И.* Признаки проявления глубинной дегазации в нефтегазоносных бассейнах // Дегазация Земли и геотектоника. М., 1991. С. 156—157.
 15. *Соколов Б.А.* Дискуссионные проблемы современной нефтегазовой литологии // Бол. МОИП. Отд. геологии. 1990. № 65, 3. С. 132.
 16. *Соколов Б.А., Ларченков Е.П.* Нефтегазгеологический режим как фактор нефтегазоносности (на примере рифтогенных осадочных бассейнов) // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья: Обзор МГП Геоинформмарк. М., 1992.
 17. *Тектоника Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции* (Объяснительная записка к «Структурно-тектонической карте Тимано-Печорской провинции масштаба 1:1 000 000») /Дедеев В.А., Юдин В.В., Богацкий В.И. и др. Коми научный центр УрО АН СССР. Сыктывкар, 1989.
 18. *Улыбин О.А., Абрамова Н.Н.* Влияние АВПД на петрофизические свойства карбонатных пород (на примере подсолевого палеозоя Прикаспия и нижнедевонско-силурийского комплекса Тимано-Печорской синеклизы) // Методы оценки сложных коллекторов. Л., 1988. С. 107—111.
 19. *Хашин В.Е., Соколов Б.А.* Рифтогенез и нефтегазоносность: основные проблемы // Рифтогенез и нефтегазоносность. М., 1993. С. 5—16.

УДК 528:77.550.814

© Коллектив авторов, 1995

Интерпретация материалов ИК-тепловой аэросъемки нефтяного месторождения Тенгиз*

Б.Н.МОЖАЕВ (ГНПП «Аэрогеология»), В.Г.МОЖАЕВА, В.А.СИДОРОВ («Экогеоцентр»), Е.Л.ЗЛОБИН, А.А.ФЕОКТИСТОВ (РосИМЗ)

Материалы ИК-тепловой аэросъемки для выявления месторождений нефти и газа в нашей стране и за рубежом использовались неоднократно [1—3]. Качество материалов, а соответственно и достоверность их интерпретации во многом снижались вследствие фотохимической обработки аэропленки и последующей фотопечати. В целях повышения информативности ИК-аэросъемки по договору с «Экогеоцентром» Российским институтом мониторинга земель и экосистем в конце октября 1991 г. многозональным сканером М-867 фирмы «Матра» (Франция) в диапазоне 8—14 мкм была выполнена съемка района нефтяного месторождения Тенгиз в Западном Казахстане [4].

Месторождение Тенгиз приурочено к одноименному поднятию, расположенному в юго-восточной

части Русской плиты на северо-восточном берегу Каспийского моря. В его строении выделяются три структурных этажа (комплекса). Нижний, подсолевой, комплекс представляет собой крупный выступ изометрической формы размером 20×21 км, амплитудой около 1000 м, сложенный в целом горизонтально залегающими верхнедевонскими и каменноугольными карбонатными отложениями. Выступ перекрывается породами артинского яруса пермской системы, выполняющими неровности допермской сильно расчлененной поверхности.

Средний структурный этаж образуют сульфатно-галогенные отложения кунгурского яруса пермской системы мощностью 456—1635 м. Поверхность соленосной толщи очень неровная. В мезозойско-кайнозойских отложениях надсолевого комплекса в районе месторождения развиты отдельные локальные поднятия и прогибы с неустойчивым структурным планом, амплитуда которых изменяется от 150 м в основании юры до 30 м в среднем эоцене. Комплекс разбит системой разломов преимущественно северо-восточной ориентации.

* Доклад на 9-й Тематической конференции по дистанционным методам в геологии (февраль 1993 г., Пасадена, Калифорния, США) и на научной конференции, посвященной 50-летию ВНИИКАМ (май — июнь 1993 г., Санкт-Петербург).



Рис. 1. Репродукция карты радиоярких температур района месторождения Тенгиз, ориентировочный масштаб 1:300 000:

темный цвет — 2,8—3,5, светлый — 3,7—6 °С

Выбор оптимальных природных условий ИК-тепловой аэросъемки, модернизации сканера, применение специально разработанных программных средств, использующих информацию о регистрируемом датчиками излучении от бортового абсолютного черного тела, обеспечили метричность всего массива данных на уровне 0,1 К. Автоматизированная обработка полученных данных включала геометрическую и радиометрическую коррекцию, компенсацию временного дрейфа характеристик ИК-излучения во время съемки и ряд других процедур. В результате получена цветная карта радиояркой температуры поверхности Земли (рис. 1). Диапазон температуры элементов изображения на момент съемки от 2,8 до 6 °С. На карте поле температур представлено гаммой условных цветов, каждый из которых соответствует определенному значению радиоярких температур в пределах пиксела (50 × 50 м на земной поверхности).

Фон составляют участки с мозаичной текстурой изображения, образуемой мелкими (50—100 м на местности) в беспорядке расположенными «холодными» и «теплыми» пятнами с температурой в основном 3,5—4,5 °С. Колебания темпе-

ратуры в пределах фона связаны с мелкими неровностями рельефа и распределением растительного покрова. Большие площади на карте заняты «холодными» (2,8—3,5 °С) и «теплыми» (4,6—6 °С) аномалиями изображения. Отчетливо выделяются линейные и линейные зоны, различающиеся текстурой. Крупные «теплые» аномалии приурочены к песчаному массиву восточнее месторождения и к береговой полосе Каспийского моря к западу от него. Северной части месторождения соответствует самая крупная «холодная» аномалия (2,8—3,5 °С). Аналогичные аномалии выявлены ИК-тепловой аэросъемкой под другими известными месторождениями — Королевским и Прорвинскими. Это дает основание рассматривать крупные «холодные» аномалии изображения поля радиоярких температур в качестве регионального признака нефтяных месторождений.

Причина образования «холодных» аномалий над нефтяной залежью Тенгиз может быть установлена только с учетом всех особенностей геологического строения поднятия, явлений и процессов, происходящих в его пределах.

Северная часть месторождения имеет сложное тектоническое строение. Здесь в подсолевом ком-

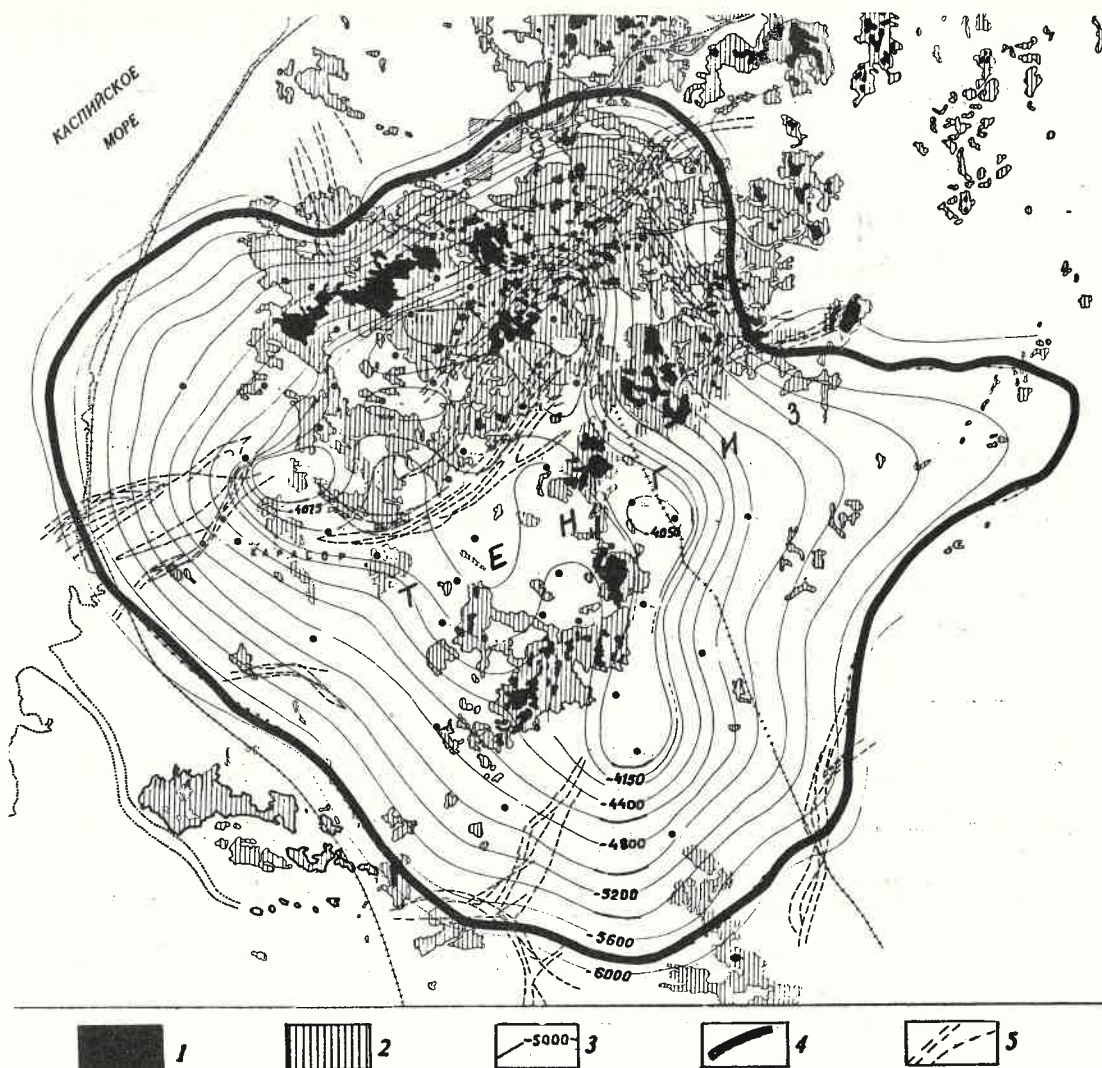


Рис. 2. Корреляция «холодных» аномалий поля радиоярких температур со структурой подсолевого комплекса поднятия Тенгиз, ориентировочный масштаб 1:300 000:

радиояркие температуры, °С: 1 — 2,8—3; 2 — 3—3,5; 3 — стратоизогипсы подошвы кунгурских соленосных отложений, м; 4 — контур поднятия; 5 — разломы в юрских и меловых отложениях

плексе зафиксированы многочисленные пликтивные и дизъюнктивные структуры, многие из которых развивались унаследованно. Особенно следует отметить повышенную плотность разрывных нарушений различного таксономического ранга преимущественно северо-восточного направления, обнаруженных сейсморазведкой в мезозойских отложениях, бурением и дистанционными методами — в кайнозойских (рис. 2).

В результате обработки гравиметрических данных в северной части месторождения выявлены узкие (шириной 1—2 км) субвертикальные зоны с плотностью пород на 0,2—0,4 г/см³ меньше фоновых значений (рис. 3, д). Эти зоны следует считать «сквозными», т.к. они прослеживаются от нефтяного резервуара вплоть до приповерхностных отложений.

Высокая плотность дизъюнктивных нарушений и пониженная плотность пород свидетельствуют о повышенной проницаемости надсолевого

комплекса для газовых компонентов. Так, концентрация сероводорода над зонами флексуно-разрывных нарушений 0,012 мг/м³, что в 2,5—4 раза выше фоновой (0,003—0,005 мг/м³). По данным геохимического опробования около 100 скважин установлено аномально-высокое содержание углеводородного газа в воде в северной части месторождения (до 1 см³/л). Углеводородные аномалии имеют восточно-северо-восточное простирание, согласное простиранию большинства разрывных нарушений (рис. 4).

Дважды в год на территории месторождения из спаренных скважин глубиной 5 и 15 м, объединенных в 50 кустов, отбираются пробы для определения содержания гелия. В целом интенсивность гелиевого поля в северной части месторождения в 2—3 раза выше, чем в южной. Наиболее интенсивные гелиевые аномалии тяготеют к северной части профиля. Интенсивность локальных аномалий 200—300 мл/л и более.

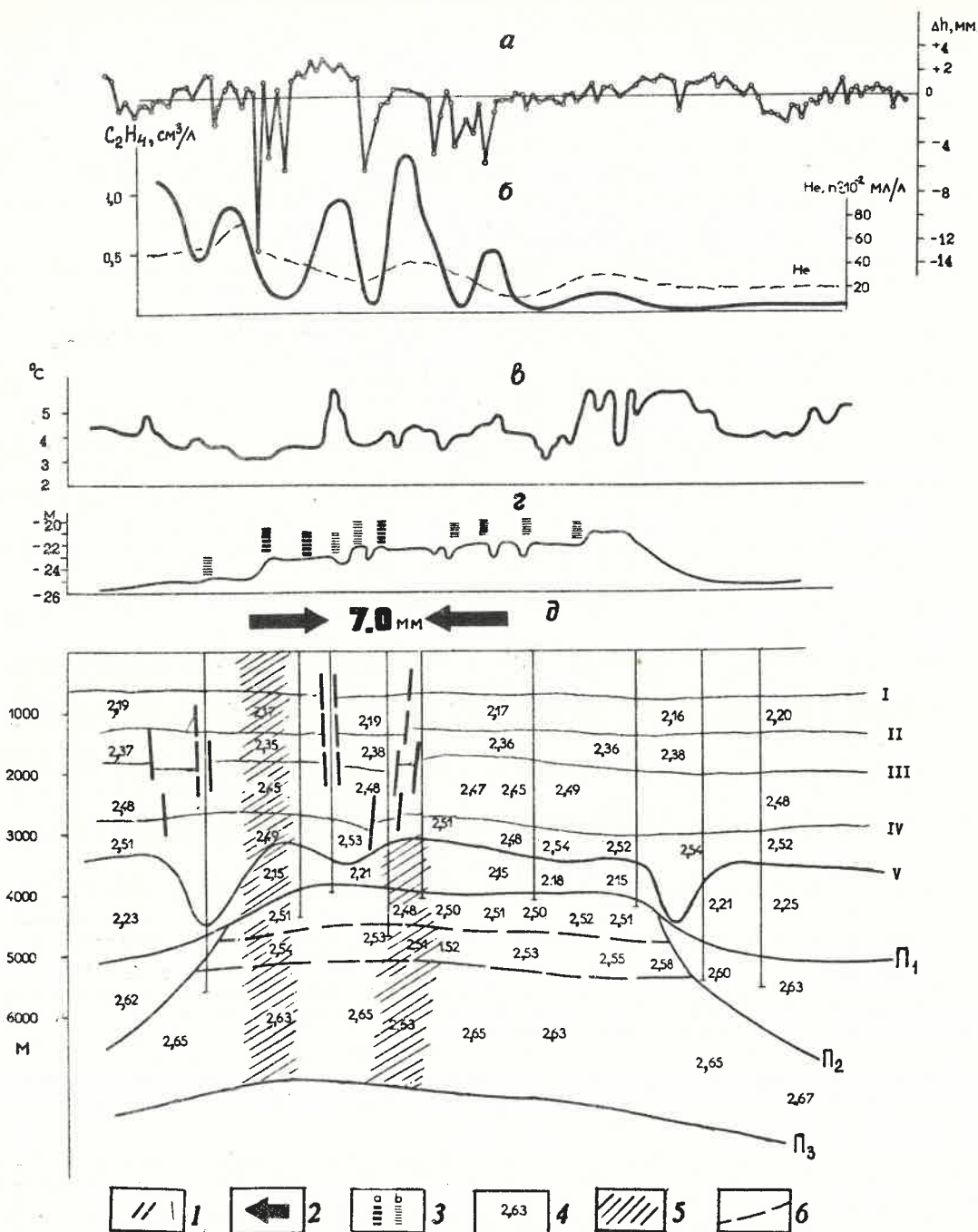


Рис. 3. Сводный геолого-геофизико-геохимический разрез поднятия Тенгиз по сейсмическому профилю:

a — график скорости современных вертикальных движений земной коры; *б* — концентрация гелия в приповерхностных отложениях и углеводородного газа в скважинах; *в* — распределение радиояркости температур по данным ИК-ТАС; *г* — современная земная поверхность; *д* — структурные поверхности (I — подошва туронских, II — аптских, III — меловых, IV — юрских отложений надсолевого комплекса; V — кровля, Π₁ — подошва кунгурского соленосного комплекса; Π₂ — кровля карбонатных отложений; Π₃ — кровля девонских отложений); 1 — разломы; 2 — зона горизонтального сжатия, установленная лазерными наблюдениями; 3 — отдельные разломы и зона разломов по материалам дистанционных съемок; 4 — плотность пород по данным гравиметрического моделирования, г/см³; 5 — субвертикальные зоны пониженной плотности пород по данным гравиметрического моделирования; 6 — граница раздела пород по плотности

Повторными инструментальными геодезическими наблюдениями выявлены современные деформации земной поверхности. Северная часть месторождения разбита на многочисленные мелкие блоки, разнонаправленно перемещающиеся

с высокими скоростями. Амплитуда вертикальных движений земной поверхности в блоках достигает 40—60 мм/год, что anomalously для платформенных областей, к которым относится Тенгиз (см. рис. 4).

Проходка скважин в северной части месторождения сопровождалась такими процессами, осложняющими бурение, как интенсивное поглощение раствора и просадки бурового инструмента вследствие повышенной трещиноватости и пониженной плотности пород (см. рис. 3).

Все отмеченные особенности однозначно свидетельствуют о том, что северная и южная части месторождения Тенгиз резко различаются. Северная часть представляет собой мобильную область широкого развития различных деформационных и флюидодинамических процессов. Многочисленные разрывные нарушения и зоны трещиноватости, пронизывающие ее, служат путями вертикальной миграции газов и флюидов от нефтяного резервуара через толщу соли и надсолевой комплекс.

Различия между северной и южной частями месторождения находят физическое воплощение. На профиле 0682101, пересекающем месторождение с северо-запада на юго-восток, повторными светодальномерными измерениями установлена зона сжатия до 7 мм/год (см. рис. 3, д).

Исходя из описанных особенностей геологического строения и процессов, механизм образования «холодной» аномалии, приуроченной к северной части месторождения, нам представляется следующим.

Выделяющиеся из воды залежи пузырьки газа, достигая по многочисленным разломам и трещинам приповерхностной среды и земной поверхности, оказываются в условиях пониженного давления. В результате расширяется их объем, что сопровождается понижением температуры газов (дрессельный эффект) и ведет к охлаждению поверхности. С таким явлением связано, по нашему мнению, образование крупной «холодной» аномалии с температурой 3—3,5 °С.

Общая засоленность почв и широкое развитие солонцов и солончаков в районе месторождения свидетельствуют также и о работе гигантского «водяного насоса» в условиях общего дефицита влаги. Вследствие интенсивного нагрева поверхности в течение большей части года происходят постоянный не компенсируемый малым количеством атмосферных осадков подток воды по капиллярам в почву и испарение ее с поверхности.

При испарении жидкости снижается температура поверхности (дрессельный эффект) и возникает аномалия с температурой 3—3,5 °С. В местах наибольшего увлажнения, приуроченных к разломам и отрицательным формам рельефа (понижениям у тыловых швов морских террас, местным водозабором, замкнутым впадинам), происходит более интенсивное охлаждение поверхности, что проявляется на материалах ИК-ТАС в виде наиболее «холодных» аномалий с температурой 2,8—3 °С.

Предлагаемый механизм формирования «холодной» аномалии отчасти подтверждают литературные данные. Так, широко известна восходящая фильтрация подземных вод по разломам. В ряде случаев произведены и замеры. В зоне регионального разрывного нарушения на Михайловской площади Днепровско-Донецкой впадины скорость восходящей фильтрации $4,5 \cdot 10^{-9}$ м/с [11].

Отражение тектонических нарушений и ослабленных зон в виде отрицательных аномалий на материалах ИК-ТАС связывается с циркуляцией подземных вод в зонах разломов, более высокой влажностью пород в этих зонах по отношению к

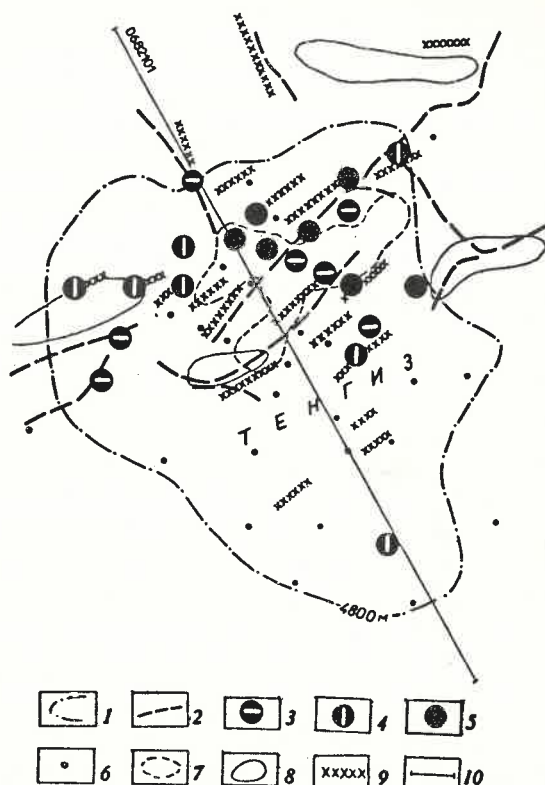


Рис. 4. Геофизическая и геодинамическая зональность в районе месторождения Тенгиз, ориентировочный масштаб 1:300 000:

1 — контур поднятия Тенгиз по кровле кунгурских соленосных отложений; 2 — разломы в надсолевом комплексе по данным сейсморазведки; скважины: 3 — с поглощением раствора в продуктивной толще, 4 — с повышенной трещиноватостью пород в резервуаре, 5 — с пониженной плотностью пород в резервуаре, 6 — прочие; 7 — проекция на поверхность субвертикальных зон пониженной плотности пород по данным гравиметрической; 8 — контуры аномалий углеводородного газа в неглубоких (до 100 м) скважинах по геохимическим данным; 9 — зоны изменения скоростей современных вертикальных движений по данным повторного нивелирования; 10 — сейсмический профиль

вмещающим, понижением температуры поверхности за счет охлаждающего влияния испарения.

Результаты интерпретации материалов ИК-тепловой аэросъемки нефтяного месторождения Тенгиз в комплексе с геологическими, геофизическими, геодинамическими и геодезическими данными позволяют сделать следующие выводы.

ИК-тепловая аэросъемка с помощью сканера дает возможность получить цифровую карту местности, более адекватно отражающую характер распределения радиоярких температур на поверхности Земли.

ИК-тепловая аэросъемка позволяет надежно индцировать нефтяные залежи в геологических и природных условиях, аналогичных Тенгизу.

Материалы ИК-тепловой аэросъемки дают возможность дифференцировать территорию месторождения по степени интенсивности деформационных, геодинамических и флюидодинамических процессов.

Материалы ИК-тепловой аэросъемки должны

учитываться при составлении планов освоения месторождения и разработке режима бурения.

Материалы ИК-тепловой аэросъемки необходимы при организации экологического мониторинга разрабатываемых нефтяных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аэрокосмические методы в геоэкологии* /Под ред. В.И.Лялько. — Киев: Наук. думка, 1992.

2. Лялько В.Н., Митник М.М. Дистанционные геотермические поиски полезных ископаемых //Геологический журнал. 1975. № 6. С. 27—46.
3. *Космическая информация в геологии* /Под ред. В.Г.Трифорова, В.И.Макарова. — М.: Недра, 1983.
4. *Эксперимент по ИК-тепловому зондированию района нефтяного месторождения Тенгиз (Казахстан)* /Е.Л.Злобин, Б.Н.Можаев, В.Г.Можаева и др. //Исследования Земли из космоса. 1993. № 5. С. 102—104.

УДК 553.98:629.78

© А.И.Анцыфоров, Ю.В.Головченко, И.В.Чернова, 1995

Количественный прогноз нефтегазоносности по материалам космических съемок

А.И.АНЦЫФОРОВ, Ю.В.ГОЛОВЧЕНКО, И.В.ЧЕРНОВА (ГНПП «Аэрогеология»)

При существующих высоких затратах на проведение геофизических и буровых нефтегазопоскоковых работ (особенно в новых районах) актуальным становится применение относительно дешевых методов выявления перспективных площадей. К подобным методам относятся космоаэрогеологические, которые обладают большей по сравнению с наземными геолого-геофизическими исследованиями плотностью информации и могут быть эффективно использованы при прогнозе нефтегазоносности на каждой стадии геологоразведочных работ (ГРП) на нефть и газ. Их эффективность при поисках месторождений нефти в хорошо разведанных районах была подтверждена в США, где в штате Техас она составила 44 % [6].

Вопросы использования материалов космических съемок (МКС) для картирования погребенных структур осадочного чехла в геологически закрытых районах изучены достаточно подробно. Эффективность применения этих методов при нефтегазопоскоковых работах доказана более чем полувековым опытом деятельности объединения «Аэрогеология». Однако ни в опубликованных и фондовых материалах, ни в соответствующих нормативных документах не рассматриваются вопросы использования МКС для количественного прогноза нефтегазоносности. Разработка такой методики и ее включение в существующие инструкции проведения космоаэрогеологических исследований при нефтегазопоскоковых работах способствовали бы созданию единой завершенной технологии космоаэрогеологических работ при поисках месторождений нефти и газа. Применение технологии, особенно на ранних стадиях ГРП на нефть и газ, дает возможность оценивать перспективы новых площадей не только по качественным критериям, определяющим наличие нефтегазоносности, но и по содержащимся в их недрах прогнозным ресурсам углеводородов (УВ).

В новых районах технология использования МКС обеспечивает оценку ресурсной базы новых территорий, что позволяет сконцентрировать объемы геофизических и буровых работ на наиболее перспективных площадях. Такими терри-

ториями в России могут быть седиментационные впадины Восточной Сибири, Южной Якутии, Дальнего Востока и Северо-Востока (материковые части) [7]. В районах с развитой нефтедобычей разведанные участки рассматриваются в качестве эталонных. Здесь определяются устойчивые дешифровочные признаки геологических факторов, контролирующих нефтегазоносность, и в пределах единого тектонического элемента устанавливаются сходные по фотопортрету участки, перспективы которых оцениваются количественно.

Выявление с помощью МКС и последующая подготовка под поисковое бурение перспективных объектов повысят геолого-экономическую эффективность нефтегазопоскоковых работ, что обусловит прирост запасов промышленных категорий, обеспечивающих стабилизацию достигнутого уровня добычи нефти и газа в разведанных и новых районах России.

Указанная технология может быть использована для оценки нефтегазового потенциала любых стран и регионов, о геологическом строении и нефтегазоносности которых имеются лишь общие сведения. В настоящей статье приводятся данные по Республике Казахстан, полученные авторами в результате работ, проведенных в 1988—1990 гг. Использованы также материалы, опубликованные в открытой печати до 1990 г. При сравнении оценок ресурсов, полученных разными методами, применялись данные по состоянию изученности на 1990 г., кроме данных на 1978 г. по Жетыбай-Узеньской ступени (Мангышлак).

Использование МКС при количественном прогнозе нефтегазоносности. Основой прогноза явился эмпирически установленный факт концентрации наиболее богатых залежей в сводовых частях активно растущих на неотектоническом и современном этапах развития локальных антиклинальных структур [1, 4, 9]. Вследствие активного роста последние хорошо выражены в ландшафте и уверенно дешифрируются на космических снимках (КС).

Обнаружена закономерная количественная связь между запасами, площадями ловушек и

площадями соответствующих фотоаномалий на КС, совпадение в плане которых выявилось в результате анализа данных дешифрирования КС и геолого-геофизических материалов. Эта пропорциональная зависимость отмечена во многих нефтегазоносных бассейнах (НГБ) мира, в частности Северной Африки, Персидского залива, Мексики, Индии, Китая, Парагвая, России. Факт закономерной количественной связи между площадью фотоаномалии на КС и запасами отвечающей ей в осадочном чехле ловушки зарегистрирован в качестве научного открытия.

Основу прогнозной оценки ресурсов углеводородных скоплений составляют нефтегеологическое районирование, выполненное на базе тектонического районирования соответствующего объекта прогноза, и уточнение его границ, осуществленные по результатам дешифрирования многозональных КФС последовательного масштабного ряда от 1:2 500 000 до 1:200 000 и крупнее, полученных с ИСЗ «Метеор», «Космос-1939», «Океан», «Ресурс-Ф», орбитальной станции «Салют-7» и др.

Геолого-структурное дешифрирование КС, проводимое авторами, включает: разработку информационной тектонической и структурной моделей территорий НГБ на основе сбора, систематизации, анализа и обобщения геолого-геофизических информационных материалов и данных по их нефтегазоносности; геолого-структурное дешифрирование КФС разных масштабов, их компьютерную обработку и интерпретацию результатов с использованием информационных моделей изучаемых территорий; составление специализированных космоструктурных схем м-бов 1:5 000 000, 1:2 500 000, 1:1 000 000 (в зависимости от размеров НГБ) на территорию изучаемых бассейнов, схем м-бов 1:200 000 и 1:50 000 на отдельные, в т.ч. и эталонные участки; составление специализированных космоструктурных карт м-ба 1:1 000 000 на территорию НГБ посредством последовательного инструментального переноса результатов дешифрирования на космофотосхемы, а затем и топоосновы того же масштаба.

В описываемой технологии геолого-структурного дешифрирования прежде всего выявлялись фотографические дешифровочные признаки и ландшафтные индикаторы структур с учетом многовариантности сочетания их тектонической активности, литологии пород, слагающих субстрат ландшафта, и активности экзогенных процессов. Учитывались различия набора природных критериев геолого-структурного дешифрирования, обусловленные природно-климатической зональностью. Заверка, ландшафтная и геологическая привязка фотографических дешифровочных признаков проводились на эталонных участках.

Под эталонными участками понимались районы в пределах НГБ, имеющие типовые геологическое строение и ландшафтно-климатическую характеристику, а также хорошо обеспеченные материалами геолого-геофизических исследований, бурения, космических съемок разных масштабов, в т.ч. высокого разрешения. Последние достаточно успешно компенсировали при выявлении и корректировке дешифровочных признаков отсутствие полевых наблюдений, например, в труднодоступных районах. В пределах эталонов осуществлялись все геологические исследования,

а также ландшафтная интерпретация дешифровочных признаков объектов с помощью маршрутных наземных и аэровизуальных наблюдений. Этот вид работ на эталонах завершался пополнением банка данных дешифровочных признаков и распространением выявленных здесь закономерностей на территорию изучаемых НГБ.

Доработка и совершенствование технологии количественной оценки УВ по КС проводились в пределах Прикаспийского НГБ, где в качестве эталонов были выбраны Волгоградский (западный борт) и Акжар-Кенкиякский (восточный борт) участки площадью 3,7 и 10 тыс. км² соответственно. При структурном дешифрировании использовались КС глобального, континентального, регионального, локального и детального уровней генерализации в три этапа по принципу от общего к частному.

На начальном этапе по КС м-бов 1:10 000 000 и 1:2 500 000 определялись границы Прикаспийского НГБ и устанавливались надпорядковые структуры и структуры 1-го порядка (по классификации ВНИГРИ). Дешифрировались крупные выделы, отличающиеся фототонном и рисунком изображения, обусловленные индивидуальностью ландшафта и особенностями геологического строения. Они представляли собой неотектонические блоки, совпадающие с крупными структурами чехла и фундамента Русской плиты и прилегающих частей Уральской складчатой системы. По КФС были выделены надпорядковые блоки, отвечающие собственно Прикаспийской впадине и частям Уральской антеклизы, Саратовско-Волгоградской амфиклизы, Предмуроджарского краевого прогиба, кряжа Карпинского, Северо-Устьюртского прогиба, Актюбинского и Атжаксинского мегапрогибов, Зилаирского мегасинклиория и Центрально-Уральского мегантиклиория. Кроме того, выявлены неотектонические блоки 1-го порядка, соответствующие Волгоградско-Оренбургской и Астраханско-Актюбинской системам поднятий, Каракульско-Смушковской зоне поднятий, Карасальско-Уральской гомотинали, Сарпинскому и Центрально-Прикаспийскому прогибам [8].

Помимо тектонических блоков, по КС дешифрировались собственно пликтивные структуры 1-го и 2-го порядков, отвечающие мегавалам, зонам поднятий, тектоническим ступеням, крупным валам и куполовидным поднятиям, среди которых структуры как установленные ранее в результате традиционных геолого-геофизических исследований, так и выделенные впервые. Дешифрировались также шовные и флексурно-разрывные зоны, разломы 1-го и 2-го порядков, разделяющие плиты, тектонические области и являющиеся в ряде случаев границами надпорядковых блоков. Среди них такие разломы, как Северо-Донецкий, Донецко-Астраханский, Сакмаро-Кокпектинский, Алибекмолинский, Ащисайский и др.

На втором этапе в результате дешифрирования КФС м-ба 1:1 000 000 уточнялись границы названных структур, а также структур 2-го и 3-го порядков и неотектонических блоков 2-го порядка, отвечающих зонам поднятий, куполовидным поднятиям, крупным валам, ступеням и прогибам. Всего в Прикаспийской впадине по КС выделено более 80 структур этого ранга, из которых

более 50 подтверждены геолого-геофизическими исследованиями.

На этих же снимках, а также на КС м-ба 1:200 000 (преимущественно на эталонных участках) дешифрировались пликативные структуры 3—4-го порядков, совпадающие с валами, куполами, локальными поднятиями и мелкими антиклинальными структурами. Общее число структур 3-го и 4-го порядков, дешифрируемых на КС, составляет 190, а 5-го — 685. Из них подтверждены геолого-геофизическими материалами 130 и 460 структур соответственно. На КС выявлялись и разрывные нарушения разных порядков, разделяющие неотектонические блоки и пликативные структуры упомянутых рангов и осложняющие их строение. Это разрывы Жадовский, Заволжский, Каракульский, Терескенский, Остансукский, Жанажольский и др.

В основном в результате интерпретации с привлечением геолого-геофизических материалов определена кинематическая характеристика некоторых из дешифрируемых разломов. Среди них встречаются надвиги и взбросы (Сакмаро-Кокпектинский, Каракульский), сбросы и флексуры (Жадовский, Прикаспийский), сдвиги (Жанажольский).

На эталонных участках детально проанализированы практически все имеющиеся геолого-геофизические материалы по известным здесь сейсмоотражающим горизонтам осадочного чехла. По некоторым из них проведено сравнение местоположения пликативных структур, установленных по различным сейсмическим горизонтам, для оценки их плановых соотношений, направления и размеров смещения локальных структур относительно друг друга.

Для Волгоградского участка ранее было выявлено по всем горизонтам 62, а по Акжар-Кенкиакскому участку — 161 локальная антиклинальная структура. В результате было установлено, что большинство известных на Акжар-Кенкиакском участке структур верхних горизонтов осадочного чехла смещены относительно более погруженных в западных румбах на расстояние, не превышающее половину или треть часть их поперечного размера. Для Волгоградского участка по КС установлено 58 локальных структур, для Акжар-Кенкиакского — 148. Из них в первом случае подтверждены геолого-геофизическими исследованиями 50, во втором — 122 структуры (табл. 1).

На последнем этапе дешифрировались КФС высокого разрешения и увеличенные в 4 раза снимки м-ба 1:200 000 на участках, определенных как перспективные по качественным критериям нефтегазоносности. На КС выделялись наиболее мелкие пликативные структуры, а также мелкие разрывы, системы трещин и отдельные трещины. Результаты были инструментально перенесены на топооснову; составлены космоструктурные карты м-ба 1:50 000, детализирующие геологическое строение участков.

Для предварительной разбраковки и выделения перспективных структур использовались материалы ночной тепловой (8—14 мкм) аэросъемки, проведенной на структурах Коздысай, Курсай и месторождениях Тенгиз, Акжар, Кенкиак восточного борта Прикаспийской впадины и центральной части Волгоградского участка в м-бе 1:40 000. Как показал анализ материалов, ано-

малии с минимальными значениями температур связаны с присводовыми частями структур непосредственно над залежами, а участки с аномально-повышенными значениями — с их крыльями, как правило, осложненными разрывами, причем форма аномалий в плане контролируется последними. На некоторых участках для повышения достоверности дешифрирования и получения дополнительной информации проводилась компьютерная обработка КС.

Со структурным дешифрированием КС увязывались сведения об изменении литологического состава, мощности и физических свойств коллекторов, покрышек и нефтематеринских пород. Решающее значение имело установление структурных и пространственных закономерностей в распределении зон нефтегазоаккумуляции и локальных структур в их пределах.

Специализированные космоструктурные и космопалеонтологические карты НГБ для количественной оценки нефтегазоносности несколько отличаются по форме и содержанию от подобных традиционных космоструктурных карт м-бов 1:1 000 000 и 1:200 000. Эти различия, обусловленные целевым назначением, специализацией и методикой составления, заключаются прежде всего в том, что описываемые документы отражают структурный план и тектоническое строение всего объема толщ осадочного чехла, выполняющих НГБ. При этом на картах не показываются известные и дешифрируемые отрицательные пликативные структуры разных рангов, поскольку при количественной оценке нефтегазоносности их характеристики не учитываются при подсчетах.

Отлична и форма изображения складчатых структур разных рангов. Они изображаются в виде замкнутых контуров разнообразной формы, ранг которых связан с их размером и дается наведными знаками по их границам. Подобные изобразительные средства используются при составлении карт различного содержания, связанного с нефтегазоносностью, и рекомендованы приложениями по классификации нефтегазоносных структур, разработанными во ВНИГРИ.

Оценка прогнозных ресурсов углеводородов по МКС. Как отмечалось, основу прогнозной оценки ресурсов УВ скоплений составляет нефтегазогеологическое районирование, выполненное на базе тектонического районирования объ-

1. Соотношение локальных дешифрированных антиклинальных структур и поднятий в различных горизонтах осадочного чехла

Горизонты	Акжар-Кенкиакский участок	Волгоградский участок
Локальные структуры по МАКС, всего	148	58
От П ₃ до земной поверхности	122	50
Подсолевой (П ₁ , П ₂ , П ₃)	80	25
Надсолевой (Д, V, III)	99	43
Кровля соли	21	24
Земная поверхность	24	—
Два и более в подсолевой и надсолевой частях разреза	66	19

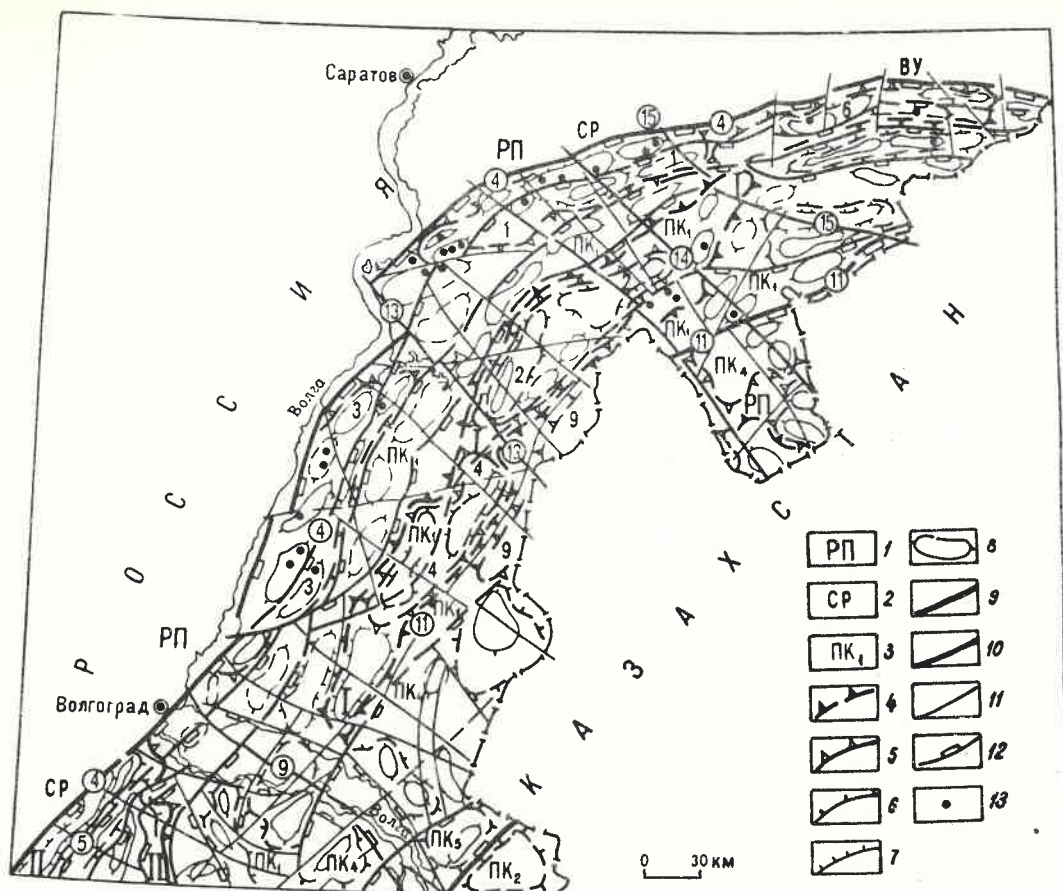


Рис. 1. Фрагмент космоструктурной карты российской части Прикаспийской впадины:

1 — неотектонический мегаблок, соответствующий фрагменту Русской плиты; неотектонические блоки, выделенные по КС и совпадающие с крупными структурами чехла и фундамента плиты: 2 — надпорядковые (ВУ — Волго-Уральская антеклиз, СР — Саратовско-Волгоградская амфилиз, ПК — Прикаспийская впадина); 3 — неотектонические блоки 1-го порядка (ПК₁ — Волгоградско-Оренбургская, ПК₂ — Астраханско-Актюбинская системы поднятий, ПК₄ — Карасальско-Уральская гомоклиналь, ПК₅ — Сарпинский прогиб); пликтивные дислокации платформенного типа: 4 — структуры 1-го порядка (1 — Ахтубинско-Палласовский мегавал, 2 — Обильненско-Щацынская ступень); 5 — структуры 2-го порядка (1 — Ровненско-Карпенская, 2 — Палласовско-Новоузенская, 3 — Камышинская зоны поднятий, 4 — Джанибекский, 6 — Ершовско-Озинский валы, 9 — Джанибекско-Эльтонское поднятие); 6 — структуры 3-го порядка — валы, купола, структурные носы; 7 — структуры 4-го порядка — брахиантеклинали, группы антиклинальных локальных структур, структурные носы, 8 — структуры 5-го порядка — локальные поднятия; дизъюнктивные дислокации: 9 — разломы 2-го порядка, разделяющие надпорядковые тектонические блоки, а также блоки и пликтивные структуры 1-го порядка; 10 — разломы 3-го порядка, разделяющие пликтивные структуры 2-го порядка; 11 — разломы 4-го порядка, осложняющие крупные пликтивные структуры; 12 — флексуно-разрывные зоны; 13 — месторождения углеводородов; цифры в кружках: 4 — Жадовский, 5 — Заволжский, 9 — Ахтубинский, 11 — Прикаспийский, 13 — Ачиузенский, 14 — Большеузенский, 15 — Пугачевский разломы

екта прогноза по результатам дешифрирования МКС последовательного масштабного ряда. Самой крупной единицей нефтегазогеологического районирования (НГГР) является нефтегазоносный бассейн. Границы его определяются по результатам дешифрирования мелкомасштабных космических снимков и их сопоставления с геологической картой и данными региональных геофизических исследований. В НГБ обособляются территории с установленной и предполагаемой нефтегазоносностью, заведомо бесперспективные земли. В пределах первых по тектоническому признаку (рис. 1) выделяются нефтегазоносные и нефтегазоперспективные области и районы (НГО, НГПО, НГР, НГПР). Эти элементы НГГР и служат объектами оценки ресурсов на региональном этапе ГРР на нефть и газ (рис. 2).

При оценке ресурсов УВ авторы исходят из представлений о «целостности» НГБ как природной системы, обеспечивающей автономность протекания в ней процессов генерации, миграции, аккумуляции и консервации скоплений УВ (онтотенез нефти и газа). При подобном подходе следует полагать, что НГБ со сходными тектоническим типом строения и историей развития могут быть объединены в совокупность, вероятная концентрация УВ в которой будет характеризовать нефтегазовый потенциал НГБ соответствующего тектонотипа. Для оценки вероятного суммарного количества УВ в исследуемом бассейне необходимо сформировать эталонную выборку. Характеристики выборочной совокупности представлены значениями потенциальных ресурсов УВ и объемом осадочного выполнения — незави-

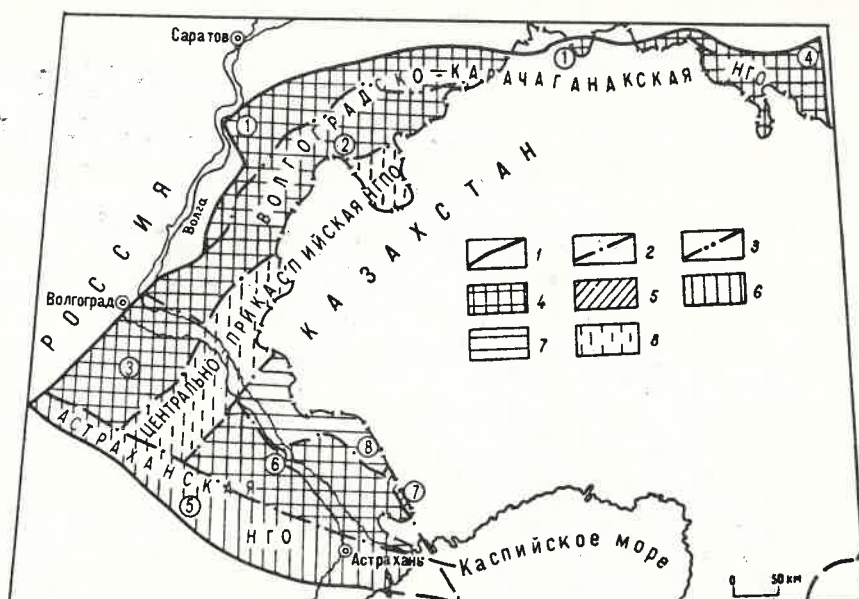


Рис. 2. Карта распределения плотностей потенциальных ресурсов углеводородов российской части Прикаспийского нефтегазоносного бассейна:

границы: 1 — Прикаспийского НГБ, 2 — нефтегазоносных и нефтегазоперспективных областей, 3 — нефтегазоносных районов (1 — Карпенско-Тепловский, 2 — Северо-Прикаспийский, 3 — Калмыцкий, 4 — Карачаганакский, 5 — Каракуль-Смушковский, 6 — Астраханский, 7 — Каспийско-Биикжалский, 8 — Азгирско-Индерский); плотность ресурсов УВ, тыс. т н.э./км²: 4 — 100—300, 5 — 50—100, 6 — 30—50, 7 — 10—30, 8 — территории не выясненных перспектив (не вошедшие в количественную оценку)

симым параметром, определяющим нефтегазоносность целостной системы НГБ. В результате статистической обработки массива данных по эталонной выборке выводится уравнение регрессии, связывающее аргумент — объем осадочного выполнения — и функцию — начальные потенциальные ресурсы УВ. Этот прием используется в объемно-статистическом методе оценки ресурсов [3].

Для разработки описываемого метода количественного прогноза были отобраны бассейны со степенью разведанности 60 % и более (отношение разведанных запасов нефти и газа к их начальным потенциальным ресурсам). Сформированы две группы НГБ, которые по классификации И.В.Высоцкого [2] относятся к гомогенным и гетерогенным бассейнам. Уравнение регрессии по данным этих групп бассейнов имеет общий вид

$$Q = a \pm blgV,$$

где Q — начальные потенциальные ресурсы УВ, млн т нефтяного эквивалента (н.э.), V — объем осадочного выполнения, тыс. км³, a , b — коэффициенты регрессии для соответствующей группы бассейнов.

С помощью объемно-статистического метода ресурсы УВ оцениваются по бассейну в целом. Метод не обладает дифференцирующим свойством, т.е. не позволяет установить неравномерность распределения ресурсов по отдельным элементам НГБ. Этот недостаток восполняют результаты дешифрирования МКС.

Крупные тектонические положительные элементы (мегавалы, сложные валы, сводовые поднятия и т.д.), составляющие НГО, НГР, НГПО и НГПР, а также сопутствующие им нефтегазоносные и нефтегазоперспективные комплексы и

мегакомплексы обуславливают аккумуляционный потенциал соответствующих отдельных составляющих НГБ. Соотношение показателей аккумуляционного потенциала конкретной единицы НГБ и его значение в целом по НГБ характеризуют относительную степень концентрации ресурсов УВ в каждой нефтегазоносной и нефтегазоперспективной области (районе). Указанное соотношение в этом случае определяется с помощью коэффициентов, которые либо повышают, либо понижают значение региональной удельной плотности ресурсов по НГБ, рассчитанных с использованием выражения регрессии.

При оценке ресурсов НГБ Прикаспийской впадины для расчета корректировочного коэффициента учитывались объемы подсолевых отложений до глубины 7 км — основной показатель нефтегазоносности региона. Оценивались суммарные ресурсы УВ Восточно-Прикаспийской НГО и составляющих ее Кзылджарского, Енбекско-Жаркамышского и Актюбинско-Примугоджарского районов (табл. 2). Интервал вероятных оценок региональной объемной плотности ресурсов Прикаспийской впадины, рассчитанный по уравнению регрессии, составляет 0,0015—0,0074 млн т н.э./км³. Оценка ресурсов по НГО и НГР производилась по известной формуле объемного метода [5] с учетом корректировочных коэффициентов. Из таблицы видно, что для Восточно-Прикаспийской НГО плотность ресурсов больше, чем в целом для Прикаспийской впадины. Соответствующим образом корректируются значения плотности по НГО для каждого из НГР.

Оценка ресурсов УВ крупных частей НГБ (области, районы) по объемно-статистическому методу стала возможной благодаря использованию МКС соответствующих масштабов. Данные реги-

ональных геолого-геофизических работ на региональном этапе исследования НГБ дают общее представление о структуре бассейна, но не позволяют с достаточной надежностью выделить отдельные тектонические элементы. Кроме того, при редкой сети профилей региональных геофизических работ велик фактор субъективизма при интерполяции полученных данных [10].

При переходе к оценке ресурсов в зонах нефтегазоаккумуляции следует отметить, что основным отличительным признаком последнего (ЗНГН) является совокупность сходных по геологическому строению месторождений, расположенных в пределах единого тектонического элемента (элементов), осложняющего НГР. Нефтегазоносность ЗНГН определяется запасами, сконцентрированными преимущественно в ловушках, контролируемых локальными антиклинальными складками.

Выше отмечалась высокая степень совпадения положения погребенных антиклинальных структур с соответствующими им на земной поверхности фотоаномалиям (ФА). Можно полагать, что ФА представляют собой своеобразный «фонд структур» в области прогноза и их площадные характеристики могут быть использованы при оценке ресурсов. Для сохранения единого подхода, требующего корректировки значения плотности ресурсов объекта сравнения по отношению к объекту оценки, учитываются именно эти характеристики.

На большом фактическом материале по месторождениям бывшего СССР и зарубежных стран выявлена закономерная связь между запасами, площадью нефтегазоносности и площадью ФА, отождествляемой с отражением на земной поверхности складки, контролирующей нефтегазоносность продуктивной структуры. Зависимость выражается степенным уравнением общего вида. Проведенный корреляционный анализ подтвердил достаточно сильную связь указанных параметров. Множественный коэффициент корреляции (0,889) по выборке большого объема свидетельствует о том, что 79 % изменчивости геологических запасов обуславливаются влиянием развития структуры в процессе формирования месторождения, включая новейший и современный этапы.

Указанная зависимость может быть использована для подсчета прогнозных ресурсов УВ на площадях, степень изученности которых позволяет выделять эталонные и соответствующие расчетные участки. По эталонам устанавливается за-

висимость (рассчитывается уравнение регрессии) между запасами и площадями нефтегазоносности и ФА. По уравнению с вероятностью 90 % оцениваются прогнозные ресурсы недоразведанной части эталона, рассчитываются суммарные ресурсы и их плотность на единицу площади эталонного участка. Эти значения являются расчетными параметрами для определения прогнозных ресурсов расчетного участка способом оценки на единицу перспективной площади [5]. Основная трудность при использовании данного способа, как и других в методе геологических аналогий [5], — оценка коэффициента аналогии. Он должен определять меру сходства геологического строения изучаемого и сравниваемого объектов. Но на практике часто бывает трудно получить с достаточной достоверностью необходимые данные из-за слабой разведанности оцениваемого участка. При расчете ресурсов по МКС могут быть использованы результаты дешифрирования, полученные для эталонного и расчетного участков и представляющие собой косвенные характеристики структурных факторов, контролирующих нефтегазоносность. Например, отношение суммарной площади дешифрированных локальных фотоаномалий на эталонном и расчетном участках к их общей площади соответствует показателю, аналогичному коэффициенту структурной напряженности соответственно в объекте оценки и объекте сравнения. Этот показатель может применяться при расчете предлагаемого корректировочного коэффициента, который в данном случае играет роль коэффициента аналогии.

Проведенная подобным образом оценка прогнозных ресурсов Жетыбай-Узеньской ступени (Мангышлак) показала достаточную сходимость результатов с оценками, полученными в объединении «Мангышлакнефть» с привлечением имеющихся геолого-геофизических материалов. Так, по традиционной методике прогнозные ресурсы составляют 51 млн т, по МКС — 38—53 млн т. Можно полагать, что максимальное значение, отражающее оптимистическую оценку ресурсов, включает также и неантиклинальные скопления УВ.

Проводилось сравнение оценок, полученных с использованием МКС, с оценками традиционными методами для крупных единиц НГГР Прикаспийской впадины. В большинстве случаев отмечается попадание «традиционных оценок» в интервал колебания значений ресурсов, рассчитанных предлагаемым способом. Расхождение получено по Астраханской НГО: 11,9 и 1—5,1 млрд т н.э. соответственно (потенциальные ресурсы).

2. Результаты оценки суммарных ресурсов УВ

Параметры оценки	Восточно-Прикаспийская НГО	Нефтегазоносные районы		
		Кзылджарский	Енбекско-Жаркамысский	Актюбинско-Примугуджарский
Корректировочные коэффициенты, единицы:				
K_1	2,14	0,73	1,34	0,19
K_2	2,31	0,41	1,22	1,30
Объемная плотность ресурсов, млн т н.э./км ²	0,0074—0,0366	0,0022—0,011	0,0121—0,0597	0,00185—0,00915
Начальные геологические ресурсы УВ, млн т н.э.:				
минимальные	3991,9	405,4	3524,7	121,2
средние	11867,9	1207,0	10457,7	360,3
максимальные	19743,9	2008,6	17390,6	599,3

Однако следует иметь в виду, что в пределах этой области располагается Каракульско-Смушковская покровно-надвиговая зона, в которой перспективы нефтегазоносности связываются с автохтонными карбонатными комплексами. Можно полагать, что подобные геологические условия являются ограничительными для предлагаемого метода, т.к. не дают возможности оценить аккумуляционный потенциал структур осадочного чехла, перекрытых надвиговыми зонами.

Прогнозные ресурсы Прикаспийской впадины, оцененные по МКС (минимальная — 11,1, средняя — 32,7 млрд т н.э.), сравнивались с оценками, полученными специалистами Геологической службы США в рамках программы «Мировые энергетические ресурсы» [11] и составляющими 6,6 млрд т н.э. (с вероятностью 95%) и средняя — 27,9 млрд т н.э. При оценках ресурсов по подобным крупным регионам такие оценки можно считать сопоставимыми.

В заключение можно сделать следующие выводы.

Сопоставимость результатов оценки ресурсов УВ, полученных традиционными и предлагаемыми методами, свидетельствует о принципиальной возможности использования МКС для количественного прогноза нефтегазоносности. Следует подчеркнуть, что оценки по МКС получены при доминировании результатов дешифрирования и минимизированном объеме данных наземных геолого-геофизических работ.

Корректировка плотностей ресурсов при последовательном переходе от крупных единиц НГТР к более мелким отражает естественную неравномерность распределения концентраций ресурсов УВ в пределах целостной системы НГБ и представляется оправданной. Сопоставление полученных оценок с результатами регионального и зонального прогноза нефтегазоносности по материалам наземных геолого-геофизических работ, проводимых на региональном этапе ГРП на нефть и газ, позволит более обоснованно выделять перспективные площади для постановки дальнейших исследований.

Использование технологии количественного прогноза по МКС в районах с установленной промышленной нефтегазоносностью в комплексе с геофизическими данными и бурения способствует выявлению новых перспективных объектов и их подготовке к поисковому бурению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева Н.С., Башилов В.И., Брюханов В.Н. и др. Космогеология СССР / Под ред. В.Н.Брюханова, Н.В.Межеловского. — М.: Недра, 1987.
2. Бека К., Высоцкий И.В. Геология нефти и газа. — М.: Недра, 1976.
3. Двали М.Ф., Дмитриева Т.П. Объемно-статистический метод подсчета прогнозных запасов нефти и газа. — Л.: Недра, 1976.
4. Использование материалов космических съемок при региональных геологических исследованиях (методические рекомендации) / Гл. ред. Н.В.Межеловский. — М.: Мингео СССР, Аэрогеология, 1986.
5. Методические указания по количественной оценке прогнозных ресурсов нефти, газа и конденсата. — М.: ВНИГРИ, 1983.
6. Повышение успешности поисков нефти путем комплексования исследований // Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. Геологические методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. 1988. Вып. 6. С. 1—10.
7. Семенович В.В. Стратегия стабилизации добычи нефти и газа // Геология нефти и газа. 1994. № 3. С. 11—15.
8. Тектоническая карта Прикаспийской впадины. Масштаб 1:1 000 000 / Ред. Л.И.Ровнин, С.Е.Чекабаев. — М.: Мингео СССР, 1986.
9. Трофимов Д.М., Богословский В.А., Ильина Е.Б. и др. Аэрокосмические и геолого-геофизические исследования закрытых платформенных территорий. — М.: Недра, 1986.
10. Шпильман В.И., Цзень Чжи Цзюнь. Закон распределения выявленных и невыявленных залежей нефти и газа по величине запасов // Геология нефти и газа. 1993. № 11. С. 5—10.
11. Ulmishek G.F., Mesters C.D. Oil, gas resources estimated in the former Soviet Union // Oil and Gas J. 1993. Vol. 91. N 50. P. 59—61.

УДК 550.8:528.94

© Н.Ф.Афанасьев, 1995

Композиционное кодирование геоинформации при космоаэрогеологическом картировании нефтегазоносных территорий

Н.Ф.АФАНАСЬЕВ (ВНИИКАМ)

Совершенствование технологии поисков и разведки месторождений нефти и газа в глубокопогруженных горизонтах осадочных бассейнов связывают с комплексным использованием геолого-геофизических признаков месторождений нефти и газа, обнаруживаемых геологическими, геофизическими, геохимическими и аэрокосмическими методами на основе специализации зондирующих систем и совершенствования методов комплексной обработки многомерной информации.

Все возрастающая роль в комплексе этих ме-

тодов отводится космоаэрогеологическим методам вследствие того, что они позволяют получить информацию о состоянии геологических объектов как на поверхности, так и на различных структурных горизонтах; обладают среди других методов наивысшей разрешающей способностью и эффективностью (максимальное отношение исследованной площади к затратам). Однако эти возможности космоаэрогеологических исследований не используются в полной мере.

Среди причин такого состояния космоаэроге-

ологических методов можно отметить две определяющие: недостаточный уровень представлений о взаимосвязи поля, вещества и излучения в геосистеме, который не позволяет глубоко формализовать теорию дешифрирования; ограниченность применяемых традиционных методов обработки изображений, не позволяющая дать необходимую дифференциацию изображений и выделить геологическую информацию.

Следствие ограниченности теории дешифрирования интерпретация аэро- и космических снимков осуществляется на основе субъективных представлений о взаимосвязи наблюдаемых на снимках признаков с погребенными объектами. На этой основе в комплексе работ геологического картирования, прогноза и оценки нефтегазоносности космоаэрогеологическими методами решаются лишь следующие задачи [7]: уточнение границ нефтегазоносного бассейна и его крупных тектонических единиц; выявление структур первого порядка, изучение их морфологии, пространственных взаимоотношений и закономерностей расположения; выявление разломов, включая структуроконтролирующие; определение первоочередных районов для постановки поисковых работ; изучение взаимосвязей ландшафтов, новейшей тектоники и глубинной структуры.

Исследованиями последних лет [3, 8] установлены некоторые закономерности взаимодействия геофизических полей, вещества и излучения и предложены модели отображения информации о глубинном геологическом строении, содержащейся на аэрокосмических снимках, позволяющие перейти к разработке объективных методов выделения геологической информации, повысить ее достоверность и расширить круг задач по изучению геологического строения, прогноза и оценки нефтегазоносности территорий. Их использование возможно лишь на основе нетрадиционных методов комплексной обработки информации, с помощью которых можно дифференцировать изображения неоднородной природной среды. Такая необходимость связана с тем, что процессы взаимодействий в геосистеме относятся как к равновесным, описываемым линейными моделями, так и к неравновесным (процессы самоорганизации), для описания которых применяют нелинейные модели, а изображения представляют информацию о них в интегральной форме. Чтобы обнаружить места протекания в геосистеме различных по природе процессов необходимо выполнять комплексную обработку многоспектральных изображений линейными и нелинейными операторами и сопоставлять результаты. Такую возможность представляет метод композиционного кодирования многомерной геоинформации [1].

На основе методологии отражения и инвариантности обоснованы пути совершенствования теории геологического дешифрирования [2]. В их основе лежит использование модели, описывающей геоинформационную ситуацию как композицию наблюдаемых признаков, индицирующую ненаблюдаемый объект. В качестве наблюдаемых признаков в задачах геологического дешифрирования могут использоваться оптические плотности многоспектральных изображений или вычисленные по ним характеристики. В комплексном анализе геолого-геофизических данных модель позволяет совместить согласованные по разрешающей способности данные, полученные

различными геологическими, геофизическими и геохимическими методами. Структура взаимосвязей этих признаков как признак сущности геологического объекта представляется в форме композиционного кода. Он обладает высокой выделяющей способностью и может быть использован для детальной дифференциации информационного пространства на основе комплекса признаков, известных в каждой его точке.

Информация о глубинных горизонтах чехлы выделяется путем обработки изображений низкочастотными фильтрами в соответствии с моделью модуляции электромагнитных полей, отвечающих геологическим структурам различных иерархических уровней.

Математическая модель геоинформационной структуры. Обозначим a — векторное геоинформационное поле в регионе Λ :

$$a = \{a_i\}, i = 1, 2, \dots, n,$$

где a_i — компонент векторного поля.

В каждой точке $(x, y) \in \Lambda$ образуется множество композиций геоинформационных компонент:

$$K = \{K_j\}, j = 1, 2, \dots, l; K_j = z_j \{a_i\},$$

где z_j — закон композиции подмножества компонент $\{a_i\}$.

В качестве математической модели геоинформационной ситуации в соответствии с введенным в работе [4] определением будем понимать множество функционалов $\{\Phi_j(xy)\}$, каждый элемент которого является математической моделью композиции геоинформационных полей на подобластях λ_j региона Λ . Причем структура функционала отображает структуру композиции, а его значение индицирует эффект взаимодействия геоинформационных полей в композиции, т.е. отображает функцию структуры, которой будем придавать прогнозный смысл. Такая модель описывает как пространственную, так и функциональную неоднородности геоинформационного пространства.

Пусть математической моделью композиции является функционал $\Phi_j(xy)$, тогда под математической моделью структуры геоинформационного поля будем понимать знаковую функцию (композиционный код):

$$C_j(xy) = \text{sign} [\Phi_j a_i(xy) - \prod_i \Phi_j \{a_i(xy)\}],$$

где Π — знак произведения.

Выбирая различные функционалы, можно получить математические модели геоинформационной структуры, обладающие различными индикационными свойствами.

Учитывая *стохастическую* природу геоинформационных полей, в качестве функционалов рассматриваются:

вероятность реализации композиций на $\lambda_j \subset \Lambda$;

математическое ожидание компонентов композиции.

Первый функционал характеризует взаимосвязь компонент, включенных в композицию, а математическое ожидание — только линейную взаимосвязь (корреляцию).

Вероятность реализации композиции K_j определена как для дискретных, так и непрерывных геоинформационных полей, а математическое ожидание — только для непрерывных полей. Поэтому его нельзя использовать для дискретных (качественных) геоинформационных данных. Учитывая дискретно-непрерывную природу геосистемы, геоинформационные поля можно рассматривать в зависимости от способов их получения как дискретные или как непрерывные и использовать соответствующие способы вычисления функционалов.

Условиями применения того или иного типа модели являются: дискретность или непрерывность геоинформационного поля; априорные сведения об интервалах квантования переменных; необходимость учета формы зависимости между компонентами векторного поля; свойства модели.

Дискретные модели применяются для обработки дискретных данных — качественных или квантованных непрерывных полей. Возможность применения дискретной модели для обработки непрерывных геоинформационных полей основана на ограниченном пороге чувствительности измерительных и регистрирующих систем, а также на том, что значения параметра, относящиеся к одному объекту, распределены в интервале, в результате чего измеряемые параметры геофизического (в т.ч. и оптического) поля относятся к некоторым интервалам. Однако эти интервалы должны быть известны до вычисления композиционного кода. Если нет априорных значений интервалов, то могут быть получены их статистические оценки путем кластеризации многомерных распределений. Если нельзя получить подходящие значения интервалов для переменных геоинформационного поля, то при обработке непрерывных полей необходимо использовать непрерывную модель композиционного кода, что более трудоемко, т.к. связано с аппроксимацией плотности вероятностной полиномами.

Статистическая модель оценивает линейную часть взаимосвязи, и ее целесообразно применять для выделения объектов, на которых реализуются линейные взаимосвязи полей в композициях, а также при оценке степени нелинейности связей в композициях, что достигается оценкой соотношений между вероятностной и статистической моделями.

Варианты использования композиционного кода при решении задач геологического картирования. Композиционное кодирование как метод описания структуры геоинформации может быть использован при решении задач геологического картирования (дешифрирования снимков) в вариантах таксономии или классификации.

В первом варианте решается задача разбиения заданного многомерного информационного поля на области с одинаковыми композиционными кодами. В этом случае никакая априорная информация о структуре геологического пространства в процессе решения задачи выделения однородных по коду областей не используется. Геологическая интерпретация выделенных областей может быть дана на основе знания законов взаимодействия между компонентами геосистемы, отражившимися в обработанном геоинформационном поле (теоретическая интерпретация), или с привлечением имеющихся геологических сведений

(эмпирическая интерпретация). Таксономия поля композиционных кодов рассматривается как основной вариант решения задач геологического картирования.

Во втором варианте решается задача отнесения областей, выделившихся на поле композиционных кодов, к заданным классам, которые соответствуют геологическим объектам и процессам. В данной постановке используются сведения о имеющихся на исследуемой территории геологических объектах. Интерпретация кодов неизученных участков осуществляется отношением их к классам кодов, которые соответствуют известным объектам. Этот вариант может использоваться при поиске аналогичных объектов и при прогнозировании объектов.

Технологическая схема композиционного кодирования геоинформации. Композиционное кодирование (КК) является общим оператором, используемым в технологических схемах решения целевых геологических задач.

Технология КК включает следующие управленческие операции: формирование целевого задания на обработку; формирование базы входных данных; выбор вида обработки; выбор модели оценки связей между геоинформационными полями; выбор модели картографического отображения результатов композиционного кодирования геоинформации; представление схем композиционных кодов.

Эти операции определяют функциональную структуру компьютерной технологии преобразования входных и промежуточных данных.

Управленческие операции имеют следующее содержание.

Формирование целевого задания на обработку сводится к определению цели обработки геоинформации, в соответствии с которой выбирается граф обработки. В качестве целей могут быть заданы: выделение геолого-структурных линейных и кольцевых элементов по одиночным геоинформационным полям в различных стратиграфических горизонтах; выделение геолого-структурных линейных и кольцевых элементов по комплексу геоинформационных полей; выделение элементов пликативных структур различного порядка; прогнозирование геологического объекта.

В процессе решения этих задач осуществляется структурно-вещественная дифференциация исследуемого геоинформационного пространства.

Формирование базы входных данных. Входные данные для композиционного кодирования могут быть представлены в виде: цифровых многоспектральных аэрокосмических изображений всего электромагнитного спектра; цифровых аэрокосмических изображений в широкой зоне спектра; цифровых геофизических полей; цифровых карт геологического содержания.

Цифровые геоинформационные поля, предназначенные для обработки, выбираются из базы данных. Если предполагается обрабатывать поля, представленные в ином виде (карты, схемы в изолиниях, фотоизображения), то их необходимо предварительно преобразовать в цифровую растровую форму и разместить в базе данных. Цифровые поля, полученные с различных материалов, должны соответствовать разрешающей способности и координатам.

Выбор вида обработки. Вид обработки оп-

ределяется целевым заданием. Возможны четыре варианта решений: анализ пространственной структуры одиночного непрерывного геоинформационного поля; анализ пространственной структуры одиночного дискретного геоинформационного поля в заданных интервалах квантования; анализ функциональной структуры многомерного непрерывного геоинформационного поля; анализ функциональной структуры многомерного дискретного геоинформационного поля.

Выбор модели оценки связей между геоинформационными полями. Взаимосвязь между геоинформационными полями, входящими в композицию, может быть оценена с помощью трех видов моделей: нелинейной, линейной, относительной.

Модель оценки связей выбирается исходя из целевого задания на обработку и опосредованности свойств исследуемых объектов. Если опосредованность свойств не установлена, последовательно выполняется обработка каждым оператором, и на основе анализа и экспресс-интерпретации схем композиционных кодов выбираются удовлетворительные варианты.

Выбор модели картографического отображения результатов композиционного кодирования геоинформации. Система отображения результатов обработки предоставляет возможности вывода в виде: черно-белых n -градационных изображений ($n \leq 16$); цветных изображений, отражающих цветом области различных значений кодов (раскраска классов); цветных изображений, отражающих цветом значение связей (раскраска связей), области различных значений кодов в этом случае отображаются различной цветовой текстурой.

Технология обработки допускает изменение операторов после просмотра на экране дисплея изображений и оценки их информативности на основе экспресс-интерпретации.

Геологическая информативность схем композиционных кодов многоспектральных изображений. Схема композиционных кодов многоспектральных изображений представляет собой геоинформационную пространственную и функциональную структуры исследуемого объекта. Каждый элемент схемы (функциональная структура) характеризует структуру взаимосвязей между интенсивностями изображений соответствующего пиксела, полученных в разных каналах. Вследствие этого на схемах отображается геологическая информация, дополняющая информацию, которая содержится на исходных снимках. Принципиальным отличием схем композиционных кодов от исходных изображений является то, что на них нет сведений об интенсивностях отраженного излучения, и поэтому представлена ненаблюдаемая на исходных снимках скрытая геолого-геофизическая информация, характеризующая состояние структурно-стратиграфических, структурно-фациальных комплексов и их геофизических полей. Структура композиционного кода многоспектрального изображения зависит от факторов, определяющих технологию обработки: числа комплекслируемых изображений, которые получены в различных каналах; типа модели, используемой для оценки отношений между ними; параметров предварительной обработки изображений.

Исследование влияния этих факторов на геологическую информативность результатов композиционного кодирования позволили отметить следующие особенности.

Влияние числа комплекслируемых изображений. Схемы композиционных кодов, полученные при комплексировании трех и четырех изображений, в основном совпадают, однако при комплексировании четырех изображений отмечается большая детальность внутри ряда контуров по сравнению со схемами, полученными по трем изображениям. Это соответствие позволяет рекомендовать при геологическом картировании нефтегазоносных областей использование трех изображений, соответствующих 5, 6 и 7 каналам системы «Ландсат». Если необходимо уточнить положение локальных границ или выделить дополнительные классы, следует кодировать четыре изображения.

Влияние типа модели, используемой для оценки связей между изображениями (линейная, нелинейная и относительная). Теоретически линейная модель оценивает непосредственные линейные взаимосвязи между информационными компонентами изображения, отражающие непосредственные взаимодействия в геосистеме. Нелинейная модель оценивает опосредованные информационные связи, отражающие опосредованные энергетические взаимодействия в геосистеме. А относительная модель дифференцирует пространственную структуру на области с различным соотношением линейных и нелинейных взаимодействий. Экспериментальные результаты, полученные применением этих моделей, позволяют отметить соответствие структурного плана схем композиционного кодирования, полученных с использованием различных моделей; формирование пар полярных по знаку связи композиций в зонах разрывных нарушений при применении линейной модели; большую детальность схем композиционных кодов, построенных с применением линейной и относительной моделей; выделение зонально-кольцевых аномалий в зонах локальных структур и месторождений при использовании нелинейной модели.

Влияние параметров фильтрации исходных изображений. Фильтрация исходных изображений (низкочастотная и полосовая) применяется для усиления информации о структурных горизонтах, относящихся к геосистемам различных иерархических уровней. Низкочастотная фильтрация снижает влияние верхних горизонтов, а полосовая уменьшает влияние информации о верхних горизонтах и устраняет влияние информации о нижних горизонтах выделяемой геосистемы.

Отмечены следующие особенности схем композиционных кодов, полученных при низкочастотной фильтрации исходных изображений: снижение детальности схем при снижении пространственной частоты фильтра; соотношение структурного плана в зонах унаследованного развития верхних горизонтов; изменение структурного плана схем для горизонтов, относящихся к геосистемам различных иерархических уровней.

Схемы композиционных кодов, построенных по изображениям, обработанным полосовым фильтром, характеризуются большой однородностью (т.к. убрано влияние нижних горизонтов геосистемы) и четкостью выделения границ, ли-

неаментов, разрывов и пород, различающихся петрофизическими свойствами; четко выделяются области полярных композиций.

Геологическая интерпретация схем композиционного кодирования. В процессе интерактивной обработки многоспектральных изображений методом композиционного кодирования исследователю представляется возможность выбрать форму картографического отображения кодов и сгруппировать коды в различные классы; выделить наиболее распространенные классы; упорядочить и сгруппировать коды по типу связей от +...+ до -...-; выделить редкие коды (уникальные ситуации).

Этим достигается усиление в схемах композиционных кодов преобладающих или уникальных информационных структур. Независимо от формы представления схем композиционного кодирования, их интерпретация основывается на анализе формы и пространственных соотношений областей, соответствующих различным композиционным кодам. Эти зоны интерпретируются в соответствии с их геологической информативностью.

Схемы композиционных кодов имеют контрастный рисунок, в котором выделяются зоны однородных пространственных структур, одноцветные области, линейные элементы. На схемах композиционных кодов, полученных по нелинейной модели кодирования, четко выделяются зональные кольцевые аномалии, которые могут быть интерпретированы как локальные структуры, выделяющиеся по аномалиям геофизических полей соответствующей конфигурации (открытые зоны). Разрывные нарушения выделяются по линии, разделяющей коды однородных областей. Им обычно соответствуют коды сложной структуры, образующие субпараллельные линии. На схемах, полученных по линейной модели кодирования, значение этого признака усиливается полярными областями -...- и +...+ по обе стороны от линий.

На этапе освоения методики, а также при картировании слабо изученных районов интерпретация схем композиционных кодов выполняется с привлечением имеющихся геолого-геофизических материалов на район исследования: геологических карт, схем структурных поверхностей, схемы гравитационного и магнитного полей.

Сопоставление выделенных особенностей цветовой гаммы и пространственной структуры схем композиционных кодов с геолого-геофизическими данными позволяет дать им достоверную интерпретацию и затем экстраполировать ее на аналогичные ситуации на схемах кодов. При сопоставлении схем композиционных кодов с геофизическими данными необходимо следить за их соответствием как по глубине, так и разрешающей способности, имея в виду, что космоаэроснимки и схемы их кодирования характеризуются более высокой разрешающей способностью для сопоставимых горизонтов.

Дешифрирование схем композиционных кодов можно вести на фоне дешифрирования исходных подвергшихся обработке и композиционному кодированию изображений, дополняя и согласовывая выделившуюся на схемах информацию. Такой прием позволит, с одной стороны, повысить достоверность геологической интерпретации, а с другой — повысить детальность схем дешифрирования.

Результаты практического применения ме-

тода. Композиционное кодирование применялось экспериментально в процессе методических разработок по созданию методов и технологий картирования нефтегазоносных территорий, прогнозирования нефтегазоносности, обработке данных сейсморазведки и ГИС.

В пределах Южно-Эжбинского мегавала юго-восточной части Прикаспийской впадины композиционное кодирование применялось для прогнозирования локальных структур по геофизическим данным, представленным гравитационным и магнитным полями, полями высот рельефа и глубин поверхностей подсолевых доконгурских и среднекаменноугольных отложений, позволило выделить подсолевые и надсолевые локальные структуры и дать прогноз (по аналогии) ранее неизвестных структур.

В пределах Кенкияк-Темирского поднятия восточного борта Прикаспийской синеклизы выполнена обработка многозональных космических снимков, полученных системой «Ландсат» на участке слияния рек Эмба и Темир (месторождение Кенкияк), позволившая уточнить структуру верхних горизонтов подсолевого комплекса и сделать вывод об интенсивной нарушенности разрывами и наличии локальных пликтивно-дизъюнктивных осложнений, которые могут быть объектами поисков нефти и газа. Установлено соответствие в положении зонально кольцевых аномалий композиционных кодов локальных структур и месторождений, формирование пар полярных композиционных кодов в зонах разрывных нарушений и др. [6].

На участке месторождения Газли Амударьинской нефтегазоносной синеклизы интерпретация схем композиционных кодов космических снимков «Ландсат» (каналы 4, 6, 7) позволила обнаружить сейсмогенные глубинные разломы, уточнить блоковую структуру различного характера и сейсмоактивные блоки с тенденцией к воздыманию и опусканию [5].

На участке Хорейверской впадины Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции показана более высокая эффективность композиционного кодирования космических снимков по сравнению с традиционными методами обработки [6]. Комплексирование космических снимков «Союз» с морфометрическими характеристиками (рельеф, плотность рек и озер) методом композиционного кодирования позволило уточнить структуру различных горизонтов и дать прогноз нефтегазоносности территории на основе обучения по известным нефтяным месторождениям.

Применение композиционного кодирования для обработки и анализа данных ГИС, профильной и объемной сейсморазведки позволило уточнить структуру разреза по сейсмическому профилю Приобского месторождения (интерпретация Л.Л.Трусова), дать прогноз нефтеносности по сейсмическим данным, а также сделать прогноз литологии по данным ГИС.

Оценивая геологическую значимость разработанного метода комплексной обработки и интерпретации разнородной геонформации, пользователи отмечают следующие его достоинства [5, 6, 9].

Выявление и кодирование устойчивых связей и их визуализация позволяют оценить структурные условия залегания ССК и наличие структурно-вещественных неоднородностей в их составе.

Эти данные пригодны для всех этапов и стадий геологоразведочного процесса. Они могут служить основой для проектирования геолого-геофизических исследований, анализа получаемых результатов, научных обобщений и заключений. Они позволяют рационализировать работы поискового и разведочного этапов. В этой связи особо следует отметить возможность получения информации детального уровня генерализации по материалам региональных космических съемок.

Одно из важнейших достоинств метода — представление разрывов в виде линий, привязанных к глубинам, что позволяет вычислять их (разрывов) количественные характеристики. Представление материалов в виде изолиний и полей ставит их в ряд со структурными или геологическими (формационными) схемами срезов соответственно. Метод оперативен (основными затратами времени могут быть сборы материалов космических съемок), на порядок дешевле любого геолого-геофизического метода сравнимой информативности, экологически чист.

Применение технологии композиционного кодирования для обработки данных ГИС, сейсморазведки и дистанционного зондирования позволяет построить геоинформационные структуры, которые обеспечат решение задач локального прогноза по данным дистанционного зондирования с ограниченным объемом сейсмического зондирования и поисково-разведочного бурения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев Н.Ф.* Композиционное кодирование как способ выделения природных объектов по характеристикам изображений //Автоматизированная обработка данных аэрокосмических съемок при геологических исследованиях. Л., 1984. С. 21—28.
2. *Афанасьев Н.Ф.* О теории геоиндикационного дешифрирования аэрокосмических снимков //Теория, методика и практика геоиндикационных исследований. М., 1990. С. 16—21.
3. *Баласанян С.Ю.* Динамическая геоэлектрика. — М.: Наука, 1990.
4. *Геоиндикационное моделирование с использованием материалов аэро- и космической съемки/Б.Н.Можаев, Н.Ф.Афанасьев, А.Н.Астахов и др. — Л.: Недра, 1984.*
5. *Гололобов Ю.Н., Евланников Л.В., Смирнова И.О.* Можно ли предсказать эпицентр землетрясения по дистанционным данным //Аэрокосмические методы геологических и экологических исследований: Тез. докл. Международной конференции 30 мая — 4 июня 1994 г. С.-Петербург, 1994. С. 164—165.
6. *Гололобов Ю.Н., Смирнова И.О.* Прогноз вещественно-структурных неоднородностей и залежей УВ в чехле платформ по дистанционным данным //Аэрокосмические методы геологических и экологических исследований: Тез. докл. Международной конференции 30 мая — 4 июня 1994 г. С.-Петербург, 1994. С. 62—63.
7. *Использование материалов космических съемок при изучении нефтегазоносности территорий (методические рекомендации). — М.: ПГО «Аэрогеология», 1989.*
8. *Кузнецов О.Л., Симкин Э.М.* Преобразование и взаимодействие геофизических полей. — М.: Недра, 1990.
9. *Можаева В.Г., Афанасьев Н.Ф., Маилянц В.К.* Геоиндикационная модель как основа прогнозирования локальных структур по материалам дистанционных съемок //Теория, методика и практика геоиндикационных исследований. М., 1991. С. 120—127.
1. *Афанасьев Н.Ф.* Композиционное кодирование как способ выделения природных объектов по характеристикам изображений //Автоматизированная обра-

Региональная геология и тектоника

УДК 551.263.037

© В.И.Ткаченко, О.С.Березнер, 1995

Позднерифейский рифтогенный терригенно-вулканогенный комплекс Восточного Приколмыя

В.И.ТКАЧЕНКО, О.С.БЕРЕЗНЕР

Присутствие древних вулканогенных образований на отдельных участках Приколмыя установлено давно, но изучались они разными исследователями в разные годы и считались разновозрастными [1, 3—5, 9, 10]. В наиболее изученном Шаманихо-Столбовском районе возобладало представление о субвулканической природе орского комплекса измененных кислых вулканитов (порфириоидов), несмотря на явные признаки наличия жерловых и эффузивных фаций [10], хотя в процессе изучения района Р.С.Фурдуй предполагал присутствие здесь различных по составу метавулканитов [9], а Б.В.Пепеляев выделял самостоятельную глуховскую толщу метаморфизованных кислых эффузивов, агломератовых туфов и песчаников [5]. На северо-востоке При-

колмыя в верховьях р.Каменка вулканогенные образования картировались в составе спиридоновской свиты рифея [3] или как самостоятельный палеозойский комплекс сложного состава и строения [1]. Последовательное изучение древних образований всего региона позволило выявить основные закономерности строения докембрийских толщ Приколмыя и место в них вулканогенных образований [7].

Восточное Приколмые представляет собой узкий субмеридионально вытянутый тектонический блок, восточный и западный края которого надвинуты на прилегающие структуры. Установлено, что здесь присутствуют рифтогенные терригенно-вулканогенные образования двух разновозрастных комплексов: позднерифейского с вул-

канитами контрастной серии, широко развитого во всех частях Восточного Приколымья, и раннекембрийского щелочных базальтоидов узкой поперечной впадины, протянувшейся из Восточного Приколымья на Омолонский массив. На северо-востоке Приколымья в верховьях р. Каменка эти структуры пересекаются, и комплексы наложены друг на друга. Описанию позднерифейского рифтогенного комплекса посвящена настоящая статья.

На северо-востоке Приколымья (рис. 1) в верховьях р. Каменка позднерифейский комплекс широко развит в пределах Чебукулахского горного узла, откуда прослеживается фрагментарно в узких тектонических пластинах на правом берегу р. Правая Каменка к северу и в верховья р. Левая Каменка к югу узкой субмеридиональной полосой протяженностью 80 км при максимальной ширине 25 км. На юге Приколымья комплекс широко распространен на площади 80х40 км в Шаманихо-Столбовском районе. Эти два участка вытянуты навстречу друг другу, но разделены в верховьях р. Шаманиха полем более молодых образований, под которым, возможно, комплекс протягивается непрерывно. Третий участок развития комплекса установлен в среднем-нижнем течении рек Сяпкине и Каменка в северо-западной части Восточного Приколымья, также в виде узкой субмеридиональной полосы (70х10 км).

В геофизических полях площади развития рифейских вулканитов выделяются одинаковым характерным рисунком: гравитационное поле слабо отрицательное, ровное, простого строения; магнитное поле положительное, с линейными и изометричными высокоинтенсивными аномалиями.

В составе рифейского рифтогенного комплекса во всех районах его развития выделяются две серии: нижняя терригенно-вулканогенная хакдонская (впервые под этим названием в 1980 г. Ю.Б.Алешко и другие описали вулканогенные образования в верховьях р. Каменка, которые впоследствии были разделены В.И.Ткаченко [6—8] на собственно позднерифейскую хакдонскую серию и раннекембрийскую горгуныинскую толщу) и верхняя уянканская карбонатно-терригенного состава. Обе эти серии в других районах имеют заметные фациальные отличия, но основные закономерности их строения прослеживаются повсеместно. Сложность изучения рифейских рифтогенных образований региона связана со слабой обнаженностью, сложной дислоцированностью толщ, но особенно с интенсивностью и неравномерностью метаморфизма пород.

Все горные породы хакдонской серии в той или иной степени метаморфизованы; в терригенных породах верхней уянканской серии степень метаморфизма быстро падает, и первоначальная природа их всегда хорошо различима. Предполагается, что метаморфизм рифейского рифтогенного комплекса имел место в процессе предвендской коллизии, сформировавшей в основном структуру Приколымского поднятия. Это динамотермальный зеленосланцевый метаморфизм, проявленный на значительных площадях (как это обычно свойственно термально-дислокационному метаморфизму в обстановке стресса) неравномерно, с локальным усилением или ослаблением его динамокомпоненты, что приводит к частым вариациям степени катаклаза, милонитизации, расланцевания горных пород (от высокой степени до полного отсутствия) при относительно не-

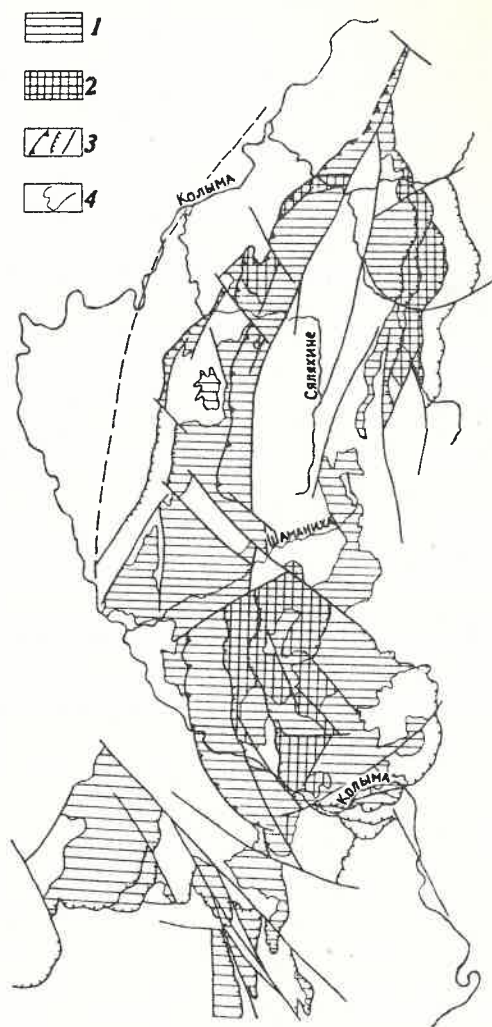


Рис. 1. Схема выходов довендских образований Приколымья:

1 — довендские образования; 2 — позднерифейский рифтогенный комплекс; 3 — тектонические ограничения — надвиги и разломы; 4 — геологические границы

больших колебаниях общего фациального уровня. Для трех наиболее распространенных типов горных пород хакдонской серии минеральные ассоциации, отвечающие наивысшим из достигаемых *PT*-условий, следующие:

в метабазальтоидах: олигоклаз + актинолит + эпидит + хлорит + ильменит ± биотит (± регрессивные карбонат, кварц);

в метариолитах: кварц + калиналовый полевой шпат ± альбит ± биотит + светлая слюда + хлорит + магнетит ± стильпномелан;

в метатерригенных породах (за исключением монокварцевых и аркозовых): кварц+светлая слюда+хлорит± хлоритоид±железистый карбонат±биотит+магнетит. Хлоритоид ассоциирует только с хлоритом и никогда — с кианитом или альмандином, поэтому можно предполагать, что метаморфизм достигает средних ступеней зеленосланцевой фации.

Неравномерное динамотермальное (особенно динамическое) воздействие создало из горных по-

род хакдонской серии широкую гамму разнообразных метаморфитов — от метапород с псевдоморфными структурами и в разной степени рассланцованных метапород (в которых различимы еще какие-то реликты минерального состава или структур) до метаморфических сланцев и blastolites, претерпевших полную перикристаллизацию и переструктурирование и не сохранивших никаких признаков первопород. Реконструкция разрезов хакдонской серии в связи с этим в некоторой степени предположительна.

Большинство горных пород хакдонской серии представлены метаморфическими сланцами разного минерального состава, первичную природу которых восстановить не всегда легко. Они обладают более или менее выраженной плоско- и линейно-параллельной структурой, а иногда и прерывисто-полосчатой текстурой. Однако в них почти всегда есть участки, где сохраняются черты первопород. В группе метариолитов это, прежде всего, реликтовые флюидальные текстуры и порфиоровые структуры с миллиметровыми вкраплениями кварца, калинарового полевого шпата, альбита, рудного минерала на фоне тонкозернистой основной массы. Учитывая, что текстуры течения и структуры порфиорового облика могут возникать при динамометаморфизме (динамофлюидальность и порфиорокlastы в blastokataklazитах и blastomylonитах), и что blastotекстуриты гранитов, гнейсов и даже аркозовых песчаников оказываются зачастую практически не отличимы от метариолитов, приходится в каждом случае опираться на неопровержимые доказательства вулканической природы пород. К таким доказательствам относятся признаки интрателлурической природы вкрапленников — их правильная огранка или, например, «заливчатые» формы, обязательные резорбции кристаллов расплава.

Кроме металлов иногда удается различить метатингиты и метатифы кислого состава. В первом случае видны оскольчатые формы вкрапленников (если их можно отличить от результатов позднего катаклаза), а в связующей массе — фьямме-текстуры. Во втором — сохраняются «тепные» роговчатых пепловых витрокlastов. По мере усиления blastokataklaza в метариолитах вкрапленники подвергаются все более значительному дроблению, основная масса — рассланцеванию с blastезом кварца, полевых шпатов, мусковита, зеленого биотита, рудных минералов. В итоге возникают тонкозернистые сланцы мусковит-биотит-полевошпат-кварцевой состава, о природе которых можно говорить лишь предположительно.

Метабазальтоиды в участках наиболее слабого метаморфизма обнаруживают blastодиабазовую либо blastointерсеральную структуру; сохраняются вкрапленники деанортитизированного плагиоклаза. Иногда (возможно, в несколько более лейкократовых разностях) можно видеть blastо-гипоидитовую и blastопилотакситовую структуры. Нередко сохраняются миндалекаменные текстуры с кварцем, эпидотом, хлоритом в миндалинах. По мере увеличения степени метаморфизма эти реликтовые структурно-текстурные черты базальтоидов утрачиваются; образуются метаморфические сланцы с актинолитом или голубовато-зеленым амфиболом, эпидотом или клиноцоизитом, альбитом или олигоклазом, ильменитом или магнетитом, хлоритом, зеленым би-

отитом, кварцем, сфеном, карбонатом в разных сочетаниях.

Метатерригенные породы диагностируются по присутствию реликтовых псаммитовых, реже алевритовых либо псефитовых структур и косои или параллельной слоистости. Обломочному материалу обычно свойственны неплохая окатанность, но несовершенная сортировка, а в составе его наблюдается смешение аркозового или чисто кварцевого материала с обломками вулканитов (главным образом кислых). Цемент кварц-хлорит-серицитовый, часто с добавлением карбонатного или гематитового вещества. Blastез и рассланцевание приводят к образованию кварц-хлорит-серицитовых сланцев, где часто появляется хлоритонд, чему, возможно, способствует специфический состав метасадочных пород — повышенное содержание железа в форме гематита в характерных для хакдонской серии красноцветях.

Приведенное ниже описание разрезов дано в терминах исходных пород (песчаники, риолиты, базальтоиды и т.д.) без указания степени метаморфизма и состава метаморфических пород из них образованных. При этом под базальтоидами понимаются базальты и диабазы, под риолитами — как собственно риолиты, так и вообще лавы кислого состава, включая дациты, трахириолиты, трахидациты, там, где их невозможно достоверно диагностировать.

В верховьях р. Каменка хакдонская серия имеет четкое двучленное строение (рис. 2, 1): в нижней части преобладают лавы и туфы кислого состава, в верхней — основного; они чередуются с подчиненными пластами и пачками красноцветных грубообломочных терригенных пород. В некоторых случаях вулканогенные породы кислого состава имеют несомненно субвулканическое происхождение. Основание серии нами не наблюдалось, но, по материалам Ю.Б. Алешко и др., нижняя толща на правобережье р. Левая Каменка залегает несогласно на различных рифейских толщах.

Нижняя толща сложена преимущественно лавами кислого состава, их туфами и туфобрекчиями, песчаниками и туфопесчаниками. Единичные хорошо обнаженные разрезы этой толщи обнаружить не удалось, представление о характере чередования позволяют составить частные разрезы толщи в верховьях руч. Хак-Дон.

- | | |
|---|------|
| 1. Туфопесчаники средне- и мелкозернистые, в верхней части | |
| с потоками (до 3 м) трахидацитов | 30 м |
| 2. Трахиты и трахириолиты (потоки 10—15 м) с пластами (2—5 м) их туфов мелко- и среднеобломочных. | 50 м |
| 3. Трахидациты и трахириолиты (потоки 8—12 м) с линзами (0,1 м) песчаных известняков | 30 м |

Вероятно, слой 3 наращивается или соответствует слою 1 другого частного разреза, изученного в нескольких километрах севернее.

- | | |
|--|------|
| 1. Трахидациты с линзами мелкозернистых известковых песчаников (до 3 м) и песчаных известняков (0,05—0,1 м) | 18 м |
| 2. Песчаники полимиктовые среднезернистые с прослоями и пластами (до 5 м) мелкозернистых | 53 м |
| 3. Туфы трахириолитов мелкообломочные с прослоями и пластами (до 0,5 м) среднезернистых кварцевых песчаников | 22 м |

Мощность толщи в описанных разрезах 180—200 м; вероятно, общая мощность толщи не превышает 300 м. К югу и западу пласты туфов и песчаников частично выклиниваются, и вулканогенные породы заметно преобладают. Химический состав металов (таблица) отвечает преимущественно трахириолитам и риолитам, реже — трахидацитам, трахитам, дацитам.

Верхняя толща хакдонской серии в верховьях р. Каменка сложена чередующимися потоками трахибазальтов, трахиандезитобазальтов, реже базальтов, пластами их туфов, туфопесчаников и песчаников, иногда доломитистых с линзами доломитов. В средней части повсеместно прослеживается маркирующая пачка песчаников с линзами конгломератов (в обломках встречаются вулканогенные породы нижней толщи), которая местами образует коренные выходы, позволяющие расшифровать сложную сублинейную складчатость серии и оценить мощности толщ.

В разрезах верховьев руч. Хак-Дон на породах нижней толщи залегают следующие породы.

1. Чередующиеся потоки (5—15 м) трахибазальтов и трахиандезитобазальтов с пластами (1—5 м) песчаников красных, лиловых, белых средне-крупнозернистых (внизу с обломками пород нижней толщи) полимиктовых 70—80 м
2. Песчаники красные, ярко-лиловые полевшпат-кварцевые среднезернистые массивные и слоистые 50—60 м
3. Трахиандезиты темно-лиловато-серые, внизу базальты лиловые миндалекаменные; пласты песчаников красных, розовых 70—80 м

Общая мощность толщи в разрезе 190—220 м. Фациальные изменения по площади — появление на разных уровнях мощных (до 30 м) быстро выклинивающихся потоков гигантопорфировых и афировых базальтоидов и пластов песчаников красноцветных с линзами конгломератов, но в целом толща всюду представлена чередующимися потоками лав (редко туфов) основного состава, пластами и пачками песчаников. Мощность толщи 200—300 м. По химическому составу (см. таблицу) среди лав преобладают трахибазальты, подчиненное значение имеют трахиандезитобазальты и трахиандезиты.

В Шаманихо-Столбовском районе хакдонская серия ранее не выделялась, хотя распространена чрезвычайно широко (см. рис. 1). Резко выступающие в рельефе, сравнительно хорошо обнаженные вулканисты кислого состава выделялись здесь ранее как субвулканические, хотя признаки эффузивной их природы отмечались многими [5, 10]. Вулканогенные породы основного состава обнажены чрезвычайно слабо, сильно изменены.

Структурно несогласное залегание нижней части серии на разных свитах средне-верхнерифейского осадочного комплекса установлено в разных частях Шаманихо-Столбовского района, однако непосредственный контакт нигде не обнажен достаточно хорошо. Как и в верховьях р. Каменка, здесь в нижней части преобладают лавы и туфы кислого состава, но появляются и потоки основных лав. В верхней части резко преобладают породы основного состава, но повсеместно встречаются и потоки кислых пород. К юго-востоку района породы основного состава выклиниваются и

в бассейне руч. Чебукулах почти полностью исчезают.

Наиболее полный разрез серии изучен на водоразделе ручьев Копач—Горняк—Глухой, где на кварцитах ороекской свиты залегают (см. рис. 2, II):

1. Песчаники светло-серые, серые, белые мелкозернистые кварцевые с прослоями розовато-, лиловато-серых средне-крупнозернистых 70—100 м
2. Риолиты серые, сиреневато-серые, реже зеленовато-серые, нередко с псефитовыми разлинзованными обломками розовых разностей, с пластами песчаников и единичными потоками базальтоидов 80—100 м
3. Песчаники кварцевые светло-серые, белые, иногда нечеткослоистые, внизу с редкой галькой и валунами кварцитов; отдельные маломощные потоки (1—3 м) базальтов 90—110 м
4. Базальтоиды темно-зеленовато-серые, иногда миндалекаменные, с прослоями и пластами (до 10 м) песчаников,верху — туфопесчаников (?) зеленовато-серых 90—100 м
5. Риолиты розовато-, светло-серые 40—60 м
6. Базальтоиды, нередко миндалекаменные, туфы (?) основного состава темно-зеленовато-серые, темно-серые с пластами (1—10 м) туфопесчаников (?) серых,верху песчаников светло-серых разнозернистых 200—300 м

Выше, вероятно, согласно залегают песчаники уянканской серии. Мощность хакдонской серии в разрезе 570—770 м.

К юго-востоку роль терригенных и вулканогенных пород кислого состава в разрезе серии заметно возрастает. На правобережье р. Малая Столбовая на водоразделе ручьев Юный — Кондовый основание серии вероятно не вскрыто, в разрезе обнажены (см. рис. 2, III):

1. Песчаники окварцованные светло-серые 5—10 м
2. Риолиты зеленовато-серые с редкими маломощными потоками (1—3 м) базальтов миндалекаменных темно-зеленовато-серых 120—160 м
3. Базальтоиды темно-зеленовато-серые с редкими потоками риолитов 60—80 м
4. Часто чередующиеся потоки (1—10 м) базальтов, часто миндалекаменных зеленых, темно-серых, риолитов зеленовато-серых, пласты глинистых сланцев и алевролитов темно-серых, песчаников серых 150—190 м
5. Базальтоиды, иногда миндалекаменные и их туфы темно-зеленовато-серые с частыми потоками (1—10 м) риолитов, пластами туфов (?) кислого-среднего состава, туфопесчаников 150—180 м
6. Риолиты темно-сиреневато-серые 30—50 м
7. Базальтоиды темно-зеленовато-серые с потоками (0,5—5 м) риолитов темно-сиреневато-серых, пластами песчаников серых, светло-серых 100—130 м

Выше структурно согласно залегают песчаники уянканской серии. Мощность хакдонской серии в разрезе 615—800 м, вероятно, не полная, хотя не исключено и тектоническое сдвигание части разреза.

В 3 км восточнее описан еще один частный разрез верхней части серии мощностью около 300 м, в котором породы основного состава также переслаиваются с подчиненными метариолитами. Южнее,

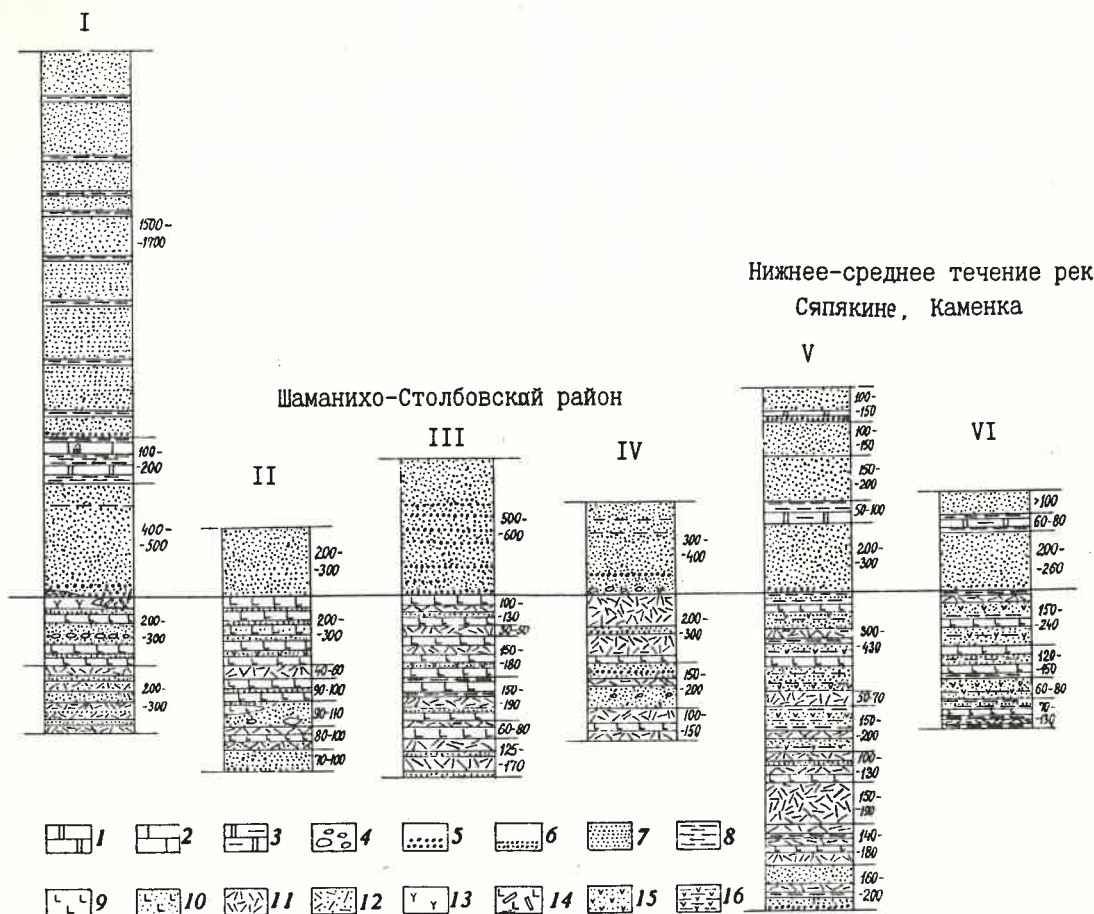


Рис. 2. Схема сопоставления верхнерифейских рифтогенных образований Восточного Приколымья:

1 — доломиты; 2 — известняки; 3 — глинистые доломиты; 4 — конгломераты; 5 — гравелиты; 6 — средне-крупнозернистые песчаники; 7 — мелко-среднезернистые песчаники; 8 — алевролиты и глинистые сланцы; 9 — лавы основного состава; 10 — туфы основного состава; 11 — лавы кислого состава; 12 — туфы кислого состава; 13 — трахиандезиты; 14 — гигантопорфировые базальты; 15 — туфопесчаники (?); 16 — туфоалевролиты (?)

в бассейне руч. Чебукулах серия имеет мощность 450—650 м, сложена преимущественно риолитами, в середине с мощной (150—200 м) пачкой песчаников светло-серых, реже красных и розовых (местами с плавающей галькой), переслаивающихся с отдельными потоками риолитов (см. рис. 2, IV).

Еще один участок развития рифтогенных верхнерифейских образований установлен в нижне-среднем течении рек Сяпякине и Каменка на северо-западе Восточного Приколымья в узкой полосе вдоль зоны регионального надвига (см. рис. 1). Основание хакдонской серии здесь не установлено, она сильно метаморфизована и, вероятно, интенсивно дислоцирована. Нижняя часть серии на водоразделе рек Сяпякине и Каменка сложена преимущественно метариолитами, вероятно, часто субвулканическими, грубо переслаивающимися с пачками кварцитов, подчиненными пластами филлитов, потоками метабазитов; к югу на левобережье р. Сяпякине лавы кислого состава выклиниваются почти полностью. В верхней части серии среди вулканитов преобладают лавы основного состава; она более выдержана по площади, обнажена часто со-

вместно с согласно перекрывающей ее и сравнительно хорошо обнаженной уянканской серией, что позволяет расшифровать слагаемые ими структуры и сопоставить ряд частных разрезов.

В верховьях руч. Тирехтях-Юрюе в разрезе серии описаны (см. рис. 2, V):

1. Песчаники кварцевые светло-серые, белые с прослоями и пластами (до 3 м) полевошпат-кварцевых песчаников, иногда гравелистых, алевролитов и глинистых сланцев, потоками риолитов 160—200 м
2. Риолиты светло-серые, серые, розовато-серые с потоками базальтоидов темно-зеленовато-серых, пластами глинистых сланцев 140—180 м
3. Риолиты светло-серые, розовато-серые 150—190 м
4. Чередующиеся потоки (1—10 м) риолитов серых, базальтоидов темно-зеленовато-серых, пласты (0,5—5 м) глинистых сланцев и алевролитов темно-серых, песчаников зеленовато-серых 100—130 м
5. Часто чередующиеся пласты (1—5 м) глинистых сланцев и алевролитов темно-серых, песчаников, туфопесчаников (?) и туфоалевролитов (?) зеленовато-серых, редкие потоки (до 3 м) риолитов 150—200 м

Химический состав лав хакдонской серии, %

Номер по порядку	SiO ₂	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П.п.п.	Сумма
1	69,12	0,50	—	14,95	5,10	0,77	0,06	1,03	0,48	2,34	4,68	—	1,221	100,25
2	71,17	0,46	—	12,30	3,17	1,26	0,02	—	2,01	2,41	4,85	0,08	2,05	99,98
3	70,47	0,57	—	13,36	3,80	1,04	0,06	0,59	0,34	3,08	5,41	0,11	0,92	99,82
4	69,32	0,54	—	12,71	4,60	1,72	0,06	0,30	0,84	3,40	4,76	0,11	1,29	99,85
5	70,42	0,52	—	12,18	3,70	2,52	0,05	1,15	0,84	3,03	3,77	0,19	1,29	99,78
6	69,56	0,58	—	13,17	2,45	2,75	0,05	1,90	0,35	3,17	4,10	0,12	1,40	99,60
7	69,56	0,50	—	12,44	3,39	1,93	0,03	0,70	1,64	3,02	4,59	0,18	1,82	99,72
8	64,84	0,72	—	15,51	4,62	2,18	0,15	1,93	0,99	2,97	3,09	0,19	2,85	99,53
9	68,20	0,68	—	13,19	3,11	2,68	0,07	1,02	1,50	3,25	3,87	0,25	2,07	99,50
10	72,62	0,50	—	12,12	2,22	1,23	0,03	0,30	1,94	4,33	2,74	0,17	1,98	100,18
11	68,18	0,60	—	12,75	3,56	1,39	0,05	0,60	2,15	4,55	3,79	0,20	2,18	100,06
12	51,91	2,08	—	16,10	2,93	9,39	0,07	5,20	2,01	3,30	1,88	0,55	4,74	100,26
13	49,76	2,51	—	14,58	8,94	5,33	0,13	4,14	4,63	3,15	2,81	0,54	3,78	100,36
14	48,98	2,32	—	14,49	8,14	6,76	0,17	5,46	3,80	4,78	2,08	0,45	3,71	99,92
15	50,61	2,08	—	18,08	8,74	3,42	0,12	4,25	1,96	4,78	3,19	0,30	3,03	99,98
16	51,16	1,77	—	16,05	6,42	6,12	0,16	2,99	4,85	3,80	3,78	0,31	2,69	100,13
17	51,33	2,08	—	15,43	6,44	7,32	0,12	6,65	0,44	4,33	0,82	0,46	3,47	99,65
18	71,47	0,57	0,018	13,06	—	4,79	0,03	0,14	0,31	3,72	4,93	0,11	1,00	100,14
19	70,11	0,73	0,018	13,37	—	5,61	0,09	0,83	1,55	3,65	3,28	0,16	0,95	100,36
20	71,75	0,57	0,017	13,14	—	4,80	0,02	0,36	0,13	3,61	5,01	0,12	0,70	100,23
21	72,06	0,56	0,017	12,87	—	4,57	0,02	0,25	0,12	3,60	4,92	0,11	1,00	100,10
22	71,62	0,58	0,017	13,48	—	4,85	0,03	0,22	0,05	3,92	4,57	0,12	0,70	100,16
23	72,53	0,60	0,017	13,31	—	4,47	0,03	0,55	0,03	3,22	4,65	0,11	1,00	100,50
24	72,41	0,61	0,019	12,90	—	4,63	0,01	0,02	0,01	4,22	4,60	0,10	0,80	100,34
25	73,55	0,61	0,019	12,96	—	4,41	0,03	0,60	0,09	6,92	0,22	0,13	0,75	100,27
26	71,21	0,60	0,017	13,22	—	4,97	0,01	0,24	0,12	3,19	5,61	0,14	0,85	100,17
27	68,44	0,95	0,018	12,60	—	5,81	0,12	2,11	2,03	5,37	0,68	0,15	1,95	100,23
28	69,40	0,69	0,017	13,89	—	6,22	0,04	0,50	0,19	3,45	4,07	0,16	1,50	100,13
29	51,55	2,07	0,020	17,27	—	11,62	0,17	3,60	4,36	4,04	1,86	0,41	3,10	100,07
30	48,64	1,97	0,022	14,67	—	13,14	0,20	6,02	7,65	4,49	0,21	0,32	2,95	100,28
31	46,58	2,14	0,025	14,75	—	14,53	0,21	6,15	7,64	3,85	0,34	0,33	3,40	99,95
32	52,07	2,61	0,021	14,13	—	13,46	0,24	3,35	7,12	2,95	0,63	0,47	2,60	99,84
33	50,82	2,41	0,021	14,31	—	13,97	0,19	4,28	6,60	2,22	2,15	0,44	2,65	100,05
34	53,52	2,65	0,020	13,20	—	13,43	0,11	3,43	5,34	4,51	0,54	0,57	3,20	100,55
35	53,38	2,74	0,020	12,68	—	14,81	0,14	5,93	2,64	3,07	0,33	0,54	3,30	99,57
36	50,87	1,72	0,032	14,62	—	11,65	0,35	6,76	4,59	3,36	0,31	0,20	6,05	100,50
37	53,92	1,53	0,032	12,97	—	10,85	0,16	4,72	5,32	2,88	0,65	0,25	6,50	99,77
38	75,53	0,55	0,018	11,21	—	5,00	0,21	0,70	0,91	0,16	2,70	0,12	3,15	100,19

Примечание. Верховья р.Каменка: 1—11 — метариолиты, 12—17 — метабазальтоиды; Шаманихо-Столбовской район: 18—28 — метариолиты, 29—35 — метабазальтоиды; нижнее — среднее течение рек Сяпкине и Каменка: 36 — метариолит, 37—38 — метабазальтоиды.

6. Риолиты зеленовато-серые 50—70 м
7. Часто чередующиеся пласты (1—3 м) глинистых сланцев и алевролитов темно-серых, песчаников полимиктовых и кварцевых, светло-серых, туфопесчаников (?) и туфоалевролитов (?) зеленовато-серых, редкие маломощные потоки базальтоидов и риолитов 300—430 м

Выше согласно залегают породы уянканской серии. Общая мощность хакдонской серии в разрезе 1050—1400 м (не исключено тектоническое сдвигание некоторых частей разреза).

В 10 км южнее на южных склонах горы Тирехтах-Юрое в разрезе верхней части хакдонской серии более заметную роль играют вулканогенные породы основного состава (см. рис. 2, VI):

1. Глинистые сланцы и алевролиты темно-серые с прослоями песчаников серых, внизу с потоками (1—3 м) базальтоидов и риолитов 70—130 м
2. Песчанники кварцевые белые, светло-серые с пластами (1—5 м) туфопесчаников (?) и туфоалевролитов (?) зеленовато-серых, глинистых сланцев и алевролитов темно-серых 60—80 м
3. Чередующиеся пласты и потоки (2—10 м) базальтоидов, песчаников, алевролитов и глинистых сланцев 120—150 м

4. Чередующиеся пласты (1—10 м) песчанников кварцевых белых, туфопесчаников (?) и туфоалевролитов (?) зеленовато-серых, глинистых сланцев и алевролитов темно-серых с редкими потоками (1—2 м) риолитов и базальтоидов 150—240 м

Выше согласно залегают породы уянканской серии. Видимая мощность отложений хакдонской серии в разрезе 400—600 м. На правом склоне долины р. Сяпкине хакдонская серия, вероятно, несогласно залегает на позднерифейской юагирской серии; ее общая мощность здесь, по-видимому, составляет 800—900 м, а в основании обнажается мощная пачка базальтоидов.

На левобережье р.Сяпкине к хакдонской серии, вероятно, относится толща (370—420 м) измененных терригенных пород с отдельными потоками базальтоидов и риолитов (гора Мундай); характер ее взаимоотношений с другими толщами здесь не ясен, хотя несомненно верхнее положение в разрезе. Таким образом, в районе среднего-нижнего течения рек Сяпкине и Каменка видимая мощность хакдонской серии, вероятно, очень изменчива и составляет 400—1400 м.

Вулканиды хакдонской серии (см. таблицу) составляют типичную бимодальную базальт-риоли-

товую серию, подобную тем, что характерны для вулканизма континентальных рифтовых зон, раскрытие которых было незначительным [2]. Как риолиты, так и базальты отличаются повышенной суммарной щелочностью, часто превышающей границу между нормальными и субщелочными разностями. В кислых породах калий преобладает над натрием. Основные вулканы кроме повышенной щелочности, имеют и другие черты, свойственные рифтовым базальтам: высокие содержания титана и железа, а также фосфора.

Уянканская серия занимает наиболее высокое положение в разрезе верхнего рифея (и часто в рельефе участков ее развития), сложена мощными пачками осадочных пород, нередко с коренными выходами наиболее прочных из них. Залегает, как правило, на хакдонской без видимого несогласия, но в краевых частях слагаемых ими полей уянканская серия нередко лежит непосредственно на более древних рифейских образованиях. Серия карбонатно-терригенного состава, наиболее полно обнажена в верховьях р. Каменка, где впервые описана [6], и в районе нижнего-среднего течения рек Сяпкине и Каменка. В Шаманихо-Столбовском районе вскрыта лишь ее нижняя часть. Для серии характерно присутствие (особенно в нижней части) мощных однородных, устойчивых к выветриванию пачек песчаников. Они слагают широкие сглаженные водоразделы или отдельные конусовидные вершины; характер обнаженности и складчатости на границе хакдонской и уянканской серий нередко резко меняется.

В верховьях р. Каменка серия имеет следующее строение (см. рис. 2, I):

1. Песчаники блекло-пестроцветные полевошпат-кварцевые средне-крупнозернистые с прослоями гравийных и линзами конгломератов в основании (часто с обломками вулкаников хакдонской серии); вверх постепенно сменяются белыми кварцевыми, затем светло-серыми полевошпат-кварцевыми мелко-среднезернистыми песчаниками с прослоями темно-серых алевролитов 400—500 м
2. Алевролиты и глинистые сланцы темно-серые, зеленовато-серые, иногда лиловые и зеленые, с пластами и линзами доломитов, иногда известняков со строматолитами позднерифейско-юдомского облика 100—200 м
3. Чередующиеся крупные пачки (50—300 м) песчаников кварцевых и полевошпат-кварцевых белых, светло-серых, реже зеленовато-серых, серых, иногда лиловых или зеленых, с частыми прослоями, пластами и пачками алевролитов и глинистых сланцев темно-серых, зеленовато-серых, табачно-зеленых, красных 1500—1700 м

Видимая мощность 2000—2400 м. Принадлежность к уянканской серии обнаженной в районе толщ ярко-красных алевролитов и глинистых сланцев с пластами песчаников зеленовато-, буровато-серых мощностью 400—600 м вероятна, но однозначно не установлена. Таким образом, мощность уянканской серии оценивается здесь в 2000—3000 м. Выше с резким угловым и азимутальным несогласием залегают вендские терригенные и раннекембрийские вулканогенные образования.

В Шаманихо-Столбовском районе уянканская серия представлена, вероятно, лишь своей нижней частью. Это толща песчаников полевошпат-

кварцевых светлых средне-крупнозернистых, в основании иногда лиловато-серых гравийных с пластами и линзами конгломератов (в гальке обильные обломки вулкаников хакдонской серии, единичные — гранитоидов). В юго-восточной части района в нижней части толщи в песчаниках иногда встречаются крупные бомбы кислых вулкаников, а в средней части — линзы и прослои (до 1 м) углистых глинистых сланцев. Общая мощность отложений серии здесь не превышает 600 м.

Уянканская серия в районе нижнего-среднего течения рек Сяпкине и Каменка четко делится на пять пачек (см. рис. 2, V, VI). Нижняя (200—300 м) — белые кварцевые песчаники, нередко гравийные; вторая (50—100 м) — глинистые доломиты, глинистые сланцы темно-серые с прослойками серых мелкозернистых песчаников («полосатики»); третья (150—200 м) — песчаники полевошпат-кварцевые светло-серые среднезернистые; четвертая (100—150 м) — белые, светло-серые кварцевые песчаники; пятая (100—150 м) — песчаники разномзернистые от среднезернистых до гравийных кварцевые светло-серые, серые с пластом (1—2 м) доломитов серых в нижней части. Общая мощность серии 600—900 м.

Для пород уянканской серии почти повсеместно характерны терригенно-обломочный состав, присутствие прослоев карбонатных пород, часто — красноцветность отдельных пачек и пластов, знаки волноприбойной ряби на плоскостях напластования, грубая косая слоистость и другие признаки мелководных условий образования.

Позднерифейский возраст хакдонской и уянканской серий определяется их залеганием на позднерифейских толщах и непосредственным перекрытием терригенной вендской и фаунистически охарактеризованной раннекембрийской толщами. Многочисленные калий-аргоновые определения радиологического возраста дают широкий спектр от позднего рифея до мезозоя, что, вероятно, отражает многоактность тектонических событий в регионе.

Вероятно, уянканская и хакдонская серии, развитые в узких зонах рифтогенеза, являются возрастными аналогами верхней части позднерифейской юагирской серии карбонатно-терригенного состава. Уянканская серия близка по составу юагирской и могла бы рассматриваться как часть последней, но ее тесная связь с подстилающей хакдонской, вероятно, несогласное залегание местами на юагирской серии, большее количество грубообломочных и красноцветных пород в ее составе по сравнению с юагирской, позволяют рассматривать уянканскую серию как самостоятельную верхнюю часть рифтогенного комплекса на этапе заполнения отмирающего рифта. Уточнение соотношений этих толщ, их полного объема и строения требуют более детальных исследований. Актуальность изучения позднерифейского рифтогенного комплекса Прикомья обусловлена приуроченностью большинства проявлений золота региона именно к полям развития образований этого комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Листы Q-56-XVII, XVIII. Объяснитель-

- ная записка / Под ред. Л.М.Натапова, В.С.Шульгиной. — М.: ПГО «Аэрогеология», 1980.
2. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралев В.М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. — М.: Недра, 1976.
 3. Николаев Ю.Т. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Листы Q-56-XV, XVI. Объяснительная записка. — М., 1978.
 4. Пепеляев Б.В. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:1 000 000. Лист Q-56 (Среднеколымск). Объяснительная записка. Ч. I. М., 1962.
 5. Пепеляев Б.В. Рифейские и вендские образования Северо-Востока СССР //Тез. докл. межвед. страт. совещ. по СВ СССР. Магадан, 1974. С. 36—41.
 6. Ткаченко В.И. Верхнерифейские и нижнепалеозойские вулканогенные образования Приколымского региона //Тез. докл. III регион. петрогр. совещ. по СВ СССР. Магадан, 1968. С. 92—93.
 7. Ткаченко В.И. Докембрийские отложения в структуре Приколымского поднятия //Региональная геодинамика и стратиграфия азиатской части СССР. Л., 1992. С. 49—64.
 8. Ткаченко В.И. Кембрий Приколымо-Омолонского микроконтинента //Изв. ВУЗов. Геология и разведка. М., 1994. № 1. С. 3—11.
 9. Фурдуй Р.С. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Лист Q-56-XXVIII. Объяснительная записка. — М.: Мин-во геол., ВАГТ, 1963.
 10. Шишкин В.А. Метаморфический комплекс Приколымского поднятия. — М.: Недра, 1979.

УДК 551.243.33

© Коллектив авторов, 1995

Эволюция Прикаспийской впадины в среднем — позднем палеозое

Л.Ф.ВОЛЧЕГУРСКИЙ, Т.В.ВЛАДИМИРОВА, И.Н.КАПУСТИН, Л.М.НАТАПОВ

Прикаспийская впадина включает одноименную низменность и склоны окружающих ее возвышенностей, расположенных к северу от акватории Каспийского моря. В тектоническом отношении она отвечает глубочайшей краевой депрессии в юго-восточной части Восточно-Европейской платформы [9, 15]. Породы фундамента наблюдаются лишь на востоке и северо-востоке впадины. Подсолевые отложения вскрыты более чем 600 параметрическими, поисковыми и разведочными скважинами, пробуренными в пределах бортовых, достаточно узких зон. На остальной территории впадины судить о структуре и вещественном составе подсолевых отложений можно лишь по геофизическим данным [6, 8, 14, 15].

Невысокий уровень изученности подсолевых отложений в центральных районах впадины, их сложное строение, резкие изменения литологического состава и мощностей, многочисленные перерывы в осадконакоплении, слабая палеонтологическая охарактеризованность, отсутствие четкого биостратиграфического расчленения разреза и обоснования границ отдельных стратиграфических подразделений — все это не позволяет однозначно трактовать глубинную структуру подсолевых толщ впадины и историю их геологического развития.

Новые материалы бурения и сейсморазведки, современные методы их обработки, связанные, в первую очередь, с сейсмостратиграфическими методами изучения осадочных толщ, позволяют в качестве наиболее приемлемой рассматривать концепцию развития Прикаспийской впадины в палеозое по типу узкого океанического бассейна рифтовой природы, расположенного на пассивной окраине Восточно-Европейской платформы (древнего континента). Зарождение этого бассейна обусловлено процессами континентального рифтогенеза, приведшего к частичному раскрытию континентальной коры [4, 5].

Особенности строения палеозойского разреза впадины позволяют разделить ее геологическую

историю на восемь этапов (380—250 млн лет назад): эйфельско-раннефранский, позднефранско-турнейский, ранне-средневизейский, поздне-визейско-раннебашкирский, позднебашкирско-верейский, каширско-артинский, кунгурский, позднепермский [1, 2]. В течение рассматриваемого времени Восточно-Европейский континент медленно перемещался в северном направлении, пройдя за 130 млн лет около 1000 км.

Были проанализированы имеющиеся профили глубинного сейсмического зондирования, карта поля силы тяжести Δg и аномального магнитного поля ΔT_a . Удалось установить, что участки с высоким (до 32 км) положением кровли мантии совпадают с максимумом поля силы тяжести. Учитывая, что мощность осадочного чехла со скоростями от 4,2 до 6,2 км/с составляет 22 км [7, 8, 11, 15], тяжелая кора в центре впадины (с сейсмическими скоростями 6,8—7,2 км/с) имеет мощность всего 10 км и, таким образом, наиболее вероятно, является океанической. Площадь ее развития в плане представляет относительно узкую (150—200 км) полосу, смещенную перпендикулярными к ней линейamentами, слабо выраженными на своих флангах в аномальном магнитном поле и на картах рельефа фундамента. Это дало возможность с определенной степенью схематизации оконтурить рифтовую зону в основании осадочного бассейна. Вероятно, этот рифт был одной из пассивных ветвей рифтовой системы, в которую входил и Днепровско-Донецкий авлакоген. По активной ветви этой системы был отколот и отодвинут край Восточно-Европейского континента [4—6].

Большой проблемой явилось выяснение возраста этого рифта. Мы приняли его среднедевонским (возможно, рифтогенез продолжался и в начале позднего девона), исходя из следующих обстоятельств:

- 1) отсутствие досреднедевонских отложений к северу и югу от рифта;
- 2) практически повсеместное залегание в пре-

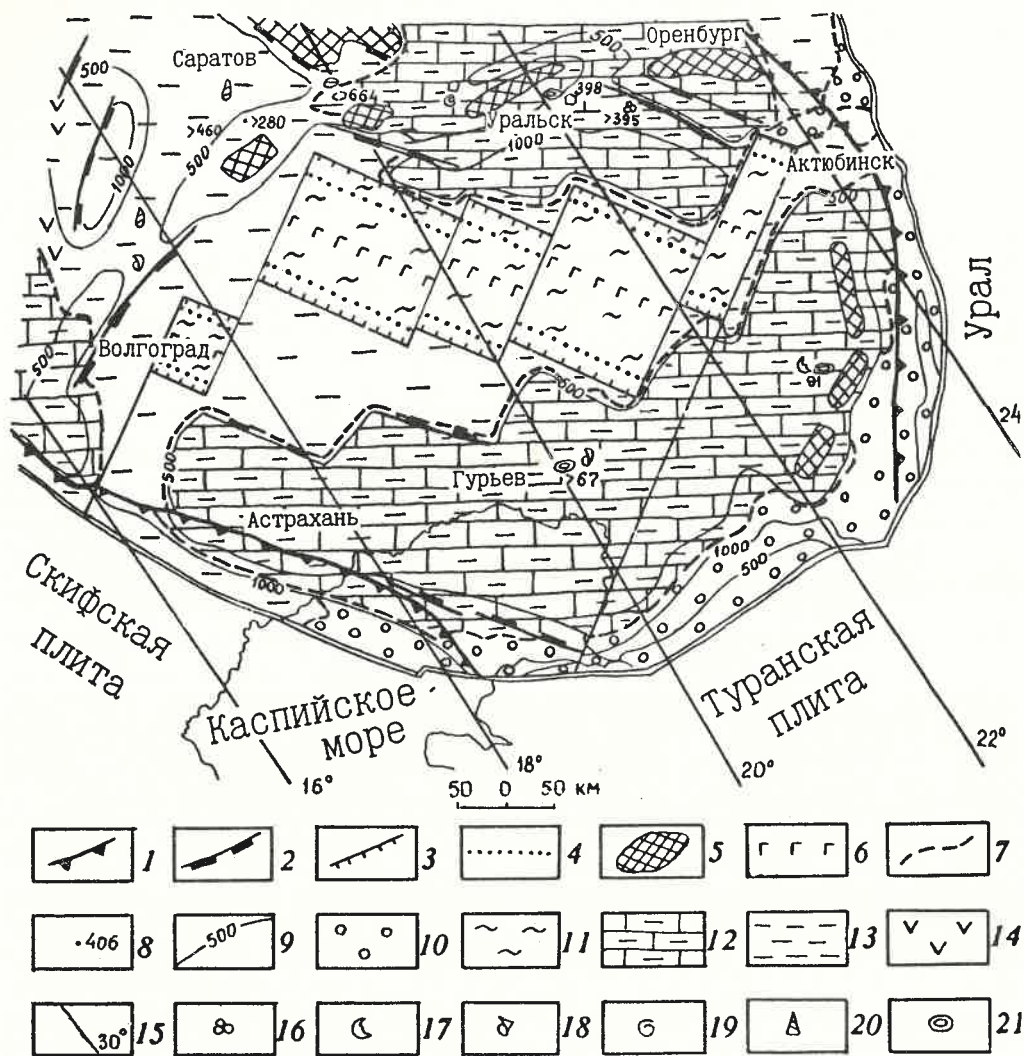


Рис. 1. Палеогеографическая схема на среднедевонское-раннефранское время:

1 — фронт сдвигов; 2 — крупные сбросы; 3 — бортовые сбросы центрального рифта; 4 — погребенные ограничения рифта; 5 — выступы докембрийского метаморфического основания; 6 — предполагаемые толеитовые базальты; 7 — границы фаций; 8 — мощности в скважинах, м; 9 — изопакиты; 10 — грубозернистые осадки (пески, конгломераты); 11 — кремнистые аргиллиты; 12 — глинистые известняки; 13 — мелководные глины; 14 — вулканы основного состава; 15 — палеошироты; ископаемые остатки: 16 — радиоларии, 17 — конодонты, 18 — брахиоподы, 19 — аммониты, 20 — гастроподы, 21 — остроподы

делах рассматриваемой площади девонских отложений на кристаллическом основании;

3) характер строения верхнепалеозойского разреза и, в первую очередь, распространение карбонатных и терригенных фаций, рифовых барьеров [11] указывают на существование в центральной части Прикаспийского осадочного бассейна вытянутой глубоководной впадины;

4) в сопредельных со впадиной структурах (Волго-Уральская и Воронежская антиклизы) известен активный среднедевонский рифтогенез, сопровождавшийся магматизмом — Серноводско-Абдулинский, Казанско-Кажимский, Доно-Медведицкий авлакогены [3, 10];

5) на Южном Урале и южном погружении Мугоджар известны среднедевонские протрузии ультрабазитов (Кимперсайский и Даульский массивы).

На большей части впадины эйфельско-нижнефранский комплекс (рис. 1) сложен песчано-глинистой толщей — аналог так называемого терригенного девона Урало-Поволжья. На северо-востоке, востоке и юге впадины в нижней части разреза (бийский и афонинский горизонты эйфельского и живетского ярусов) присутствуют линзы мелководных карбонатных пород. В них установлено широкое развитие органогенных разностей, которые в северном обрамлении впадины возможно формируют рифтовые постройки высотой 40—60 м. Аналогичные структуры предполагаются и в других бортовых зонах Прикаспийской впадины.

На крайнем востоке и юго-востоке впадины эйфельско-нижнефранский комплекс литологически изменяется. Здесь, вблизи источника сноса, которым служила Мугоджарская складчатая сис-

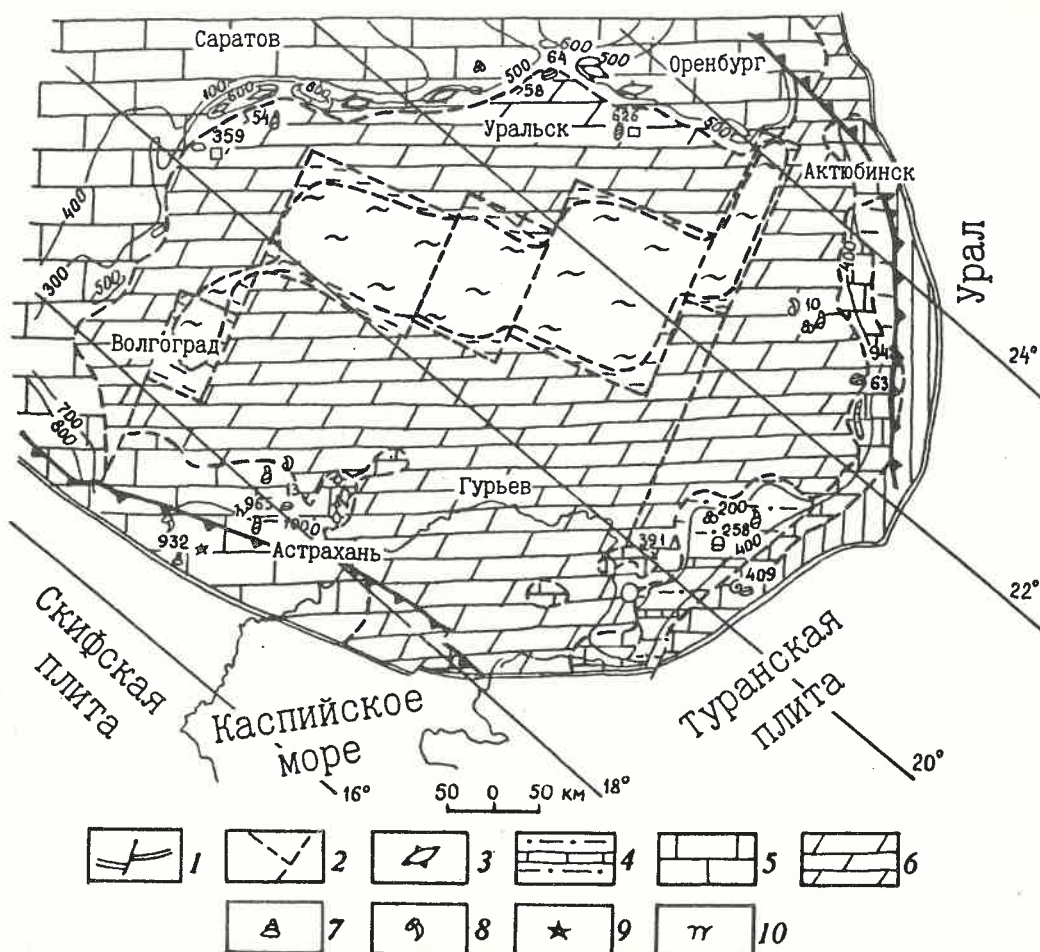


Рис. 2. Палеогеографическая схема на поздневизейское — раннебашкирское время:

1 — ось спрединга (предполагаемая); 2 — погребенная граница рифта; 3 — рифты; 4 — чередование известняков и глин; 5 — известняки; 6 — кремнисто-карбонатные отложения; ископаемые остатки: 7 — форамениферы, 8 — губки, 9 — морские лилии, 10 — кораллы; остальные усл. обозн. см. рис. 1

тема [4], он представлен грубообломочной толщей. Она накапливалась в виде сливающихся конусов выноса вдоль склонов возвышенностей, окружающих ее с востока и севера. Интенсивное поступление обломочного материала во впадину на северо-востоке могло вызвать вынос грубообломочных серий в рифтовый прогиб.

Вероятно, на поздних стадиях рифтогенеза, в конце раннего или начале позднего франа, рифт мог быть завален непрерывно сползающими с его склонов и выносимыми с северо-востока с возвышенностей Урала грубыми кластическими отложениями. Анализируя мощности последовонских осадков и глубины впадины, приходится признать, что если рифтогенез имел место в конце девона, то за относительно короткое время (10—12 млн лет) здесь накопилось 5 км грубых осадков с одновременным опусканием рифтового прогиба. Не исключено, что рифтообразование прошло несколько раньше — в среднем девоне.

В конце турнейского века центральная часть рифтового прогиба была, вероятно, заполнена кремнисто-глинистыми осадками, а у основания уступов продолжали накапливаться обвальные грубообломочные отложения.

Фациальная картина данного этапа для осталь-

ной части впадины достаточно сложна. Опускание впадины привело к тому, что на плечах рифтового прогиба отложились относительно глубоководные (более 1000 м) морские осадки. На западе они были представлены глинисто-кремнисто-карбонатными породами. Эти образования имеют ряд общих признаков. Они отличаются небольшими мощностями, темным цветом, повышенной битуминозностью. На востоке ощущалось влияние поднятий Южного Урала, и здесь преобладали терригенные породы. Поля этих отложений повсеместно окружены мелководными карбонатными толщами.

На северных, западных и южных окраинах впадины верхнефранско-турнейский комплекс сложен карбонатной толщей с широко развитыми рифтовыми разностями, а на восточной окраине среди терригенных пород имеются линзы мелководных известняков. В сторону внутренних районов впадины происходит резкое выклинивание известняков с образованием тектоно-седиментационных уступов, которые по простиранию различаются морфологической выраженностью, высотой и углами наклонов. На западе и севере гребни карбонатных уступов венчаются полосой рифов, образующих протяженный барьер, отде-

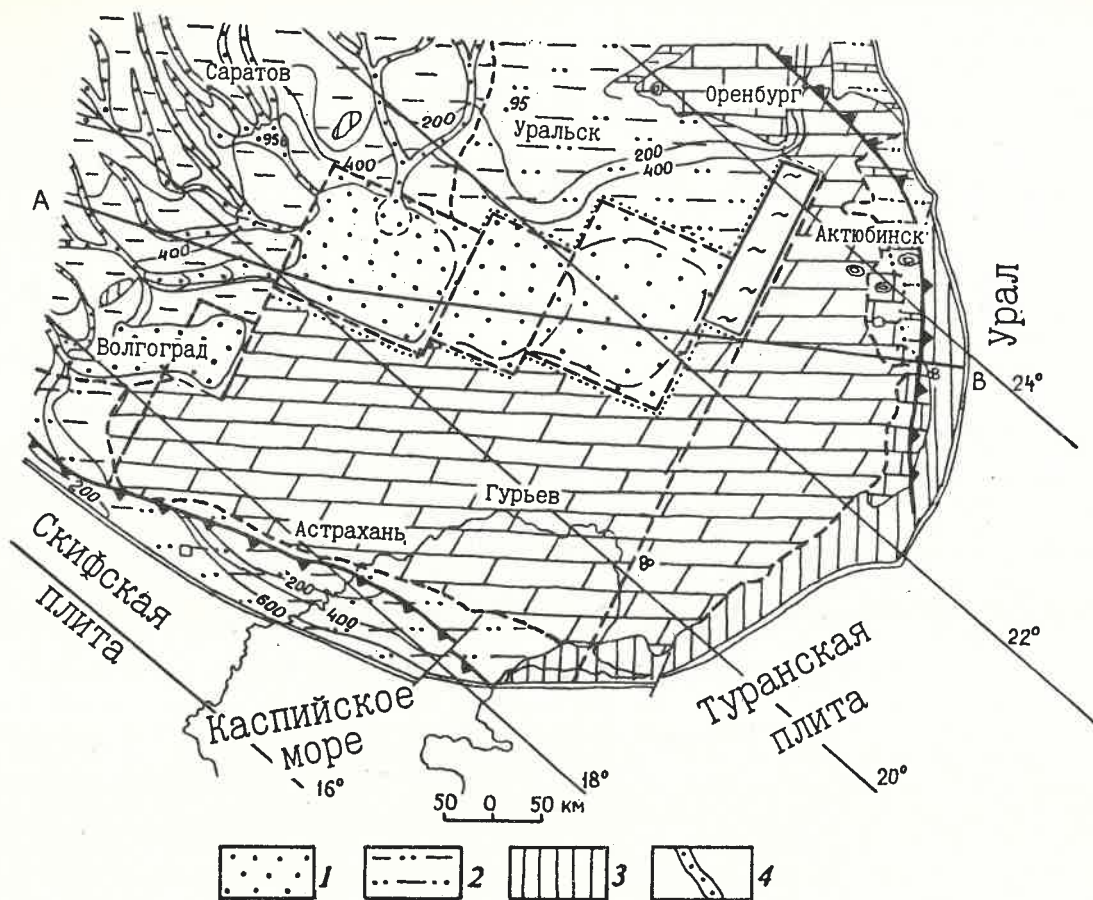


Рис. 3. Палеогеографическая схема на позднебашкирское — раннемосковское время:

1 — песчаные отмели; 2 — алевролиты; 3 — площади, где отсутствуют отложения данного возраста; 4 — речная сеть, поставляющая обломочный материал; остальные усл. обозн. см. рис. 1, 2

ляющий впадину от мелководного шельфа Восточно-Европейского континента. Как и на предыдущем этапе, в течение позднефранско-турнейского времени на восточной и юго-восточной периферии впадины продолжалось накопление грубообломочных толщ.

Начало визейского века характеризуется резким подъемом всего Европейского континента, который достиг своего максимума, по-видимому, в бобринское время (середина визе). Одновременно с континентом поднималась и его южная пассивная окраина, однако рифтовая структура на юге этого поднятия продолжала испытывать прогибание. Это нашло отражение в распределении фаций.

По бортам Прикаспийской впадины карбонатное осадконакопление сменилось терригенным, и лишь на северо-востоке (к югу от г. Оренбург) и юго-востоке (на северо-восточном побережье Каспия) продолжалось накопление мелководных известняков практически на протяжении всего этапа. По западному краю бассейна в начале визейского века (малиновское время) также накапливались мелководные карбонатные образования. На некоторых участках они формировали рифовые массивы. Относительно глубоководные фации продолжали накапливаться лишь на южном плече рифтовой системы.

Во второй половине этапа на западной окраине бассейна (яснополянское время — середина визе)

формировалась обширная озерно-аллювиальная равнина, причем разветвленная речная сеть поставляла обломочный материал в грабен рифтовой системы.

Следующий этап (рис. 2) характеризуется существенным расширением глубоководного бассейна, который занимает значительную часть территории Прикаспийской впадины. Мелководные образования распространены на небольшой площади в бортовых зонах. На западе и севере ими образована система карбонатных уступов, вершины которых осложнены многочисленными рифами. По отношению к уступам предыдущего этапа ранне-среднекаменноугольные рифы смещены в сторону мелкого шельфа, что является следствием медленного опускания и углубления бассейна, при котором рифообразование смещается в сторону мелководных зон впадины. На юге впадины продолжали формироваться Астраханский и Каратон-Тенгизский карбонатные массивы. Но площадь последнего по сравнению с предыдущим этапом существенно сократилась. На месте большей северной части единого массива в это время сформировалась система изолированных одиночных массивов рифовой природы.

На восточном борту впадины выделяются узкая зона карбонатных мелководных пород и две зоны терригенных пород, одна из которых (северная) выполняет Остансуцкий прогиб. На юго-востоке

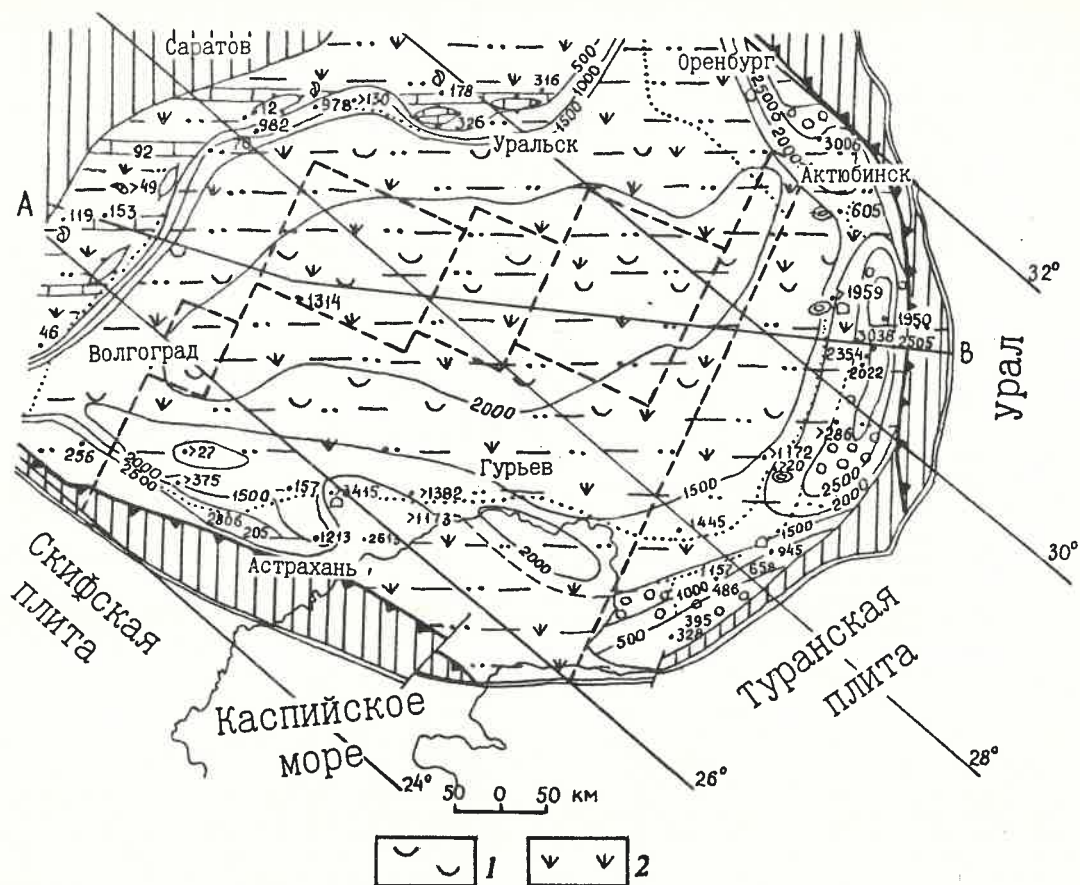


Рис. 4. Палеогеографическая схема на позднепермское время:

1 — гипсы, ангидриты; 2 — красноцветные породы; остальные усл. обозн. см. рис. 1—3

выделяется значительных размеров прогиб, выполненный песками и глинами и расположенный западнее карбонатного уступа. Он возник за счет поступления с юга обломочного материала. Очевидно, в это время блок Турана достаточно приблизился к краю Восточно-Европейского континента.

Накопление глубоководных фаций на данном этапе сохраняется только по южному и восточному бортам. Накопление мелководных осадков существенно увеличивалось на севере и западе впадины. Здесь в мелекесско-верейское время карбонатное осадконакопление сменилось терригенным (рис. 3), за исключением лишь небольшого по площади участка в районе г. Оренбург, где накапливались мелководные известняки.

На западе и северо-западе впадины вновь, как и в ранне-средневизейское время, формировалась озерно-аллювиальная равнина, а разветвленная речная сеть поставляла обломочный материал в грабен рифтовой системы. На фоне нарастания мощностей к центру впадины бурением установлены глубокие врезы, заполненные древним аллювием. Вдоль южного борта впадины шло терригенное осадконакопление, что, вероятно, связано с приближением блоков Скифии и Турана.

Наиболее яркими чертами каширско-артинского этапа являются события, связанные с начинающимися орогеническими процессами вдоль южной и восточной границ впадины. Это было связано со столкновением Центрально-Казах-

станского континента с Восточно-Европейским и привлечением к Восточно-Европейскому континенту с юга блоков Скифии и Турана. На этом этапе терригенные толщи с растущего горного сооружения Урала проникали во впадину и распространялись на значительные расстояния в западном направлении. Это происходит на фоне продолжающегося устойчивого прогибания бассейна в связи с началом формирования поднятий. Вдоль восточной и юго-восточной границ впадины в ранней перми формировалась система конусов выноса.

На западе и севере впадины в это время контуры глубоководной части бассейна сместились к краям впадины, сокращая область развития мелководных карбонатных пород. Полоса мелководных известняков здесь ограничена карбонатным уступом, осложненным многочисленными рифами. За этим уступом, в пределах глубоководного бассейна развиты многочисленные одиночные рифы — пиноклы.

В кунгурском веке Северо-Каспийский бассейн был окончательно отделен от океанического пространства и превратился в огромное соленое озеро. В пределах этого озера в условиях аридного климата шло интенсивное испарение морской воды и осаждение эвапоритов. За 3,6 млн лет здесь накопилось, согласно проведенным расчетам, не менее 5 км солей [13]. По бортам бассейна отмечается частое чередование сульфатов, хлоридов и солей, что, вероятно, связано с периодическим поступлением в бассейн морской воды. В центральной части отлагались преимущественно

соли. Они представлены мощными горизонтами галита, а в верхах кунгурского яруса (иреньский горизонт) появляются пласты калийных и магниевых солей. Именно в этот период наиболее погруженная часть впадины, связанная с рифтовым грабеном, была, наконец, компенсирована осадками, в данном случае — эвапоритами. Огромные мощности солей способствовали продолжающемуся прогибанию впадины [7].

Резкое преобладание в составе солей галита свидетельствует о том, что испарялась морская вода, т.е. на территории впадины в кунгурском веке существовал замкнутый морской водоем. Таким образом, был сформирован крупнейший в мире соленосный бассейн. Заполнение его солью может быть объяснено моделью заполненного рапой бассейна. Распространение карбонатных пород среди эвапоритов по краям бассейна свидетельствует о наличии на побережье себхов.

Поздняя пермь (рис. 4) отличалась спокойным прогибанием впадины, в пределах которой периодически существовали мелководные морские бассейны, изменяющие свои размеры и очертания, а временами, в отдельные периоды казанского и татарского веков, в морском осадконакоплении отмечались перерывы. Аридный климат, незначительная глубина бассейна и слабая его связь с открытыми морскими пространствами (связь, вероятно, осуществлялась через бассейн в центральной части Восточно-Европейской платформы от Мезенского прогиба и далее на юг) явились причиной накопления толщи красноцветных терригенных осадков с карбонатными прослоями (преобладают в татарском ярусе), чередующихся с карбонатно-терригенными отложениями и гипсами (главным образом в уфимском и казанском ярусах). Вдоль северо-западного борта бассейна отлагались мелководные известняки с горизонтами органогенных разностей и рифовыми массивами. В это время, вероятно, под действием накопившейся верхнепермской толщи, начались деформации в подстилающей толще солей, что привело к перераспределению их мощности и образованию первых громадных соляных массивов, вздутий, депрессий [13]. Дальнейшая мезозойско-кайнозойская история развития впадины происходила по типу внутриматериковых синеклиз [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владимирова Т.В., Капустин И.Н., Мальцева А.А.* Вертикальные и латеральные ряды формаций вер-

хнего палеозоя юго-восточных районов Восточно-Европейской платформы //Проблемы нефтегазгеологического прогнозирования. М., 1986. С. 150—156.

2. *Волчегурский Л.Ф., Капустин И.Н., Кирюхин Л.Г.* Эпохи лавинной седиментации в позднем палеозое на территории Прикаспийской впадины //Геология морей и океанов. М., 1984. Т. 3. С. 124—125.
3. *Геология нефти и газа Восточно-Европейской платформы* /С.П.Максимов, Г.Х.Дикенштейн, А.Н.Золотов и др. — М.: Недра, 1990.
4. *История развития Уральского палеоокеана* /Под ред. Л.П.Зоненштейна, В.В.Матвеевкова. — М.: ИО АН СССР, 1984.
5. *Зоненштейн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М.* Тектоника плит территории СССР. Т. 1, 2. — М.: Недра, 1990.
6. *Клещев К.А., Капустин И.Н.* Эволюция и нефтегазоносность пассивных окраин Европейского палеозойского континента //Осадочные бассейны и их нефтегазоносность. М., 1989. С. 67—75.
7. *Некомпенсированные прогибы Восточно-Европейской платформы* /Р.Г.Гарецкий, Л.Н.Кирюхин, И.Н.Капустин и др. — Минск: Наука и техника, 1990.
8. *Нефтегазоносность подсолевых отложений* /А.А.Аксенов, Б.Д.Гончаренко, М.И.Калинко и др. — М.: Недра, 1985.
9. *Прикаспийская впадина — крупнейший осадочный бассейн Земли* /А.Л.Яншин, Л.Г.Кирюхин, И.Н.Капустин, Л.Ф.Волчегурский и др. — М.: Наука, 1984. С. 39—40.
10. *Региональная геология нефтегазоносных территорий СССР* /Г.А.Габриэлянц, Г.Х.Дикенштейн, И.Н.Капустин и др. — М.: Недра, 1991.
11. *Седиментационные модели подсолевых комплексов Прикаспийской впадины* /А.К.Замаренов, М.Г.Шебалдина, Д.Л.Федоров и др. — М.: Недра, 1986.
12. *Структурная карта надсолевого комплекса Прикаспийской впадины м-ба 1:1 000 000.* Объяснительная записка /Л.Ф.Волчегурский, Н.П.Саркисова, Л.В.Шуткова и др. — Л.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1980.
13. *Структурная карта поверхности соленосного комплекса Прикаспийской впадины м-ба 1:1 000 000.* Объяснительная записка /Л.Ф.Волчегурский, Н.П.Саркисова, Л.В.Шуткова и др. — Л.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1983.
14. *Структурная карта поверхности подсолевого комплекса (докунгурского) Прикаспийской впадины м-ба 1:1 000 000.* Объяснительная записка /Л.Ф.Волчегурский, Н.П.Саркисова, Л.В.Шуткова и др. — Л.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1983.
15. *Тектоническая карта Прикаспийской впадины м-ба 1:1 000 000.* Объяснительная записка /И.Н.Капустин, Л.Г.Кирюхин, С.Е.Петров, Л.Ф.Волчегурский и др. — Л.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1981.

УДК 551.24

Позиция и природа Охотского массива

Л.М.НАТАПОВ, Е.П.СУРМИЛОВА

Проблема Охотского массива (микроконтинента) играет существенную роль в расшифровке истории тектонического развития Северо-Востока

России, причем с утверждением идей тектоники литосферных плит внимание к его природе заметно увеличилось. Между Охотским массивом и

© Л.М.Натапов, Е.П.Сурмилова, 1995

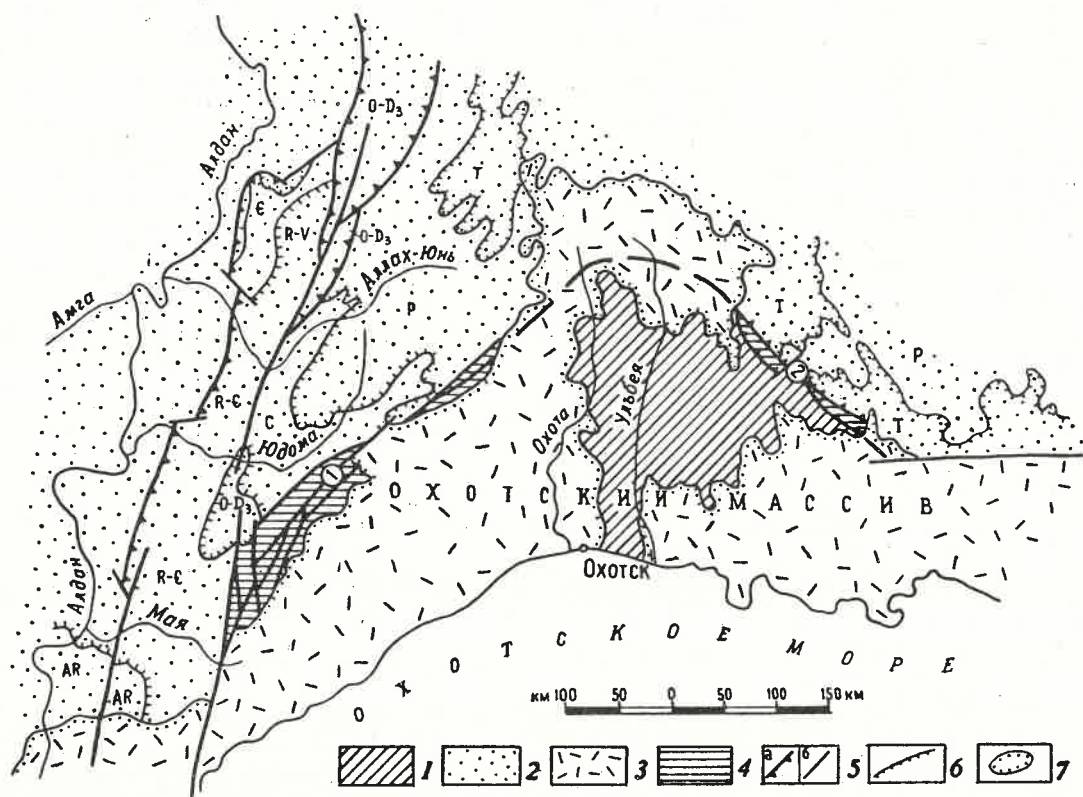


Рис. 1. Схема расположения Охотского массива (микроконтинента):

1 — Охотский микроконтинент, 2 — Сибирский континент, 3 — вулканические пояса (Тауйский и Охотско-Чукотский), 4 — сутура (1 — Биялчанская зона, 2 — Хейджанская зона), 5 — разрывные нарушения (а — взбросы, надвиги, б — сдвиги и сбросо-сдвиги), 6 — границы разновозрастных образований на краю Сибирского континента, 7 — граница позднемезозойских вулканических поясов

юго-восточной окраиной Сибирской платформы зажат узкий и протяженный Южно-Верхоянский синклиниорий, западное крыло которого вместе с чешуйчато-надвиговыми структурами хр. Сетте-Дабан и Кыллахского поднятия надвинуты на окраину платформы. Поэтому ряд геологов [1, 2, 6] рассматривает Охотский массив как террейн сродни Омолонскому, столкнувшийся с древним Сибирским континентом в конце апта — начале альба, а следствие этого столкновения — значительные деформации пассивной окраины Сибири, сложенной мощными терригенными осадками верхоянского комплекса (визейский ярус нижнего карбона — верхняя юра) и подстилающими их существенно карбонатными толщами древнего шельфа окраины Сибири (рифей — турнейский ярус нижнего карбона).

Проведенные авторами в связи с изданием Гостгеолкарты Р-54, 55 (Оймякон) масштаба 1:1 000 000 исследования подтвердили роль Охотского массива в деформациях пассивной окраины юго-восточной части Сибирского континента. Однако наши данные о строении массива и характере его границ отличны от представлений предыдущих исследователей.

Западная граница массива раньше выделялась под названием Белялчанский разлом, по которому выведены на поверхность блоки докембрийского фундамента. Ныне доказано, что это типичная сутура, узкая чешуйчато-надвиговая зона с очень ин-

тенсивным проявлением динамометаморфизма, в которую вовлечены различные породы от палеозоя до триаса и юры, где присутствуют серпентинизированные тела базитов и гипербазитов, являющиеся, вероятно, фрагментами океанической коры. По строению она напоминает метаморфизованные зоны восточных звеньев Монголо-Охотского пояса (Восточно-Джагдинскую, Ниланскую и др.). Судя по тому, как описываемая сутура срезает все более молодые отложения верхоянского комплекса в Южно-Верхоянском синклиниории, здесь имело место косое столкновение, обусловившее появление кулисообразно расположенных, легко картируемых правых сдвигов (рис. 1).

Северная и восточная границы массива полностью или частично перекрыты терригенными образованиями верхоянского комплекса и терригенно-вулканогенными и вулканогенными породами Охотско-Чукотского и Тауйского поясов (рис. 2). Однако общая конфигурация массива может быть реконструирована с учетом геологических наблюдений и результатов анализа гравитационных и магнитных полей, а также по изменению мощностей современной континентальной коры.

Большая часть территории в настоящее время имеет зрелую континентальную кору, утоняющуюся в юго-восточном направлении в сторону Охотского акватория (рис. 3). Глубины залегания поверхности Мохо меняются от 42 км в пределах хр. Сунтар-Хаята (ГСЗ) до 30 — 33 км на побе-

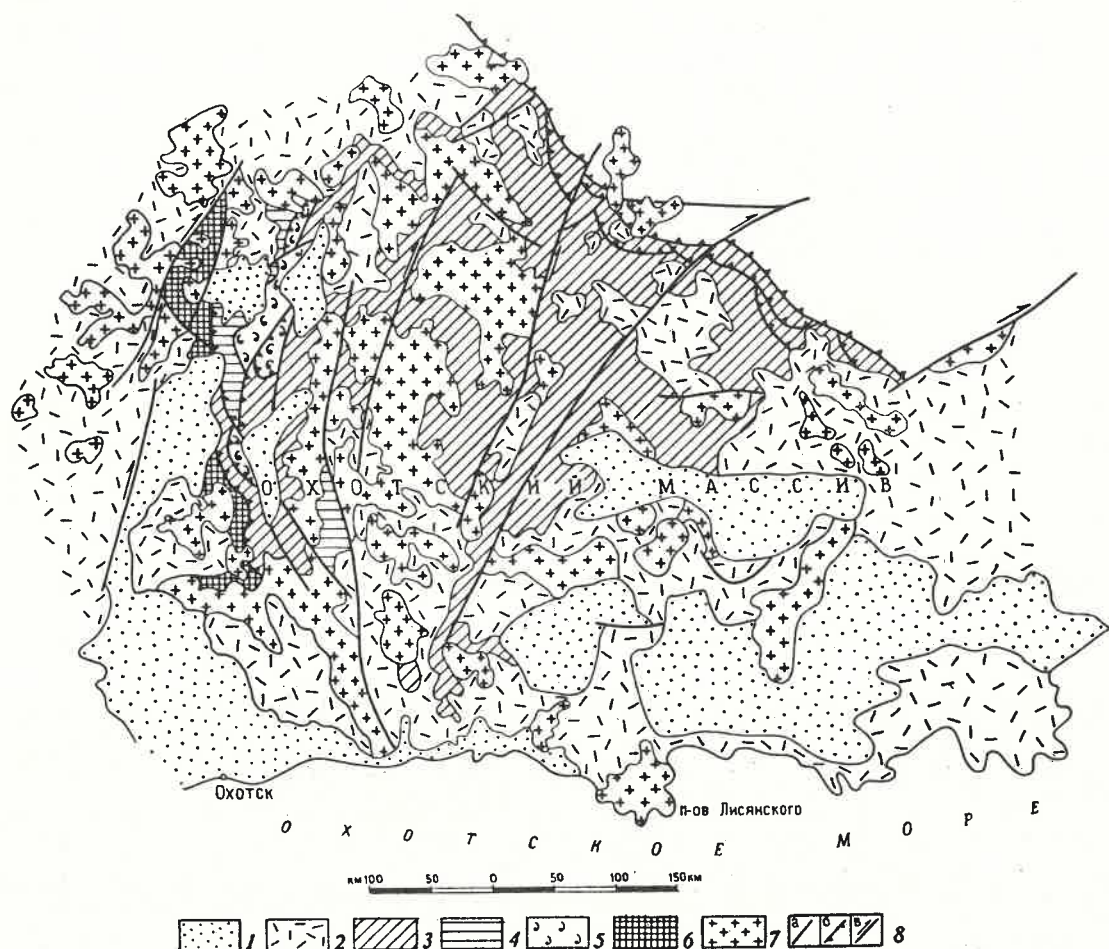


Рис.2. Карта геологического строения Охотского массива (микроконтинента):

1 — кайнозойские наложенные впадины, 2 — позднемезозойские вулканы, 3 — верхнедевонские, карбон-пермские и верхнетриасовые отложения, 4 — рифейские и вендские отложения, 5 — ордовикские, силурийские и нижне-среднедевонские образования, 6 — архейское кристаллическое основание, 7 — позднемезозойские гранитоиды, 8 — разрывные нарушения (а — взбросы, надвиги, б — сдвиги, в — взбросо-сдвиги)

режье Охотского моря. В пределах акватории поверхность Мохо фиксируется на глубинах около 30 км. Аномальное гравитационное поле (редукция Буге) изменяется от интенсивных отрицательных значений в горных районах хр.Сунтар-Хаята до положительных на побережье и шельфе Охотского моря. В континентальной части наибольший минимум (самый глубокий на всем Северо-Востоке России) отмечен в пределах хр.Сунтар-Хаята. Раньше считалось, что крупные региональные аномалии на Северо-Востоке России обусловлены в основном рельефом докембрийского основания с плотностью пород $2,8 \text{ г/см}^3$ (консолидированная кора) или рельефом поверхности основания верхоянского комплекса [4, 5]. Предполагалось, что в пределах Охотского срединного массива оно выходит на земную поверхность, а далее погружается в северо-восточном направлении до максимальных глубин в пределах Иньяли-Дебинского мегасинклиналя Верхояно-Колымской складчатой области. Однако по данным сейсмометрии (МОВ) такая концепция не подтвердилась. Основание осадочного чехла везде располагается на одинаковых глубинах — поряд-

ка 7 — 8 км (В.Н.Большаков, 1988). Эта граница, по-видимому, фиксирует не границу формационных комплексов, а положение фронта регионального метаморфизма, охватившего не только рифей-палеозойские толщи, но и породы верхоянского комплекса. Вероятнее, что весь спектр региональных гравитационных аномалий определяется рельефом гетерогенного фундамента переменной плотности, вызванной неравномерно проявленными процессами гранитизации и метаморфизма.

По геологическим наблюдениям строение массива представляется следующим (см. рис. 2). Это серия вытянутых в северо-восточном и субмеридиальном направлениях клиновидных блоков, разделенных преимущественно взбросами и правыми сдвигами. Строение блоков различно.

Одни из них представляют собой фрагменты расколотого микроконтинента, поскольку сложены породами либо архейского кристаллического фундамента (3,7 млрд лет), либо осадочного чехла, резко отличного от чехла Сибирской платформы. Наблюдаемые разрезы фрагментарны в результате тектонических причин. В целом стро-

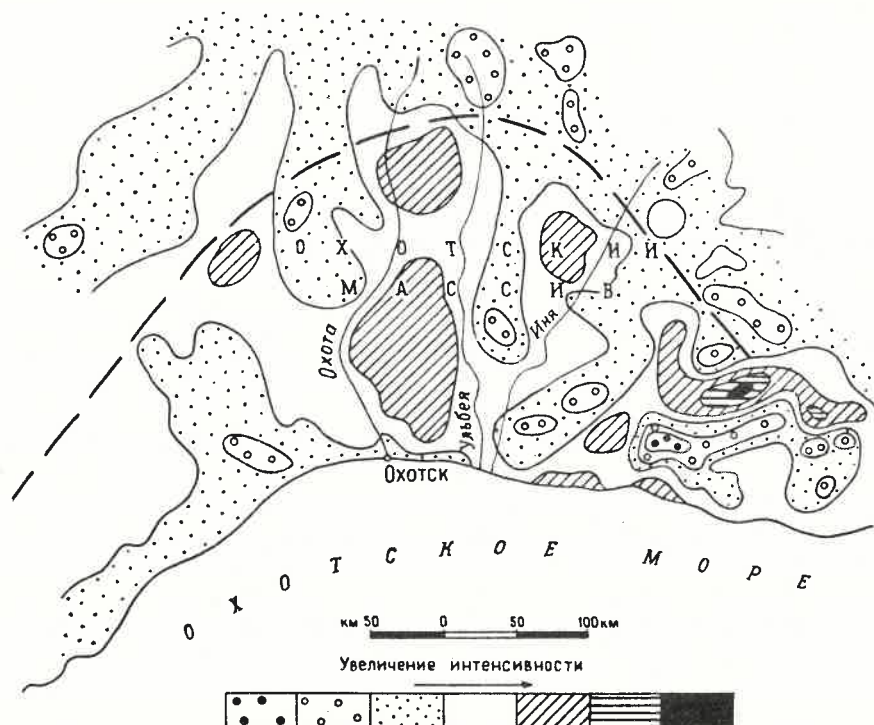


Рис. 3. Схема остаточных аномалий силы тяжести Охотского массива (редукция Буге: $\sigma = 2,67 \text{ г/см}^3$, $R_{\text{оср}} = 50 \text{ км}$). Авторы А.А.Авдеев, В.Т.Семинин

ение массива может быть реконструировано следующим образом: фундамент слагают гранитизированные ортогранулиты, ортоамфиболиты, метабазалты, причем гранитизация, по данным радиологического возраста, была неоднократной (ранне- и позднеархейской, раннепротерозойской). Чехол представлен образованиями терригенно-глинистыми и карбонатно-глинистыми верхнего рифея и венда; терригенными, преимущественно вулканогенными верхнего девона; терригенными вулканомиктовыми континентальными, прибрежно-морскими и морскими нижнего карбона — верхней перми; терригенными морскими верхнего триаса; континентальными терригенными и вулканогенными верхней юры. Позднедевонские вулканы представлены андезитами, андезибазалтами, дацитами и риолитами. В долине р.Ульбея, выше устья р.Сибег, где возраст вулканогенной толщи определен по комплексу брахиопод, кораллов и конодонтов, верхнедевонские образования представлены вишневыми андезитами, их туфолавами и туфами, туффитами и известковистыми туфоалевролитами, содержащими органические остатки, риолитами и дацитами. Важно отметить, что западнее, в разрезах девонских толщ края древнего Сибирского континента, нет никаких следов известково-щелочного магматизма. Это заставляет вновь полагать, что Охотский массив, как и Омогонский, находился на значительном удалении от Сибирского континента.

Другой тип блоков — это тонкочешуйчатые образования, в строении которых фрагментам массива отводится незначительная роль, а преобладают отложения ордовика, силура, нижнего и среднего девона. Часть из них принадлежит к

наиболее древним частям шельфовых образований Сибирского континента, поскольку они отличаются большей глубоководностью по сравнению с синхронными образованиями хр.Сетте-Дабан. Строение отдельных клиньев достаточно сложное. В деформацию и метаморфизм вовлечены породы как кристаллического основания, так и чехла. По осадочным породам, часто кактаклазированным, развиваются разнообразные кварц-хлоритовые, хлорит-эпидот-кварцевые, двуслюдяные и кварц-сланцевые сланцы, бластомилониты. Этот преимущественно зеленосланцевый комплекс, типичный для регионального динамометаморфизма, характеризуется невыдержанностью и пятнистым характером изменения пород по простиранию с быстрой неупорядоченной сменой фаций метаморфизма.

Необходимо отметить, что молодой наложенный метаморфизм кристаллического основания имеет регрессивный характер и достигает на отдельных участках амфиболитовой стадии. Среди динамометаморфизованных пород встречаются остатки перекристаллизованной фауны преимущественно палеозоя. Массив перекрывается двумя вулканическими поясами. Один из них — Тайский пояс — имеет позднеюрский — раннемеловый возраст и, вероятно, связан с зоной субдукции, к которой подтягивался Охотский микроконтинент перед столкновением с древним Сибирским континентом. Охотско-Чукотский вулканический пояс перекрывает всю новообразованную окраину Сибири. Это говорит о том, что столкновение завершилось до среднего альба.

Данные приведенного краткого сообщения позволяют сделать следующие выводы: поскольку время столкновения Охотского массива с Сибир-

ским континентом совпадает с конечными стадиями закрытия Монголо-Охотского океана [1], вполне вероятно, что Монголо-Охотская сутура продолжалась вдоль Белякчанской сутуры на западе и Хейджанской зоны на северо-востоке.

Впервые обращается внимание на сильную передробленность и деформированность массива. Это, скорее всего, связано с тем, что он подходил к Сибирскому континенту уже в виде серии мелких блоков.

Судя по характеру разрезав, Охотский массив до мелового времени никогда не принадлежал краю Сибирского континента, возможно, как и Омолонский, проделал значительный путь, прежде чем столкнулся с огромной подводной равниной Сибирского континента [1]. Для решения этой проблемы необходимы детальные палеомагнитные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. — М.: Наука, 1990. Кн. 2.
2. Косминская И.П. Основные черты строения земной коры Охотского моря и Курило-Камчатской зоны Тихого океана по данным глубинного сейсмического зондирования // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1963. № 1. С. 20—41.
3. Парфенов Л.М. Континентальные окраины и островные дуги мезозой Северо-Восточной Азии. — Новосибирск: Наука, 1984.
4. Умитбаев Р.Б. Охотско-Чаунская металлогеническая провинция. — М.: Наука, 1986.
5. Чиков Б.М. Строение и развитие Охотского срединного массива // Тектоника Сибири. 1970. Т. 4. С. 74—82.
6. Nokleberg J. et al. Circum-North Pacific Tectono-Stratigraphic Terrane Map.-U.S.Geological Survey Open-File Report, 1994. P. 216.

УДК 551.79

© Р.О.Галабала, 1995

Новые генетические типы четвертичных отложений

Р.О.ГАЛАБАЛА

Одной из характерных черт современного ландшафта северной окраины Евразии являются снежники. Они встречаются по северному побережью от Кольского полуострова до Охотского моря как в горах, так и на равнинах, опускаясь на севере Сибири до уровня моря. Широкое распространение снежников на севере Сибирского континента, особенно в приморских районах, связано с тем, что, несмотря на незначительное количество твердых осадков (100—120 мм в год), они формируются за счет снега, сдуваемого ветрами с междуречий в понижения. Метели в этих местах бывают зимой часто, но наиболее сильные — в ноябре — феврале. В результате к концу зимы все понижения, в т.ч. и обширные участки долин, перекрываются снегом мощностью от 5 до 15 м. В это же время на водоразделах мощность снега настолько незначительна, что к началу июня он там полностью исчезает. Значительные по мощности скопления снега становятся *перелетками*, закрывающими большие участки долин, особенно их склоны северной экспозиции, отдельные понижения и обрывы морского побережья. В некоторых местах они превращаются в мелкие фирновые льды, которые можно наблюдать в пределах приморской части Хараулахских гор, кражей Прончищева и Чекановского, на Таймыре, а также на побережье морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Например, в низовье р.Лены на левом берегу (широта 72°, высота 50 м над уровнем моря) один из обнаруженных в 1961 г. мелких фирновых ледников существует с незначительными колебаниями в размерах уже более 30 лет. Однако подобные снежники, широко развитые в горах, на равнинах Сибири относительно редки, поскольку в отдельные годы, характеризую-

щиеся теплым летом, большинство *перелеток* исчезает.

Широкое распространение снежников и разрушение ими подстилающих пород в процессе сезонной деградации обусловили формирование на равнинах не только характерных форм рельефа, но и комплекса своеобразных отложений. При этом, если в горах, где резко преобладает денудация, затушевывающая аккумулятивную деятельность снежников, исследователи уделяли основное внимание разрушительной роли снега, т.е. формированию в коренных породах ниш, цирков, корытообразных долин, псевдотеррас и других отрицательных форм рельефа [2, 5], на равнинах, кроме характерного рельефа, обращали внимание на сохраняющиеся аккумулятивные образования значительной мощности. В связи с этим возникла необходимость в разработке их классификации с целью картирования при крупномасштабной геологической съемке.

Предлагаемый ниже генетический ряд отложений, сформированных разными агентами, обусловленными динамикой развития и деградации снежников, обоснован десятилетним опытом их картирования в масштабе 1:50 000 на базе полевых наблюдений с широким применением дешифрирования аэрофотоснимков территории северной части Якутии. Он включает: нивационные, нивационно-солифлюкционные и флювионивационные отложения, переходящие фациально в аллювиальные, аллювиально-озерные, реже во внутريدельтовые.

Нивационные отложения — продукты снежного выветривания — нивации, формирующиеся в зоне соприкосновения снежников с подстилающими их породами. В данной зоне вследствие значительного суточного колебания темпе-

ратур происходят частые фазовые переходы воды, находящейся в трещинах и порах подстилающих пород, в лед и льда в воду, что в сочетании с температурным расширением и сжатием пород приводит к их интенсивному разрушению. Наиболее характерно такое разрушение для верхнего края снежника, где суточные колебания температур особенно велики. Там снежники образуют крутые стенки или скальные обрывы и формируют основную часть нивационных отложений.

В зависимости от состава пород, подстилающих снежники, нивационные отложения несколько отличаются от места к месту. Однако общая их черта — отсутствие слоистости и сортировки мелкозема, а также насыщенность грубообломочным материалом. Обилие последнего в нивационных отложениях характерно даже для участков развития существенно глинистых или алевроитовых коренных пород, подстилающих снежники. Такие породы обычно включают различные конкреции и линзы известковистых песчаных или известняков, которые и являются источником грубообломочного материала. Обогащение нивационных отложений грубообломочной массой связано также с выносом мелкозема из зоны его формирования тальми водами и солифлюкцией.

Нивационные отложения выстилают снежниковые ниши, цирки, трогоподобные долины, а также участки склонов северной экспозиции крупных речных долин и морских береговых обрывов. Мощность их колеблется от 1 до 7 м, иногда до 10 м. Максимальные мощности нивационных отложений встречаются на севере кряжа Чекановского, где они приурочены к склонам северной экспозиции глубоко врезанных долин субширотного направления. Там снежники образовали продольные гряды из мелкозема с обломками песчаников, отделенные от коренного склона узким понижением — ложом наиболее поздно расставшей части снежника. Мощность нивационных отложений превышает 10 м. В редких случаях некоторые фирновые цирки у внешнего края сопровождаются невысоким (0,5—1 м) мореноподобным валом, сложенным щебнем местных пород, свидетельствующим о слабых подвижках фирнового льда.

Нивационно-солифлюкционные отложения — продукты нивации, перемещенные вниз по склону, в т.ч. и по снежнику, солифлюкцией и талой водой. Обычно они глинисто-алевритового состава с редким присутствием щебня местных пород. Кроме того, данные продукты включают много органических остатков, которые принесены ветром на снежники с водоразделов, а также прослой, обогащенные остатками мхов, линзы слаборазложившегося торфа и других растительных остатков, формировавшихся и погребенных в процессе осадконакопления. В нижней части разреза нивационно-солифлюкционных отложений в районе современной тундры часто встречаются остатки стволов, веток и коры древесины — лиственницы, реже березы, абсолютный возраст которых по ^{14}C колеблется от 6000 до 8000, редко до 9000 лет. Толща беспорядочно слоистая, местами заметно нарушена оползневыми процессами. В основании склонов и в присклоновой части днищ долин нивационно-солифлюкционные отложения включают полигонально-жильный лед. Мощность этих отложений изменяется в широких пределах — от 0,5 м на склонах до 16 м у их подножий.

Флювионивационные отложения представлены продуктами выноса тальми снежниковыми водами преимущественно алевроитовых и песчаных частиц, реже щебня, которые отлагаются в долинах мелких ручьев, формирующихся за счет таяния снежников. В пределах возвышенностей и краевой временные потоки талых вод местами формируют песчано-галечные отложения, неотличимые от обычного аллювия. Необходимо отметить, что условия для накопления современных флювионивационных отложений неблагоприятны, т.к. большинство водотоков на протяжении голоцена претерпевают врез, сопровождающийся выносом таких отложений за пределы снежниковых долин. Подобные отложения можно встретить в долинах мелких ручьев, расположенных в пределах локальных впадин или осложненных местными подпрудами. После исчезновения снежников данные ручьи пересыхают.

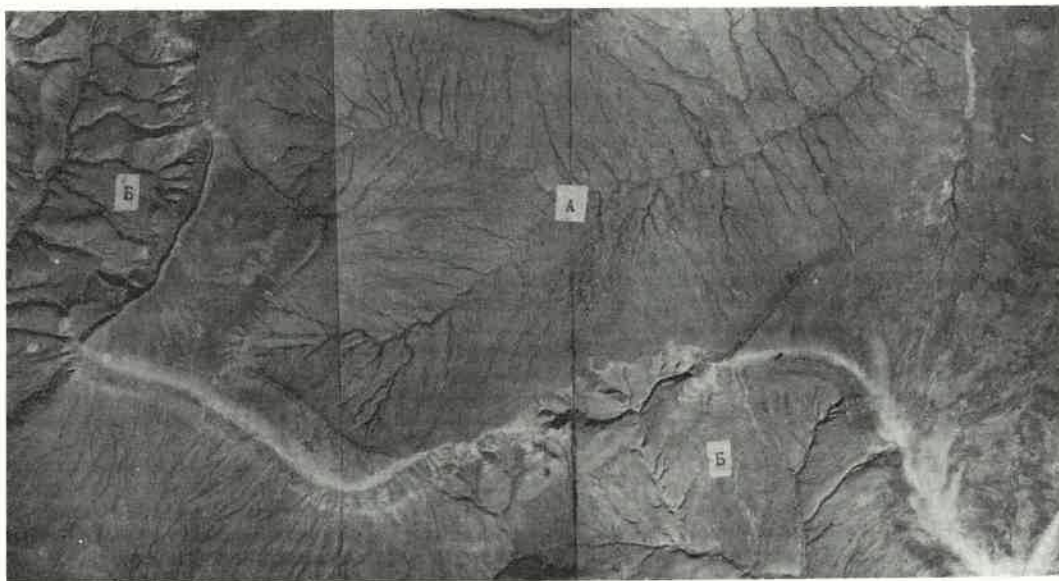
Иногда водотоки, образующиеся за счет снежников, завершаются мелкими озерами или внутренними дельтами, которые формируются при выходе временного снежникового водотока в днище крупной долины или озерную котловину. Такие дельты сложены мелкозернистыми песками и алевроитами, т.е. продуктами перемыва нивационных и нивационно-солифлюкционных отложений. Мощность флювионивационных отложений 2—5 м. В депрессиях или на участках естественных подпруд она увеличивается до 10 м и более.

Общие характерные признаки отложений, сформированных снежниками, — минеральный состав, сходный с местными породами, преобладание свежих неизмененных зерен породообразующих минералов, а также ряд признаков, присущих криогенно измененным породам.

Изложенное о современных снежниках и связанных с ними осадках на первый взгляд имеет лишь познавательный и в меньшей степени практический интерес, поскольку площади распространения их незначительны. В то же время их изучение важно для палеогеографических реконструкций, расшифровки условий накопления некоторых загадочных толщ во внеледниковых районах, а также для уточнения генезиса некоторых форм рельефа.

Если учитывать, что снежники образуются в низменностях Сибири в условиях, когда на тех же широтах современные ледники располагаются на высотах от 700 м (плато Путорана, горы Бырранга) до 1900 м (Северное Верхоянье), то следует допустить, что в периоды оледенений, когда снеговая граница в Сибири по мнению большинства исследователей располагалась на 1000 м ниже современной, подобные снежники должны были формироваться на значительно больших территориях и в значительно больших масштабах.

Систематизация сведений о современных снежниках и образованных (или обработанных) ими характерных долинах, озерных котловинах, нишах, цирках и других формах рельефа, а также о коррелятных им осадках позволила составить основу выявления подобных доголоценовых снежниковых форм рельефа и коррелятных им осадков путем дешифрирования космо- и аэрофотоснимков и полевых наблюдений. Такие исследования показали, что в пределах внеледниковой части Сибири древние нивальные формы рельефа очень широко распространены. Во многих регионах хорошо сохранились и коррелятные осадки, кото-



Древние снежниковые долины в пределах кряжа Чекановского:

нивационные и нивационно-солифлюкционные отложения (аэрофотоснимок): А — сохранившиеся, Б — размытые

рые выявлены во внеледниковой части Средне-сибирского плоскогорья, в обрамлении Центрально-Якутской низменности, на Приленском плато, в Хараулахских горах на севере Верхоянья, в пределах большей части бассейна Яны, на склонах Яно-Индигоирской низменности, в пределах хребтов Кулар и Полоусный, Колымского нагорья, Анюйского и Олойского хребтов, Юкагирского плоскогорья и в других районах. Судя по распространению доголоценовых форм нивального рельефа и коррелятных осадков, масштабы распространения древних снежников были широкими. Они совместно с горными ледниками являлись основными поставщиками терригенного материала, которым сложены обширные позднечетвертичные аккумулятивные равнины.

Древние нивационные отложения на равнинах и особенно в горах разрушены мощной голоценовой денудацией, в т.ч. и снежниками. Об их былом существовании можно судить лишь по реликтам древнего нивального рельефа. Исключение составляют участки, незатронутые или слабо затронутые молодой денудацией. Например, в пределах кряжа Чекановского такие участки сохранились в верховьях крупных левых притоков р.Лены. Здесь древние нивационные и нивационно-солифлюкционные отложения достигают мощности 6—10 м. На более врезанных притоках р.Оленек они размыты (см. рисунок).

Доголоценовые нивационно-солифлюкционные образования обычно разрушены в верхних частях склонов долин. В средних и особенно в нижних частях склонов древние нивационно-солифлюкционные отложения мощностью до 10—15 м встречаются часто как на равнинах, так и в горах. Например, в пределах кряжа Чекановского у подножий крупных куэст пески и супеси нивационно-солифлюкционного происхождения слагают обширные плоские поверхности высотой 250—300 м. Их мощность колеблется от 1 до 8 м.

Древние флювионивационные отложения, в от-

личие от голоценовых, широко распространены в горах и на равнинах. Это связано с тем, что в периоды оледенений существовали многочисленные подпруды, способствовавшие сгужению части флювионивационных отложений в долины рек, русла которых формировались за счет таяния снежников. Они ежесезонно формировали слоистые льдистые толщи супесей и песков значительной мощности, которые во многих долинах сохранились до настоящего времени и прослеживаются местами вплоть до верховий. Мощность их иногда достигает десятков метров. За пределами снежниковых долин флювионивационные отложения фациально переходят в отложения более крупных водотоков, формировавшихся в основном за счет таяния ледников, а также снежников и других источников. Они прослеживаются на местности как единые образования, высотное положение которых колеблется в значительных пределах в зависимости от обстановок осадконакопления.

Сведения о современных и древних нивальных процессах позволяют более полно расшифровать палеогеографию ледниковых эпох и уточнить представления об условиях формирования льдистых толщ. Автор этой статьи впервые попытался такие реконструкции осуществить на основании анализа материалов геологических съемок и тематических исследований, проведенных до 1985 г., когда были детально закартированы площади распространения ледниковых отложений и льдистых толщ спорного генезиса, а также получен большой материал об их вещественном составе и возрасте [1]. В данной статье доказывается, что льдистые толщи формировались в условиях, близких наблюдаемым в современных дельтах рек Лены и Яны, синхронно муруктинскому — сартанскому оледенения Сибири при значительном подпруживании рек. Кроме ледниковых подпруд, предполагалось постепенное наращивание льдов в пределах северной акватории, которое способ-

ствовало повышению базиса эрозии основных рек и накоплению в их бассейнах аллювия констративного типа, в т.ч. и на обширных дельтах — приморских равнинах, включавших значительную часть современного шельфа. Относительно резкий переход на побережье льдистых толщ с полигонально-жильными льдами в массивные пресные льды с минеральными столбами, которые принимались Э. Толлем за реликты глетчеров [6], объясняется разгрузкой водотоками в долинах и дельтах влекомых и взвешенных частиц и резким сокращением их количества по мере удаления распластавшихся водотоков от континента. Предполагалось, что ежегодно намораживавшиеся массивные льды с минеральными столбами сливались с шельфовым ледником, который совместно с льдистыми толщами в каргинский век представлял своеобразный барьер, мешавший свободному проникновению каргинского моря восточнее меридиана устья р.Хатанга.

Новые сведения, полученные в результате крупномасштабной геологической съемки низкогогорного Северного Хараулаха, кражей Прончищева и Чекановского, Оленекского поднятия, Северо-Сибирской низменности, дельты р. Лены и других регионов не противоречат такой реконструкции, а результаты изучения современных и древних снежников устраняют главный *аргумент* в трактовке льдистых толщ как золовых образований, которую поддерживает часть исследователей [3, 4]. Как уже было отмечено, в зависимости от обстановок осадконакопления положение льдистых толщ может быть разное по высоте. Например, при уровне сплошного развития льдистых толщ до высот 70—90 м в пределах Северо-Сибирской низменности по периферии низменности они поднимаются по долинам рек до высоты 120—140 м, а иногда до 180—200 м. Подобная картина наблюдается и в районе хр.Кулар. Там тоже при общем уровне сплошного распространения льдистых толщ до высоты 70—80 м по долинам мелких водотоков и склонам хр.Улахан-Сис (Куларского) эти образования прослеживаются до 160 м (г.Хабджи-Тас). На Оленекском поднятии со стороны Эекит-Келимярской впадины льдистые пески и супеси располагаются на высоте 80—300 м. В данной ситуации, если не учитывать подпруды и древние снежники, а также связанные с ними осадки, версия об золовой природе льдистых осадков покажется правдоподобной.

В связи с золовой версией генезиса льдистых толщ Сибири хотелось бы обратить внимание исследователей на дельту р.Лены, которая служит прекрасной моделью формирования льдистых толщ. Там, кроме ежегодного сезонного наращивания пойменных осадков распространяющимися почти по всей дельте весенними паводковыми водами с параллельным наращиванием полигональных повторно-жильных льдов (крупные блоки дельты за голоценовое время претерпели опускание, соответствующее амплитуде более 30 м), можно наблюдать и золовую деятельность. Поскольку дельта р.Лены открыта не прекращающимся почти все лето, часто очень сильным ветрам, следы золовой деятельности там особенно заметны. Ветер играет решающую роль в термоабразии берегов, формирует надбровочные золовые валы и покровы на островах. Так, в районе бывшего пос.Трофимовское за 50 лет на первой террасе сформировался надбровочный золовый вал высотой 0,7—0,9 м, сложенный песками и

супесями. В сторону от бровки террасы золовые отложения, быстро уменьшаясь по мощности, почти полностью выклиниваются на расстоянии 35—40 м. В обширных междуречьях наиболее крупного острова дельты — Арга-Муора-Сисе — распространены золовые отложения, образовавшиеся на протяжении всего голоцена. Они представлены пылеватыми супесями с вертикально расположенными корнями и стеблями растений. Редко внутри них встречаются линзы пылеватых песков, обогащенных растительными остатками. В основании золовых отложений встречаются линзы торфа (0,5—1,5 м), свидетельствующие о существовании там перед накоплением золовых осадков заболоченной поверхности. Заболочена она и в настоящее время и продолжает наращиваться вверх за счет погребения травянисто-осоковых болот песком и пылью, переносимыми ветром с берегов озер, из речных долин и с прибрежных обрывов острова. Мощность голоценовых золовых осадков колеблется от 0,7 до 2 м. Важно отметить, что ни по строению, ни по составу золовые отложения дельты р.Лены не имеют аналогов среди льдистых толщ Сибири. Однако, несомненно, что в период формирования льдистых толщ золовая деятельность, выражавшаяся в переносе песчаного и более тонкого материала с открытых берегов водоемов и окружающих их территорий, лишенных растительности, существовала, и принесенные ветром частицы — определенные по объему компоненты в виде примеси в осадках преимущественно водного происхождения. На отдельных участках льдистые толщи, наряду с очень сложным по генезису набором осадков, могут включать линзы типично золовых образований, но в общей массе они играют подчиненную роль.

В заключение хотелось бы обратить внимание исследователей на необходимость более детального изучения рельефа и связанных с ним осадков в районах, где в периоды оледенений могли формироваться снежники. Знакомство с отчетами, опубликованной литературой, а также личные контакты с исследователями конкретных регионов показали, что изучению роли снежников в формировании рельефа и коррелятных осадков не уделяется необходимого внимания. Сформированные снежниками отложения относят к делювиальным, делювиально-солифлюкционным, пролювиальным, золовым и даже к аллювиальным образованиям без анализа условий их накопления.

Необходимость изучения следов древних снежников на равнинах и в невысоких горах внеледниковых районов очевидна как для палеогеографических реконструкций, так и практических целей. Вероятно, более детальное изучение снежников равнин может привести к уточнению генезиса некоторых форм рельефа. Так, среди современных нивационных форм рельефа севера Якутии встречаются долины с расширениями в верховье, которые напоминают сухие ложбины — *долы* сыртовой области Заволжья, где они также завершаются в верховье неглубокими понижениями с плоским дном — *падинами*. Не исключено, что часть балок, широко развитых на Украине и юге России, иногда являются результатом только эрозионной деятельности. Часть их может быть связана с древними снежниками, которые тоже формируют балкоподобные долины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галабала Р.О.* Условия формирования позднечет-вертичных континентальных аккумулятивных равнин Севера Сибири // *Процессы формирования рельефа Сибири*. — Новосибирск, 1987. С. 62—68.
2. *Осокин Н.И.* Снежники и снежниковые системы низко- и среднегорных районов СССР. — М.: Наука, 1981.
3. *Томирдиаро С.В., Черненький Б.И.* Криогенно-золотые отложения Восточной Арктики и Субарктики. — М.: Наука, 1987.
4. *Шило Н.А.* К истории развития низменностей субарктического пояса северо-востока Азии // *Тр. СВКНИИ СО АН СССР*. Магадан. 1964. Вып. 11. С. 154—168.
5. *Шукин И.С.* Общая геоморфология. Т. 1. — М.: Изд-во МГУ, 1960. С. 515—547.
6. *Toll E.* Wissenschaftliche resultate zur erforschung des Janalandes und der Neusibirischen Inseln // *М.А.И.С.* Petersburg. 1895. Т. XLII. N 13.

УДК 550.814

© А.Д.Ананченко, В.Н.Овечкин, 1995

Геоиндикационные исследования при решении поисковых и экологических задач

А.Д.АНАНЧЕНКО (ГНПП «Аэрогеология»), В.Н.ОВЕЧКИН (МГУГиК)

Материалы дистанционных съемок все шире привлекаются практически во всех областях хозяйственной деятельности, и особенно при решении геологопоисковых задач. В настоящее время, когда человеческий фактор воздействия на окружающую среду приобретает огромные масштабы и становится сопоставимым с геологическими факторами, возникает необходимость в привлечении поисковых методов, которые с максимальной эффективностью и наименьшими экологическими последствиями для ландшафта решали бы поставленные задачи [9].

В данной статье приводятся результаты разработки, использующей известное положение о различии яркостных свойств растительности, распространенной на участках с различной степенью минерализации (или с различной степенью техногенной загрязненности) и на неминерализованных (незагрязненных) участках. Спектральные отражательные характеристики растительности приобретают значение геоиндикационных. Геоиндикация — способность одних элементов и компонентов природной среды передавать информацию о других. Это используется при дешифрировании аэро- и космических снимков для выявления и изучения объектов, опознаваемых опосредованно — через их индикаторы [12]. Геоиндикационный метод базируется на представлениях о единстве компонентов ландшафта, которые формируют природные территориальные комплексы, и на их корреляционных связях с геологическими объектами и процессами. Наиболее важны геоиндикационные исследования на этапе наземной проверки результатов дешифрирования, когда геоиндикаторы (геоморфологические, геоботанические, геохимические, физико-химические и др.) изучаются непосредственно в поле.

Системная организация геоиндикационных работ предусматривает их комплексирование в рамках трех последовательно сменяющихся этапов: научно-исследовательские и экспериментальные работы с целью их методологического обеспечения; опытно-производственные работы; оценка эффективности, корректировка методики, разработка заданий на новый цикл исследований. Отметим, что в небольшом объеме исследование влияния степени

минерализованности почв на коэффициент спектральной яркости растительности проводилось во ВНИИКАМ. Однако эти работы носили экспериментальный характер, опыты ставились в лабораторных условиях.

На первом этапе научно-исследовательских работ с целью методологического обеспечения геоиндикационных наблюдений были обобщены литературные материалы, посвященные использованию в качестве индикаторных яркостных свойств растительности, произрастающей на почвах с различной минерализацией (или с различной степенью техногенной загрязненности). Основная трудность практического обнаружения аномальной составляющей геохимического поля по материалам дистанционных съемок (МДС) заключается в том, что, как правило, яркостной контраст растительности, распространенной в пределах аномальных и фоновых участков, незначителен, а сами участки имеют небольшие размеры [1, 4, 8].

Особенности оперативного выявления по МДС малококонтрастных и малоразмерных геоэкологических объектов обсуждались на международном симпозиуме, проходившем в 1992 г. во Львове. В связи с возможностью прогнозирования оптимальных условий и спектрального диапазона съемки одна из первоочередных задач геомониторинга — определение спектральных коэффициентов яркости (СКЯ) элементов подстилающей поверхности в естественных условиях.

В качестве природных полигонов авторами статьи еще в 1987 г. были выбраны участки на медно-порфировом месторождении Пенжинского сектора Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, а также на оловянном, золотом и золото-серебряном месторождениях юго-запада Корякии. Данные месторождения создают интенсивные геохимические аномалии в нормальном геохимическом поле территории, четко фиксируются потоками и вторичными ореолами рассеяния прямых элементов-индикаторов коренного оруденения. Логично предположить, что и растительность в пределах геохимических аномалий каждого из выбранных месторождений-полигонов по яркостным характеристикам будет отличаться от про-

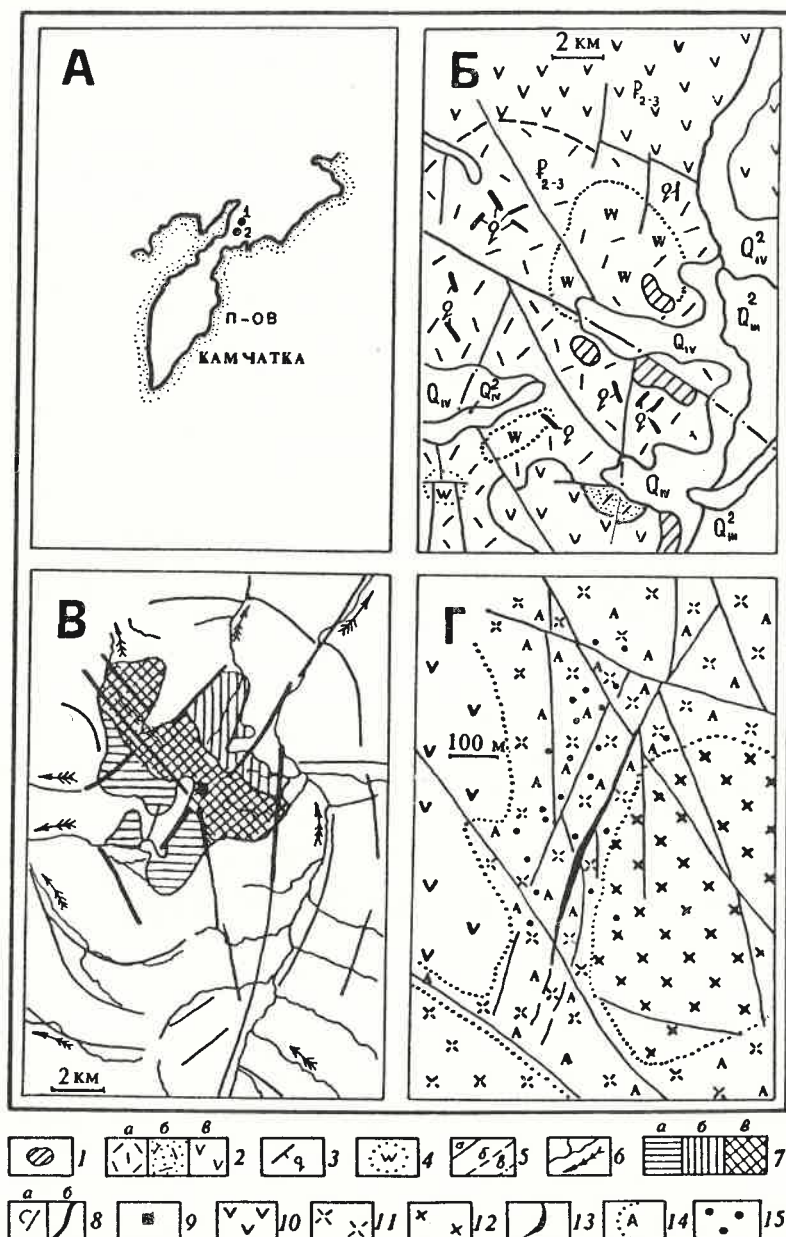


Рис. 1. Результаты геоиндикационных исследований на полигонах Северной Камчатки:

А — местоположение полигонов: 1 — на золото-серебряном месторождении; 2 — в пределах нормального геохимического поля (фоновый); Б — схематическая геологическая карта эпитермального золото-серебряного месторождения: четвертичные отложения: Q_{IV} — нерасчлененные аллювиальные, пролювиальные, делювиальные, озерные, озерно-болотные, дельтовые; Q_{IV}^2 — аллювиальные; Q_{III}^2 — ледниковые, водно-ледниковые, озерно-аллювиальные; $P_{2,3}$ — верхнеэоцен-олигоценные вулканиты различного состава; 1 — субвулканические тела основного состава; 2 — вулканические породы кислого состава (а — преимущественно лавы, б — преимущественно туфы, в — преимущественно лавы среднего состава); 3 — кварцевые жилы; 4 — гидротермально измененные породы, вторичные кварциты; 5 — тектонические нарушения (а — достоверные, б — предполагаемые, в — достоверные под чехлом четвертичных отложений); В — выявление рудоконтролирующей роли разломов, дешифрирующихся на КС, по данным количественной интерпретации результатов литохимической съемки по потокам рассеяния масштаба 1: 200 000: 6 — опробованные водотоки; 7 — количественная оценка потоков рассеяния серебра — прямого элемента-индикатора оруденения (а — наименьшая, б — средняя, в — наивысшая); 8 — разрывные нарушения, дешифрирующиеся на КС (а — линейные и дуговые, б — их рудоконтролирующие фрагменты, выявленные при совместном рассмотрении данных дешифрирования КС и количественной интерпретации данных литохимической съемки по потокам рассеяния); 9 — положение участка геоиндикационных исследований; Г — схема расположения рудного тела и точек геоиндикационных наблюдений на площади развития вторичного ореола рассеяния серебра: 10 — андезитовые порфиристы; 11 — кварцевые диоритовые порфиристы; 12 — диоритовые порфиристы; 13 — рудное тело; 14 — околорудные низкотемпературные гидротермально измененные породы в результате адуляризации плагиоклазов в кварцевых диоритовых порфири-тах; 15 — точки геоиндикационных наблюдений



Рис. 2. Аэрофотоснимок среднего масштаба, иллюстрирующий ландшафтно-геоморфологические условия полигона 1

израстающей в нормальном геохимическом поле. Для повышения эффективности распознавания таких участков на аэро- и космических изображениях необходимо исследование и сопоставление спектральных отражательных характеристик растительности в пределах аномального и нормального геохимического поля [1, 4, 10, 13—15].

В результате опытных полевых работ был выбран растительный объект, доминирующий и повсеместно развитый в условиях ландшафта горной тундры Северной Камчатки. Им оказался ягель — олений мох [7]. Для изучения его спектральных характеристик был создан оригинальный спектрофотометр СФИП-1. Спектральный коэффициент яркости растительного объекта в условиях естественной освещенности определялся при солнечной погоде с фиксированными углами визирования и зенитными углами Солнца от 46 до 58°.

Анализ данных, полученных в результате первого этапа полевых работ, показал, что отражательные свойства исследуемых объектов зависят от геофизических условий их освещенности, наличия облачного покрова, задымленности атмосферы, угла наклона спектрометрируемой поверхности. Для учета перечисленных факторов авторами работы была изменена методика геоиндикационного полевого спектрометрирования и модернизирован спектрофотометр, сконструированный В.Н. Овечкиным. Подробно методика проведения полевого спектрофотометрирования природных объектов в условиях горной тундры Северной Камчатки и техническая характеристика оригинального спектрофотометра описаны в статье [7]. Вкратце методика геоиндикационных исследований заключалась в выборе полигонов для наземного спектрометрирования растительных объектов и отборе растительных и почвенных проб, сопряженных с точкой спектрометрирования. Разработана методика определения оп-

тимальных условий проведения аэрофотосъемки в целях выявления на снимках элементов ландшафта с заданными линейными размерами и отражательными свойствами [5].

Рассмотрим результаты геоиндикационных исследований на полигонах территории Северной Камчатки (рис. 1).

Структурно-тектоническое положение золото-серебряного месторождения определяется его местом в пределах кольцевой структуры небольшого диаметра, сложенной верхнеэоцен-олигоценными вулканитами различного состава (см. рис. 1, Б). Коренное оруденение приурочено к крутопадающим разрывным нарушениям и сопровождается ореолами околорудных низкотемпературных гидротермально измененных пород, образовавшихся в результате адьюризации плагиоклазов в кварцевых диоритовых порфиритах, пространственно совмещающихся со вторичными ореолами рассеяния серебра (см. рис. 1, В, Г).

По ландшафтно-геоморфологическим условиям территория полигонов 1, 2 относится к зоне среднегорной тундры с почти повсеместным развитием многолетнемерзлых пород.

Месторождение располагается на водораздельной части нескольких невысоких сопков, повсеместно перекрытых ягельным покровом, создающим светлые, светло-серые тона на аэрофотоснимках среднего масштаба (рис. 2). Коренное оруденение создает контрастные потоки рассеяния серебра — прямого элемента-индикатора, которые характеризуются значительной суммарной площадной продуктивностью (см. рис. 1, В). При совместном рассмотрении схемы дешифрирования с результатами количественной интерпретации данных литохимической съемки по потокам рассеяния четко выявляется рудоконтролирующая роль разломов, дешифрирующихся на КС.

Спектрометрирование ягельного покрова и од-

новременный отбор металлометрических проб производились в пределах вторичного ореола рассеяния одного из рудных тел (см. рис. 1, В, Г).

Анализ данных по рудным телам и приуроченным к ним вторичным ореолам рассеяния серебра в пределах наивысших оценок площадной продуктивности потоков рассеяния серебра показывает, что вторичные ореолы элементов-индикаторов обладают несколько большими размерами, высококонтрастны и имеют мозаичную внутреннюю структуру. Максимальные концентрации этих элементов в рудных телах и во вторичных ореолах совпадают далеко не всегда. Аналогичное явление было отмечено на золотых месторождениях Восточной Забайкалья [11].

Сопоставление спектрального анализа сопряженных почвенных проб и золы ягеля показывает, что зола ягеля в ландшафтах горной тундры Северной Камчатки полностью наследует элементный состав вторичных ореолов рассеяния коренного рудного тела месторождения. Основные элементы-спутники золота-серебряного эпitherмального месторождения во вторичном ореоле рассеяния соответствуют элементным ассоциациям в золе ягеля, но во внутренней структуре этих ассоциаций всегда отмечаются некоторые различия, возможно, обусловленные изменением силы корреляционных связей между элементами.

Для наглядности используются данные только по серебру.

Результаты статистической обработки данных спектрального анализа по содержаниям серебра в пробах почвенного мелкозема из вторичного ореола рассеяния и в золе ягеля, отобранного на тех же пикетах полигонов 1 и 2, показали, что зола ягеля значительно обогащена серебром по сравнению с почвенным мелкоземом как на фоновом, так и на аномальном полигоне. Содержание серебра в золе ягеля аномального полигона на один—два порядка выше фоновое. По результатам спектрометрических измерений 50 проб ягеля, отобранных в пределах фоновой и аномальной составляющей геохимического поля золото-серебряного месторождения, были построены графики средних значений СКЯ в диапазоне длин волн 400—850 нм, которые выявили различия в спектральной отражательной способности ягеля, произрастающего на почвах и элювиальных развалах с фоновыми и аномальными содержаниями элементов-индикаторов.

Таким образом, появились первые научно-практические данные, подтверждающие возможность использования яркостных свойств растительности как надежного геоиндикационного признака для выявления природных аномальных геохимических объектов, а также и экологически опасных объектов, появление которых может быть связано с антропогенным воздействием на окружающую природу. Как указывалось ранее [2, 3, 6], на территории России существуют естественные геологические образования, которые сами по себе неблагоприятны для биосферы.

Перспективы внедрения геоиндикационных исследований и повышение их эффективности следует связывать с совершенствованием технологии производства аэро- и космических съемок, обработки МДС, применением математического аппарата с целью установления корреляционных связей выделяемых геоиндикаторов с особенно-

стями растительности в дифференцированном геохимическом поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов И.В., Овечкин В.Н., Стеценко А.Ф. Определение предельных условий аэрофотосъемки в целях выявления на снимках элементов ландшафта с известными размерами и отражательными свойствами // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1990. № 3. С. 63—71.
2. Анащенко А.Д. Ртуть в районе // Олукторский вестник. 20 октября 1991 г.
3. Анащенко А.Д. Геохимическое картографирование и мониторинг природных объектов ртуты // Тез. докл. на Междунар. симпозиуме по проблемам прикладной геохимии, посвященном Л.Таусону. Иркутск, 1994. Т. 2. С. 27.
4. Анащенко А.Д., Овечкин В.Н. Автоматизированная обработка материалов аэрокосмических съемок в целях обнаружения малоконтрастных геоэкологических объектов // Тез. докл. на Междунар. симпозиуме по применению математических методов и компьютерных технологий при решении задач геохимии и охраны окружающей среды. Львов, 1992. С. 7—8.
5. Анащенко А.Д., Овечкин В.Н. К вопросу определения условий проведения аэрофотосъемки по данным спектрофотометрирования, биогеохимического обследования площади для локального прогноза оруденения // Геология и геохимия горючих ископаемых. Львов, 1993. № 1 (82). С. 83—89.
6. Анащенко А.Д., Овечкин В.Н. Аэрокосмические методы при геоэкологическом картографировании природных геохимических аномалий ртуты юга Корякского нагорья // Тез. докл. на Всероссийском совещании по аэрокосмическим методам при геоэкологическом картографировании и ведении мониторинга геологической среды. М., 1993. С. 31—33.
7. Анащенко А.Д., Овечкин В.Н. Влияние геохимии почв на спектральные коэффициенты яркости лишайника // Разведка и охрана недр. 1994. № 9. С. 15—18.
8. Анащенко А.Д., Овечкин В.Н. Обнаружение слабоконтрастных геохимических аномалий по спектральным отражательным факторам доминирующей растительности // Тез. докл. на Междунар. симпозиуме по проблемам прикладной геохимии. Иркутск, 1994. Т. 1. С. 129.
9. Анащенко А.Д., Бакай Г.Г. Этические проблемы при эксплуатации минеральных ресурсов Северной Камчатки // Труды Междунар. секции ГЕОЭТИКА. Прага, 1994. С. 56—64.
10. Брукс Р.Р. Биологические методы поисков полезных ископаемых. — М., Недра, 1986.
11. Геохимия рудных районов и геохимические поиски / Под ред. А.Ф.Миронова, В.Г.Моисеенко — Владивосток, 1991.
12. Можжев Б.Н. Состояние и проблемы геоиндикационного дешифрирования // Тез. докл. на III Всесоюз. совещании. М., 1989. С. 3—4.
13. Collins W., Chang S.H. et al. Airborne biogeophysical mapping of hidden mineral deposits // Economic Geology. 1983. Vol. 78. P. 737—749.
14. Eiswerth E.F., Milton N.M., Mouat D.A. Spectral reflectance changes in vegetation associated with anomalous concentrations of metallic elements — a potential tool for mineral exploration // Fifth Annual V.E.N. McKelvey Forum on Mineral and Energy Resources. Reno. New. 1989. P. 15—16.
15. Norler D.N.M., Barber J., Barringer A.R. Effects of heavy metals on the absorbance and reflectance spectra of plants // Internat. J.aur. Remote Sensing. 1980. Vol. 1. P. 121—136.

Новый подход к составлению минерогенических карт

Л.М.НАТАПОВ, Ю.Н.РОДНОВ, И.Л.БЕЛКИНА

Принимаемая исследователями та или иная геотектоническая модель развития земной коры лежит в основе и определяет принципы и методику составления минерогенических карт. Так, в основе, если можно так выразиться, «фиксистой» металлогении лежал структурно-формационный подход, т.е. хотя минерогенические процессы и рассматривались во взаимодействии с тектоникой, магматизмом, осадконакоплением, но геолого-тектоническая обстановка выступала лишь как фон. Природа возникновения металлогенически специализированных территорий, причины проявления определенного типа оруденения только в определенных эпохи, вопросы глобальной и региональной минерогенической зональности, временной и пространственной миграции оруденения в пределах отдельной провинции не находили удовлетворительного объяснения. Причины возникновения различного типа провинций и поясов с их различной металлогенической специализацией трактовались неоднозначно и объяснялись чаще первичной неоднородностью земной коры и мантии и первично неравномерным распределением рудных компонентов на различных участках.

Ныне геологическая эволюция тектоносферы в неогене представляется как история взаимодействия литосферных плит, которая обуславливает раскол континентов и раскрытие океанов, продолжение разрастания океанического дна и поглощения океанической коры в зонах субдукции, и завершается закрытием океанов, сопровождаемым глобальными тектоническими потрясениями — коллизией континентальных масс с образованием складчатых поясов. В складчатых поясах, таким образом, мы имеем результирующую картину такого взаимодействия.

Новый, с позиции геодинамической эволюции земной коры, подход к составлению минерогенических карт базируется на теории тектоники литосферных плит, изучающей это взаимодействие. Каждый из этапов процесса характеризуется формированием структурно-вещественных комплексов с набором характерных типов месторождений полезных ископаемых. При наложении коллизионных процессов (часто неоднократно, как в Казахстане) на края континентов (пассивные или активные) или аккреционные области происходит их деформация, сопровождаемая метаморфизмом и ремобилизацией рудного вещества, миграция подвижных углеводородов и т.д. Зачастую представляет большую сложность восстановление последовательности процессов, особенно в докембрийской (не говоря уже о дорифейской) истории Земли и установление геодинамических обстановок образования конкретных месторождений. Дорифейская металлогения и ее связь с геодинамикой является большой самостоятельной темой и в данной статье не рассматривается.

Главными задачами минерогенического картирования являются: отображение контуров распространения рудоносных структурно-вещественных комплексов, типизация на геодинамической основе сопровождающих их месторождений, оконтуривание геодинамически обособленных площадей распространения определенных типов месторождений. Необходимо наглядно отобразить на карте не только вторичные, ремобилизованные, сформированные на заключительных этапах геодинамического цикла месторождения, но и первичные, доколлизийные образования; показать гетерогенный характер минерогении аккреционных областей. При

минерогеническом картировании следует опираться на единый плитотектонический подход: будь то процессы в океанических или окраинно-континентальных бассейнах, на древних или молодых платформах; процессы формирования месторождений горючих, неметаллических или металлических полезных ископаемых.

Критики металлогенических построений, основанных на концепции тектоники литосферных плит, указывают на их якобы абстрактный характер, а также на то, что они направлены на выявление лишь глобальных и уже установленных ранее закономерностей в размещении рудных месторождений [5]. Для того, чтобы органически связать теорию тектоники литосферных плит с конкретным металлогеническим анализом, особенностями формирования и размещения месторождений полезных ископаемых в конкретных регионах, в ПГО «Аэрогеология» были разработаны принципы составления мелкомасштабных минерогенических карт на геодинамической основе, и в настоящее время создан рабочий вариант такой карты.

При составлении Минерогенической карты был проанализирован огромный фактический материал, определена и графически отображена геодинамическая позиция всех известных месторождений и части перспективных рудопроявлений. Карта позволяет достаточно надежно и достоверно выделять группы полезных ископаемых, маркирующих те или иные геодинамические обстановки.

Минерогеническая карта России и сопредельных территорий м-ба 1:2 500 000 составляется на геодинамической основе, каковой является изданная Геодинамическая карта СССР м-ба 1:2 500 000 [1]. В основу минерогенического анализа положены геодинамические модели основных типов структурных элементов земной коры. При типизации месторождений наряду с особенностями вещественного состава, генезиса и практической значимости определяющими явились геодинамические условия их формирования. Классификационной единицей при этом выбран геолого-промышленный тип (табл. 1), объединяющий черты группы промышленно значимых (или могущих быть таковыми в ближайшем будущем) месторождений, характеризующихся сходством минерального состава, генезиса и геодинамических условий образования. В принятой классификации один из ведущих признаков — тектонический. По геодинамическим условиям образования типы объединены в несколько классов, описанных ниже. Ввиду множественности классификационных признаков при формировании наименований типов месторождений неверным было бы использование только одного из них. В то же время введение в наименование всех признаков сделает его слишком громоздким. Приемлемым было бы, как предлагал в свое время Г.С.Момджи [3], дать типу наименование по одному из наиболее изученных его объектов (месторождению, району), в котором нашли бы свое отражение все специфические черты выделяемого типа. Например, тип Куроко, тип Джезказган, тип Миссисипи и т.д. (см. табл. 1). В условном знаке на минерогенической карте находят отражение все классификационные признаки типа: вид полезного ископаемого, генезис, геодинамические условия формирования. Специальная группа знаков показывает закономерности размещения полезных ископаемых внутри осадочных бассейнов, включая нефть и газ.

1. Фрагмент легенды минерагенической карты

Геолого-промышленный тип месторождений полезных ископаемых	Эталонное месторождение	Геодинамическая обстановка
Линзовидные залежи хромитов	Кемпирсайское (Урал)	Океанические рифтовые зоны
Сульфидные медно-никелевые с хромом и кобальтом	Чайское (Прибайкалье)	То же
Медноколчеданные кипрского типа		*
Цинк-медноколчеданные	Сибайское (Урал)	Задуговые рифтовые зоны
Колчеданно- и барит-полиметаллические с золотом и серебром типа куроко		Островная дуга
Медно-порфиоровые с золотом	Салаватское (Урал)	То же
Молибден-медно-порфиоровые	Коуирад (Казахстан)	Активная континентальная окраина
Олово-серебряные	Потоси (Боливия)	То же
Золото-серебряные	Карамкен (Северо-Восток России)	*
Оловорудные силикатно-сульфидные	Депутатское (Якутия)	Коллизия
Олово-вольфрамовые кварцевые	Иультин (Чукотка)	То же
Редкометалльные пегматиты	Бакенное (Рудный Алтай)	*
Редкометалльные в апогранитах	Этыка (Забайкалье)	*
Свинцово-цинковые стратиформные	Миссисипи-Миссури (США)	Пассивная окраина
Железо-карбонатные	Бакальское (Урал)	То же
Пластовые залежи фосфоритов	Каратаусский бассейн (Средняя Азия)	*
Тантал-ниобий-редкоземельные	Ловозеро (Кольский полуостров)	Внутриплитный магматизм
Апатит-железорудные с танталом, ниобием и флогопитом в карбонатитах	Ковдор (Кольский полуостров)	То же
Магно-магнетитовые в траппах	Ангари-Илимское	*
Алмазы в кимберлитах	Якутия	*

В связи с условиями образования выделяются несколько крупных геодинамических классов месторождений полезных ископаемых.

1. Месторождения, сформированные в ходе океанического и задугового спрединга и в условиях океанического осадконакопления. Спрединг в СОХ и задуговых бассейнах продуцирует колоссальные объемы рудного вещества, часть которого растворяется в океанических водах, а остальная накапливается в донных илах в виде металлоносных осадков, ЖМК, эксгальационно-осадочных руд. Среди базальтов океанической коры фиксируются залежи колчеданных руд — продуктов деятельности «курильщиков»; расслоенные гипербазиты содержат собственно магматические залежи хромитов, никелевых руд с медью и платиной, асбеста, талька и магнетита. Ныне в складчатых поясах свидетелями существования палеоокеанов и задуговых бассейнов являются тектонические клинья офиолитовых комплексов. Обычно фрагменты океанической коры выделяют в составе отдельных террейнов. Они попали сюда двумя путями: в первом случае были соскоблены с океанической плиты в ходе субдукции и вместе с отложениями глубоководных желобов (турбидитами, олигостромами, флишем) дислоцированы и тектонически причленены к континентальной плите, образуя аккреционную призму; во втором — офиолиты являются крупными фрагментами океанической коры, надвинутой на континентальную окраину во время закрытия океана и столкновения континентов или континентов и островных дуг. Эти образования интенсивно тектонизированы и наиболее часто пространственно совмещены с фрагментами внешней и магматической дуг активной окраины. Описанные образования выделены на карте в виде самостоятельных минерагенических зон и районов в составе минерагенических провинций, связанных с наложенными вулканогенно-плутоническими поясами или со складчатыми поясами и областями аккреционного типа.

2. Месторождения, связанные с субдукцией океанической коры под континенты и вулканические острова. Основные объемы океанической коры вместе с ассоциирующими с ними металлоносными осадками и колчеданами субдуцируют под континент и подвергаются частично плавлению с отделением флюида (при

обилии воды в донных осадках, подвергающихся плавлению), несущего перераспределенные рудные компоненты. Подъем флюида индуцирует плавление в пределах мантийного клина над зоной субдукции с образованием очагов андезитовой магмы. При дальнейшем движении магмы вверх происходит контаминация ее коровым веществом, в т.ч. коровыми рудными компонентами.

Над зонами субдукции образуется пестрая гамма гидротермальных, реже собственно магматических месторождений меди, свинца, цинка, железа, титана, хрома, платины, ртути, золота, серебра, молибдена, вольфрама, олова. Типичны колчеданные и порфиоровые месторождения. При субдукции под океаническую островную дугу это колчеданно-полиметаллические месторождения типа куроко, медно-порфиоровые, золото-серебряные, сурьмяно-ртутные вулканогенные, железорудно-титановые и платиноносные хромиты в габбро-гипербазитах. Во внешних прогибах и тыловодужных бассейнах, связанных с субдукцией, формируются небольшие по масштабам месторождения каменного угля, нефти и газа, а также аллювиальные россыпи золота и касситерита.

Для вулканических поясов активных окраин континентов наряду с золото-серебряными и медно-порфиоровыми характерно присутствие молибден-олово- и вольфрамосодержащих месторождений: молибден-порфиоровых, медно-молибден-порфиоровых, молибден- и вольфрам-кварцевых, олово-серебряных, а также серебряно-полиметаллических и собственно серебряных золотосодержащих. Можно установить некоторые различия между рудной специализацией вулканических поясов энзиматических островных дуг вулканических поясов активных континентальных окраин. Для островодужных медно-порфиоровых руд характерно небольшое количество (или полное отсутствие) молибдена, повышенное количество золота. При этом они часто выступают как россыпеобразующие. В золото-серебряных часто устанавливается теллур. Для медно-порфиоровых месторождений активных окраин континентов характерен молибден. Не вполне ясным остается позиция оловорудных силикатно-вольфрамовых кварцевых, олово-серебряных и свинцово-серебряных месторожде-

ем коры и перераспределением рудного вещества, накопленного в отложениях шельфа и конусов выноса с образованием широкого спектра рудных месторождений корового типа: золоторудных кварцевых, оловянных, молибденовых и вольфрамовых кварцевожильных, редкометалльных грейзенов, оловянных силликатно-сульфидных, золото-сурьмяных, золото-редкометаллических, золото-арсенидных в черносланцевых толщах, редкометаллических пегматитов и скарнов, олово-серебряных, свинцово-серебряных, полиметаллических скарновых, ртутных и сурьмяно-ртутных, пьезооптического кварца и флюорита.

Следует однако учитывать, что перераспределение рудных компонентов пассивной окраины происходит не только за счет коллизионных процессов, но также и за счет субдукции и анатектического плавления коры в тыловодужных поясах надвигов на активных окраинах. При этом формируются месторождения типов, близких описанным выше. Площади развития месторождений, образованных в ходе осадконакопления на пассивной окраине, и последующего перераспределения вещества в ходе коллизионных или субдукционных процессов объединены в минерагенические провинции складчатых поясов или областей, возникших на пассивных окраинах континентов. В пределах провинций часто отмечается отчетливая региональная минерагеническая зональность, параллельная или поперечная фронту коллизии либо окраинно-континентальному вулканическому поясу, наложенному на деформированную пассивную окраину. Таким образом, в пределах провинций на карте выделены рудные пояса и зоны. Фрагменты пассивных окраин континентов вместе с образованными в их пределах месторождениями могут входить в состав складчатых поясов и областей аккреционного типа. В этом случае группы месторождений пассивных окраин образуют самостоятельные минерагенические зоны и районы в границах террейнов.

4. Месторождения, связанные с горячими точками и континентальным рифтогенезом, проявляются как на древних, так и молодых континентах в результате их прохождения над мантийными плюмами. При продолжительном развитии этого процесса над горячими точками в континентальной коре происходит образование трехлучевых рифтовых систем. При этом одни ветви остаются активными и могут раскрыться в дальнейшем в океанический бассейн, а другие остаются неразвившимися и эволюционируют на континенте по типу авлакогена. В условиях деятельности горячих точек и рифтогенеза образуются собственно магматические, реже гидротермальные месторождения, связанные с глубинными подкоровыми магматическими источниками. Характерны контрастный субщелочной, ультраосновной, кимберлитовый и трапповый вулканизм, щелочно-ультраосновные интрузии с карбонатитами, плюмазитовый гранитоидный магматизм. С траппами связаны магно-магнетитовые, сульфидные медно-никелевые, месторождения исландского шпата; с щелочно-ультраосновными интрузиями — апатит-железорудные карбонатитовые, редкоземельно-apatитовые и ванадий-титановые месторождения, с ультраосновным магматизмом — алмазносные кимберлиты. В пределах континентальных рифтов и авлакогенов образуются месторождения солей, подвижные углеводороды, каменный уголь. Месторождения горячих точек и полей выделены в пределах древних континентов в самостоятельные рудные провинции (например, алмазносные), минерагенические зоны (в рифтовых системах) и районы (отдельные или группы горячих точек).

Для провинций, связанных с рифтогенезом и деятельностью горячих точек, минерагеническая зональность не характерна. Исключением является только зональность, проявляющаяся в скоплении перераспределенных в залежи нефти и газа в осадочных бассейнах, развивающихся над рифтовыми зонами.

Значительные трудности испытывают исследователи при минерагеническом картировании аккреционных складчатых поясов (весь Восток России, Алтае-Саянская область и др.). Это сложно построенные гетеро-

генные структуры, представляющие собой мозаику отдельных террейнов, под которыми обычно понимают ограниченные разломами блоки земной коры, характеризующиеся историей геологического развития, отличной от таковой смежных блоков [4]. Террейн является унифицированной структурной единицей самого низкого порядка для таких областей. Могут быть выделены следующие виды террейнов: микроконтиненты; островные дуги; оторгнутые блоки пассивных и активных окраин континентов; офиолитовые и субдукционные комплексы и т.д. В минерагеническом аспекте террейну соответствует минерагеническая зона или район. Месторождения в пределах террейнов в прошлом могли возникнуть, например, в условиях океанического или континентального рифтогенеза или в связи с процессами субдукции, т.е. их природа различна у разных террейнов. Террейны до их присоединения к крупному континенту могли сталкиваться друг с другом, образуя составные террейны — супертеррейны. Им соответствуют минерагенические области (см. табл. 2).

Супертеррейны можно подразделить по преимущественному развитию вещественных комплексов, сформированных в определенных геодинамических обстановках. В связи с этим среди супертеррейнов можно выделить разновидности с преимущественным развитием коры либо континентального, либо океанического, либо того и другого типов в приблизительно равном соотношении. И действительно, для аккреционных складчатых областей (а они преобладают среди складчатых поясов и областей) характерен смешанный характер металлогении, присущий как океаническим, так и континентальным областям.

Таким образом, новая Минерагеническая карта России покажет принадлежность месторождений полезных ископаемых к конкретным геодинамическим обстановкам, а минерагеническое районирование отразит связь минерагенических единиц с границами литосферных плит и внутриплитными процессами. Приводимая заключительная часть легенды к карте (см. табл. 2) призвана показать принятый авторами подход к минерагеническому районированию.

1. Основа карты (геодинамические ситуации, магматизм и метаморфизм). По своей сути — это несколько дополненная и генерализованная Геодинамическая карта СССР м-ба 1:2 500 000, выпущенная в 1989 г. [1].

2. На ней отображены все значимые минеральные объекты с характеристикой их вещественного состава, генезиса и геодинамических позиций.

3. Минерагеническое районирование выполнено в виде отражения минерагенических провинций, поясов, областей, зон и районов, а также бассейнов развития осадочных месторождений и месторождений горючих полезных ископаемых.

4. Карта хорошо подчеркивает связь рудных месторождений с древними границами литосферных плит, региональную минерагеническую специализацию, связанную с характером этих границ.

5. Карта хорошо подчеркивает мозаичный характер металлогении в аккреционных складчатых областях и связь многих специфических полезных ископаемых (кимберлиты, карбонатиты, расслоенные барит-гипербазитовые интрузии с ликвационными рудами) с дрейфом плит над мантийными плюмами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодинамическая карта СССР и прилегающих акваторий. М-б 1:2 500 000/Под ред. Л.П.Зоненшайна, Н.В.Межеловского, Л.М.Натапова. — М.: ПГО «Центргеология», 1989.
2. Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. — М.: Мир, 1984.
3. Момджи Г.С. Задачи классификации месторождений полезных ископаемых //Сов. геология. 1988. № 12. С. 100—106.
4. Парфенов Л.М., Натапов Л.М., Соколов С.Д.,

УДК 552.2

© Г.П.Шахов, 1995

Взаимоотношение кальцифиоров и магнетитовых кварцитов с пироксенитами как свидетельство фракционной кристаллизации магмы

Г.П.ШАХОВ

Район исследования расположен в южной части Алданского щита, в бассейне р. Сутам и ее притоков Гидат и Большая Даурка.

Породы раннего докембрия, слагающие щит, традиционно считались метаморфизованными вулканогенными образованиями. Эта концепция привела к тому, что некоторые породы, одинаковые по петрографическим свойствам, минеральному и петрохимическому составу, имеют различные наименования в фанерозойских и раннедокембрийских комплексах. Так, если в фанерозое интрузивная порода, состоящая из пироксена, определяется как пироксенит, то в раннедокембрийских толщах она именуется как парапироксенит или скарн по осадочным карбонатным породам. Полнокристаллическая плагиоклаз-пироксеновая порода, определяемая в фанерозое как габбро, в метаморфических толщах называется пироксеновый кристаллосланец, который, согласно упомянутой выше концепции, является продуктом метаморфизма осадочных глинисто-карбонатных пород [1] или базальтов [11]. Распространенные в фанерозое карбонатиты в раннем докембрии не были известны, а карбонатные породы метаморфических комплексов считались метаморфизованными известняками.

Несостоятельность концепции вулканогенно-осадочного происхождения метаморфических образований обсуждалась ранее [16, 17]. В связи с этим при анализе взаимоотношений пород возникает необходимость уточнить термины «пироксенит», «кальцифир» и «кварцит», не связывая их с положениями концепции, а основываясь на геологических наблюдениях и номенклатуре.

Термин «пироксенит» требует уточнения, поскольку в определяемую им группу магматических пород входят клинопироксениты и, в частности, диопсиды. В терминологии метаморфических комплексов исчезает различие между клинопироксенитами (в т.ч. псидитами) и «диопсидовыми породами». Некоторые исследователи используют последний только для пироксеновых пород, ассоциирующих с кальцифирами. Другие применяют его для всех пород, состоящих из клинопироксена. При этом, если магматическое происхождение клинопироксенитов не оспаривается, то генезис вторых дискусионен. С.П.Мурзаев и Б.В.Олейников [2], склонные рассматривать их как скарны, отмечают изменение взглядов на происхождение этих пород, которые считались гидротермалитами, базификатами и осадочно-метаморфическими образованиями. Распространенные в районе исследования гиперстениты, вебстериты и клинопироксениты было бы необоснованно считать аподоломитовыми пироксеновыми породами, как это делает М.А.Лицарев [10] для месторождений Встречное, Леглиерское и др., где, кстати, карбонатные породы не известны. Присутствие же незначительных количеств карбонатов в клинопироксенитах не может служить причиной отнесения их к апокарбонатным породам, поскольку в магматогенных клинопироксенитах карбонат нередок. Поэтому в группу пироксенитов архейского возраста автор включает все породы, состоящие из моноклинного пироксена, называя их клинопироксенитами, не отры-

вая их генезис от генезиса вебстеритов и гиперстенитов, с которыми они связаны постепенными переходами.

В Геологическом (1973) и Петрографическом (1981) словарях кальцифиры, ассоциирующие с клинопироксенитами, однозначно определяются как метаморфизованные известняки. И лишь в работе [2] отражены противоположные взгляды на происхождение этих пород. В.В.Жданов рассматривает их как базификаты, И.Я.Дядкина — как продукты кальциевого метасоматоза, Р.Ф.Черкасов — как метаморфизованные осадочные образования.

Наряду с пластообразными телами кальцифиоров автором обнаружены в районе исследования жильные и штокообразные тела этих пород. Их минеральный состав аналогичен составу «безрудных» карбонатитов. Для них характерно высокое содержание стронция. Отношение Sr/Ba [15] соответствует таковому в карбонатитах [5], а Ce/La — этому отношению в кимберлитовых карбонатитах.

Необходимость в уточнении термина «кварцит» возникает в связи с тем, что, наблюдая секущие контакты «кварцитов» с вмещающими породами, ранее исследователи считали их магматогенными образованиями типа норсфильдитов [3, 12]. Д.С.Коржинский описывал их как аплитокварцы и отождествлял с конечными дериватами гранитных интрузий [6]. Позднее Л.П.Чернышковой [9] они рассматриваются как ультракислые магматические породы — «кварцолиты» (по Левинсону-Лесингу). В процессе дальнейшего изучения пород Д.С.Коржинский изменил свои первоначальные взгляды на их генезис и считал их осадочными. Поскольку игнорировать секущие контакты и явную связь с аляскистыми гранитами невозможно, то среди кварцитов были выделены кварцевые анатектиты [9]. В начале указанной работы говорится, что нередко последние являются типичными ультракислыми гранитами, а в конце ее в качестве одного из доказательств анатексиса приводится факт «отсутствия ультракислых гранитов». А.А.Каденский сначала отмечает пространственную и генетическую связь магнетитовых разновидностей кварцитов с ультраосновными породами. Позднее он излагает противоположную точку зрения, считая их осадочными образованиями [4]. Е.А.Кулиш, необоснованно отрицая наличие секущих контактов, по ряду неоднозначных признаков присваивает кварцитам осадочный генезис [7]. Критика этих выводов приводилась ранее [16, 17]. Здесь важно отметить описываемое им взаимоотношение кварцитов с аляскистыми гранитами. Эти породы, как отмечает Е.А.Кулиш, теряют облик кварцитов и приобретают вид и состав аляскистых гранитов. «Местами кварцит имеет облик графического пегматита, где роль ихтиоглипп играют угловатые зерна микроклина, заключенные в кварцевую массу» [7].

В процессе геологосъемочных работ ВАГТа наблюдались как массивные с секущими контактами, так и жильные тела «кварцитов» с ксенолитами вмещающих пород. Отмечался также переход от аляскистых гранитов к кварцитам через зону графического пегматита. Наличие перечисленных признаков не позволяют отрывать эти породы от аляскистоподобных гранитов. Поз-

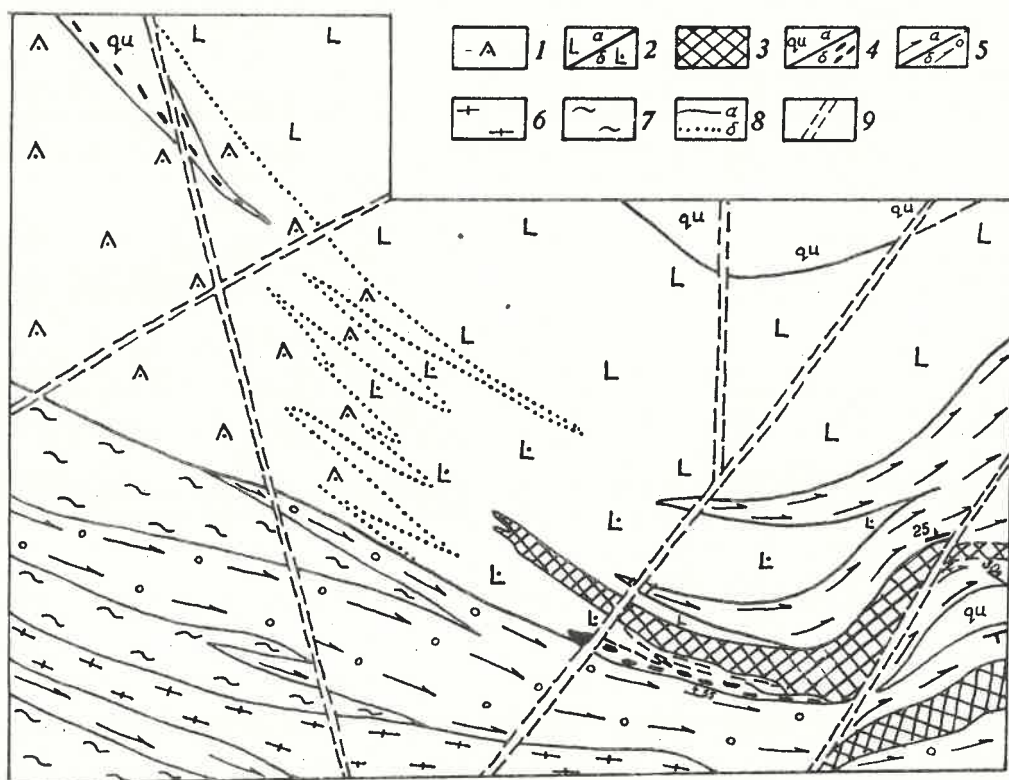


Рис. 1. Крупномасштабный план геологического строения участка водораздела рек Сутам — Большая Дaurка:

1 — ортопироксены магнетитовые; 2 — клинопироксены анхимономинеральные (а), магнетитовые с оливином (б); 3 — кальцифилы; 4 — «кварциты» анхимономинеральные (а), магнетитовые (б); 5 — пироксеновые кристаллосланцы (а) и их разновидности с гранатом (б); 6 — аляскиитовидные граниты; 7 — гнейсы биотитовые; 8 — границы петрографических разновидностей: четкий контакт (а), постепенный переход (б); 9 — тектонические нарушения

тому автор, сохраняя за ними название «кварцит», рассматривает эти породы как ультракислые дериваты гранитоидов, т.е. кварцолиты.

В исследованном районе на контакте гранитоидов, в различной степени обогащенных кварцем (от аляскиитовидных до кварцитовидных), и пироксенов, в т.ч. магнетитовых, в переходной зоне наблюдаются пироксен-кварцевые или пироксен-магнетит-кварцевые породы. В зависимости от того, какая разновидность магнетитовых пироксенов (гиперстениты, вебстериты или клинопироксены) контактирует с гранитоидами, а также в зависимости от состава гранитоидного вещества («кварциты», полевошпатовые «кварциты» или аляскиитовидные граниты) различаются гиперстенитовые, двупироксеновые и полевошпатовые магнетитовые «кварциты». Последние правильнее было бы классифицировать как магнетитовые граниты.

Изучение взаимоотношения кальцифилов и «кварцитов» с пироксенами проводилось на хорошо обнаженном водоразделе рек Сутам — Большая Дaurка. Участок исследования сложен расслоенным раннеархейским комплексом пород, состоящим из пироксенов, пироксеновых кристаллосланцев (метагабброидов), биотитовых гнейсов, «кварцитов» и аляскиитовидных гранитов. Пироксениты (мощность тела достигает 70 м) дифференцированы на магнетитовые ортопироксены, содержащие гранат, клинопироксены и магнетитовые клинопироксены с оливином. Расположение этих разновидностей в массиве указывает, по-видимому, на его расслоенность, требующую, однако, более детального изучения. Для исследования взаимоотношений пород этот массив удобен тем, что в его пределах располагаются как кальцифилы, так и кварциты (рис. 1).

Кальцифилы обычно ассоциируют с клинопироксе-

нитами, которые в пределах рассматриваемого района слагают как отдельные линзовидные скиалиты, так и краевые части мелких массивов пироксенитов. Кроме того, они образуют линзы и участки неправильной формы в кальцифилах. Цвет их меняется от темно-серого, почти черного, на участках совместного нахождения с гиперстенитами и вебстеритами до светлого-серого, почти белого, с зеленоватым оттенком в линзах среди кальцифилов и в диопсидовой переходной зоне (мощность 1—3 см), часто сопровождающей темноокрашенные клинопироксениты на границе с кальцифилами. Осветление породы отражает изменение состава пироксена от ферросалита до диопсида. Часто присутствуют магнетит, шпинель и слюды. Структура — гипидиоморфнозернистая. Магнетит образует вкрапленники, гнездовидные или линзовидные агрегаты размером от нескольких миллиметров до первых сантиметров. Располагаясь в интерстициях ксеноморфно, он придает породе сидеронитовую структуру. Шпинель представлена зеленой полупрозрачной разновидностью, содержание которой в шпинель-диопсидовых пироксенитах достигает 10 %. Содержание карбоната увеличивается в реликтах диопсидовых пород среди кальцифилов, где он вместе с бесцветным амфиболом замещает диопсид. Наблюдаемый в отдельных разновидностях биотит или флогопит образует гломеробласты и скопления неправильной формы, а также лентовидные агрегаты, параллельные контактам тел. Вблизи кальцифилов нередко присутствует ассоциация флогопита с карбонатом. В пределах изученного массива в клинопироксенитах встречается оливин.

Кальцифилы пространственно тесно связаны с клинопироксенитами, в которых они наблюдаются в виде прожилков, жил и тел разнообразной формы протяжен-

ностью 10—150 м, мощностью от нескольких сантиметров до 20 м. В кальцифирах часто присутствуют линзы, желваки, шпилы и различного размера реликты клинопироксенитов, замещаемых карбонатом. Средне- и крупнокристаллическая основная ткань породы, сложенная белым или розовым кальцитом, включает зерна силиката или оксида. По составу последних различаются кальцифиры форстеритовые, диопсид-форстеритовые и диопсид-шпинелевые. Породы обладают массивной текстурой и различными реакционными микроструктурами и структурами замещения. Наиболее обычны диопсид-форстеритовые кальцифиры. Они состоят из оливина (30—40 %), диопсида (10—20) и карбоната (45—55). Изредка кальцифиры содержат гнездовую вкрапленность сульфидов: пирита, пирротина и халькопирита. Акцессорные представлены рутилом, магнетитом, апатитом и цирконом, в т.ч. циртолитом. *Форстерит* почти всюду обладает неполным, но весьма заметным идиоморфизмом и образует овальные зерна диаметром 0,1—4 мм. Зерна нередко в различной степени замещены карбонатом. Наиболее полное замещение представлено псевдоморфозой, в которой от края к центру наблюдаются зоны магнетит-карбонатная, серпентин-карбонатная и амфибол-карбонатная с вкрапленностью магнетита. Ядро псевдоморфозы состоит из бесцветного амфибола и карбоната (рис. 2). *Диопсид* присутствует в виде зерен размером 0,5—2 мм, в различной степени замещенных карбонатом. Наименьшая степень замещения представлена выделениями карбоната по трещинам спайности. С увеличением количества карбоната он образует с диопсидом симплектитовые сращения решетчатой микроструктуры. Иногда карбонат полностью псевдоморфно замещает диопсид. Однако наиболее часто карбонат корродирует диопсид в виде прожилков, оставляя его незамещенные реликты разнообразной формы. *Магнетит* образует агрегаты размером 1—4 мм, а также пылевидную вкрапленность в серпентиновых прожилках оливина. На границе с карбонатом часто наблюдается кайма зеленой шпинели. В диопсид-шпинелевых кальцифирах количество *шпинели* достигает 30 %. Макроскопически черная, а в проходящем свете зеленая, шпинель наблюдается в виде как ксеноморфных агрегатов размером 1—3 мм среди скоплений кристаллов диопсида, так и октаэдров размером до 1 см в карбонатной массе.

Описанное выше взаимоотношение кальцифиров с клинопироксенитами через зону слюд аналогично взаимоотношению пироксенитов и карбонатитов, описанному А.К.Пожарицкой и Е.М.Эпштейном [14].

На водоразделе рек Сутам — Большая Даурка переход от пироксенитов к кальцифирам был прослежен по простиранью (см. рис. 1). С северо-запада на юго-восток магнетитовые пироксениты сменяются вебстеритами и далее магнетитовыми клинопироксенитами. В последних магнетит располагается ксеноморфно между кристаллами пироксена. В зоне перехода к кальцифирам в интерстициях вместе с магнетитом появляются ксеноморфные агрегаты кальцита (рис. 3). Далее на протяжении метра карбонат приобретает доминирующую роль в основной массе породы, а магнетит исчезает. К востоку кальцифиры прослеживаются на 50 м. В высшем контакте они граничат с магнетитовыми клинопироксенитами и содержат реликтовые участки светло-зеленых диопсидов, в лежачем — их подстилают гранат-пироксен-плаггиоклазовые кристаллосланцы, по минеральному составу и структуре аналогичные эклогитизированным метагаббро.

Таким образом, приведенные выше наблюдения указывают на возможность образования кальцифиров в результате замещения клинопироксенитов карбонатом на заключительной стадии кристаллизации последних, которые, в свою очередь, вместе с габброидами (кристаллосланцами) могут являться продуктами дифференциации базальтовой магмы.

«Кварциты» в пределах участка исследования и в его окрестностях представлены и анхимономинеральными двупироксеновыми, и гипершпатовыми разновидностями. Текстура двупироксеновых и ги-

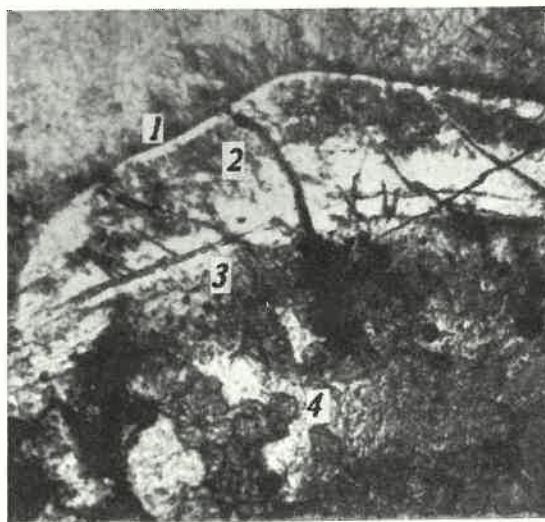


Рис. 2. Кальцифир:

зоны замещения оливина: 1 — магнетит-карбонатная; 2 — серпентин-карбонатная, 3 — амфибол-карбонатная с вкрапленностью магнетита, 4 — амфибол-карбонатное ядро. Ув. 40

перстеновых разновидностей может быть массивной, гнейсовидной или полосчатой. Структура — гранобластовая с широким развитием коррозионных микроструктур. Для наиболее распространенных пироксеновых разновидностей главными породообразующими минералами являются магнетит (25—30 %), реликтовые пироксены (10—15) и кварц (65—70 %). Распределение минералов в породе неравномерно. Количество темных местами стучается до 50 %, что указывает на различную степень замещения пироксенитов. В некоторых из ортопироксеновых разновидностей присутствует гранат. Акцессорные представлены апатитом. *Магнетит* образует линзовидные агрегаты размером до 3 см; зерна неправильной формы, корродируемые квар-

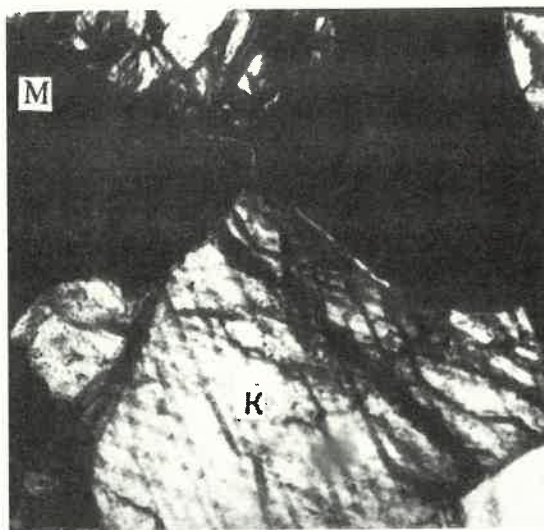


Рис. 3. Переход клинопироксенитов в кальцифиры:

ксеноморфные агрегаты магнетита (М) и кальцита (К) между кристаллами оливина (белое). Ув. 50

цем; мелкие (0,1—0,2 мм), как правило, идиоморфные кристаллы или пылевидные вкрапления в кварце.

В пределах рассматриваемого массива (см. рис. 1) переход пироксенитов в кварциты выражен в последовательном изменении минерального состава пород в следующем порядке: магнетитовые пироксениты с ксеноморфными агрегатами кварца в интерстициях, кварц-гиперстеновая порода с магнетитом (0,2—0,3 м), гиперстен-магнетит-кварцевая порода с гранатом (0,2 м) — гранат-кварцевая порода (0,15 м). Гиперстен-магнетит-кварцевая порода при содержании кварца свыше 50 % тождественна магнетитовому кварциту. Вблизи пироксенитов эти породы массивны, но на протяжении 100 м по простиранию они приобретают полосчатую текстуру, типичную для магнетитовых кварцитов. На южном склоне водораздела рек Гидат и Сутам переход магнетитовых пироксенитов в кварциты, наблюдавшийся вкрест простирания, имеет более простое строение. Под микроскопом можно видеть, как в пироксенитах в 0,5—1 см от линии перехода в интерстициях появляются мелкие ксеноморфные агрегаты кварца с магнетитом, которые корродируют пироксен и выглядят как интеркумулянтный материал (рис. 4). Далее за линией перехода количество кварца резко возрастает, и в кварцитах пироксен наблюдается лишь в реликтах. Содержание магнетита при этом, по-видимому, остается постоянным или несколько увеличивается. Одновременно происходит диспергирование его до пылевидных частиц. Наряду с реликтами пироксена в кварцитах нередко наблюдаются участки незамещенного пироксенита.

Сравнивая поведение карбоната и кварца в краевых зонах пироксенитов, можно отметить сходство в их взаимоотношении с последними. Оба они, располагаясь в интерстициях кристаллов пироксена или оливина, резорбируя или замещая их, видимо, представляют собой интеркумулянтный материал, образующийся в процессе фракционной кристаллизации. Этот вывод согласуется с известными экспериментами по ряду силикатных систем с H_2O и CO_2 при высоких давлениях, на основании которых И.Кусиро заключает, «что расплав, сосуществующий с оливином и пироксеном, в зависимости от изменений соотношения в газовой фазе H_2O и CO_2 по составу варьирует от пересыщенного кремнезема до очень бедного кремнеземом карбонатита» [8].

Образование кварц-магнетитового агрегата из интеркумюла укладывается в схему Боуэна, несколько видоизмененную Е.Ф.Осборном, которая относится к фракционной кристаллизации магмы габброидного состава, буферированного по кислороду [13].

Сформулируем основные выводы.

1. С раннеархейскими пироксенитами пространственно, через постепенные переходы связаны кальцифировые и кварц-магнетитовые породы («магнетитовые кварциты»).

2. Замещение карбонатом оливина, образование симплектитов в паре диопсида с карбонатом, накопление карбоната в межгранулярном пространстве, корродирование им пироксена и наличие в кальцифирах реликтовых участков незамещенных клинопироксенитов — все эти явления свидетельствуют о том, что кальцифировые, будучи генетически связанными с клинопироксенитами, замещают их. Описанные выше взаимоотношения пироксенитов и кальцифиров близки взаимоотношениям пироксенитов и карбонатитов, а их минеральный состав, в т.ч. набор аксессуарных в последних, отвечает минеральному составу пироксенитов и карбонатитов в карбонатитовых комплексах. Отношение Sr/Ba соответствует таковому в карбонатитах, а Se/La — данному отношению в кимберлитовых карбонатитах. Все это позволяет считать генезис кальцифиров близким генезису карбонатитов.

3. Взаимоотношение пироксенитов и кварц-магнетитовых пород, при котором последние локализируются в межгранулярном пространстве и по мере накопления резорбируют пироксен, указывает на более позднюю консолидацию кварц-магнетитового материала по отношению к пироксену.

4. Сходство в локализации карбонатного и кварц-



Рис. 4. Переход магнетитовых гиперстенитов в кварциты:

серое — гиперстен, черное — магнетит, белое — кварц. Ув. 10

магнетитового вещества в межгранулярном пространстве позволяет считать их ксеноморфными выделениями из интеркумюла в процессе фракционной кристаллизации габброидной (базальтовой) магмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докембрий и проблема формирования земной коры /Под ред. П.П.Тимофеева. — М.: Наука, 1978.
2. Железомагнетитовый метасоматоз и рудообразование /Под ред. В.А.Рудника. — М.: Наука, 1980.
3. Зверев В.Н. Материалы для характеристики Томского золотоносного района /Тр. ГГРУ. 1931. Вып. 26.
4. Каденский А.А. Магнетитовое оруденение Сутамского района и железные руды Южной Якутии. — М. — Л., 1960.
5. Капустин Ю.Л. Геохимия стронция и бария в породах карбонатитовых комплексов //Геохимия. 1983, № 2. С. 931—944.
6. Коржинский Д.С. Петрология архейского комплекса Алданской плиты /Тр. ЦНИГРИ, 1936. Вып. 86.
7. Кулиш Е.А. Кварциты архея в южной части Алданского щита. — Магадан: Кн. изд-во, 1964.
8. Кусиро И. Фракционная кристаллизация базальтовой магмы //Эволюция изверженных пород. М., 1983. С. 136—171.
9. Лазыко Е.М. Кварциты и кварцевые анатектиты юго-западной части Алданской плиты //Изв. АН СССР. Сер. геол. 1945. № 2. С. 28—96.
10. Лицарев М.А. Закономерности образования и размещения флогопитовых месторождений СССР //Закономерности размещения полезных ископаемых. — М., 1962. Т. VI. С. 608—620.
11. Неелов А.Н., Милькевич Р.И. Петрохимия метаморфических комплексов юга Восточной Сибири. — Л.: Недра, 1979.

12. Обручев В.А. Геология Сибири. — М.: Изд. АН СССР, 1935. Т. 1.
13. Осборн Б.Ф. Реакционный принцип /Эволюция изверженных пород. М., 1983. С. 136—171.
14. Пожарицкая А.К., Эпштейн Е.М. Петрохимические особенности образования карбонатитов // Происхождение щелочных пород. М., 1964. С. 79—84.
15. Шахов Г.П. Геохимические индикаторы генезиса кальцифиров // Тез. докл. на XII семинаре Геохимия магматических пород. М., 1986. С. 254—255.

16. Шахов Г.П. Современные взгляды на происхождение метаморфических толщ раннего докембрия (на примере Алданского и других щитов) — М.: ВИ-ЭМС, 1983.
17. Шахов Г.П. Расчленение метаморфических образований раннего докембрия как дифференцированных магматических комплексов // Стратиграфия архея и нижнего протерозоя СССР: Тез. докл. II Всесоюз. совещания Общие вопросы расчленения докембрия СССР. Уфа, 1990. С. 89—90.

Геофизика и глубинное строение

УДК 550.814

© Ю.А.Афанасов, В.М.Воевода, 1995

Результаты применения ИК-тепловой аэросъемки при геологических исследованиях

Ю.А.АФАНАСОВ, В.М.ВОЕВОДА

Широкое практическое использование ИК-тепловой аэросъемки (ИКАС) началось в 1979 г. с серийного выпуска по техническому заданию ВНИИКАМа на Азовском оптико-механическом заводе тепловизора «Вулкан». Круг задач, при решении которых применяются материалы ИКАС, постоянно расширяется. Опытные методические и производственные ИК-тепловые аэросъемки выполняются Московской опытно-методической космоаэрогеологической экспедицией (МОМКАГЭ) Аэрогеологии, где для этих целей было создано специализированное подразделение. С 1979 г. МОМКАГЭ выполнен большой объем аэросъемочных работ в различных природно-климатических зонах для решения геологических, геоэкологических и природоохранных задач. Ниже рассматриваются примеры наиболее эффективного исполь-

зования материалов ИКАС. Во всех этих случаях выполнялась комплексная интерпретация материалов ИК-тепловой аэросъемки с материалами синхронной аэрофотосъемки, данными аэрогеофизических исследований, результатами наземных работ.

Поиски термальных вод. Работы проводились в Навоинской области Узбекистана на правом берегу р. Зеравшан. Проявления термальных вод приурочены здесь к зоне разломов в верхнепалеозойских отложениях в южных предгорьях Актау. По этим разломам идет восходящий поток тепла. Максимальная разгрузка термальных вод наблюдается в зоне пересечения глубинных разломов субмеридиональной и субширотной ориентации. Благоприятна и наименьшая глубина залегания палеозойского фундамента.

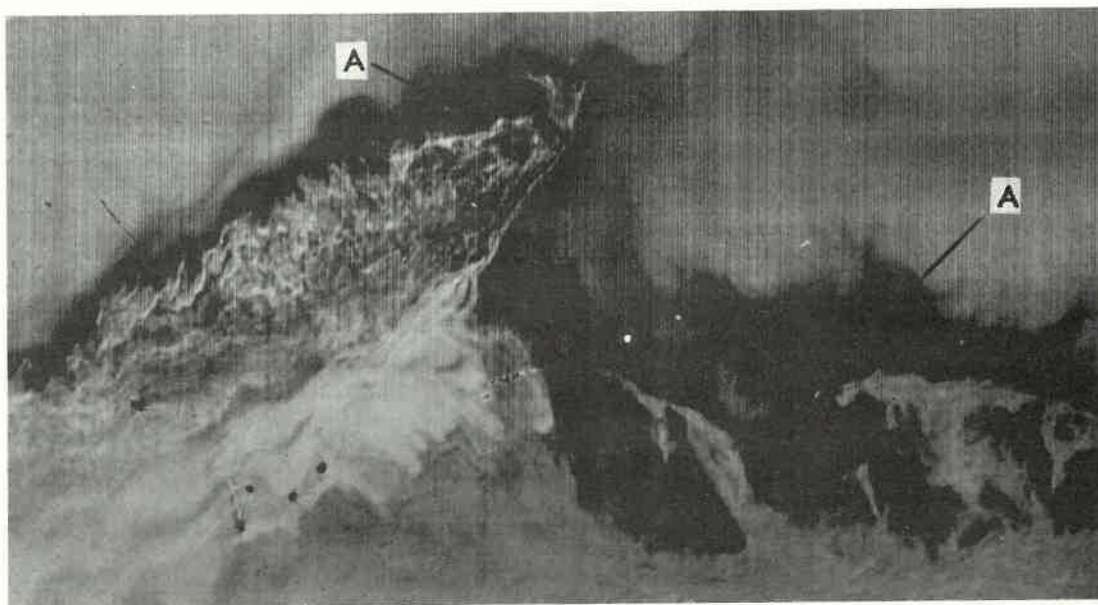
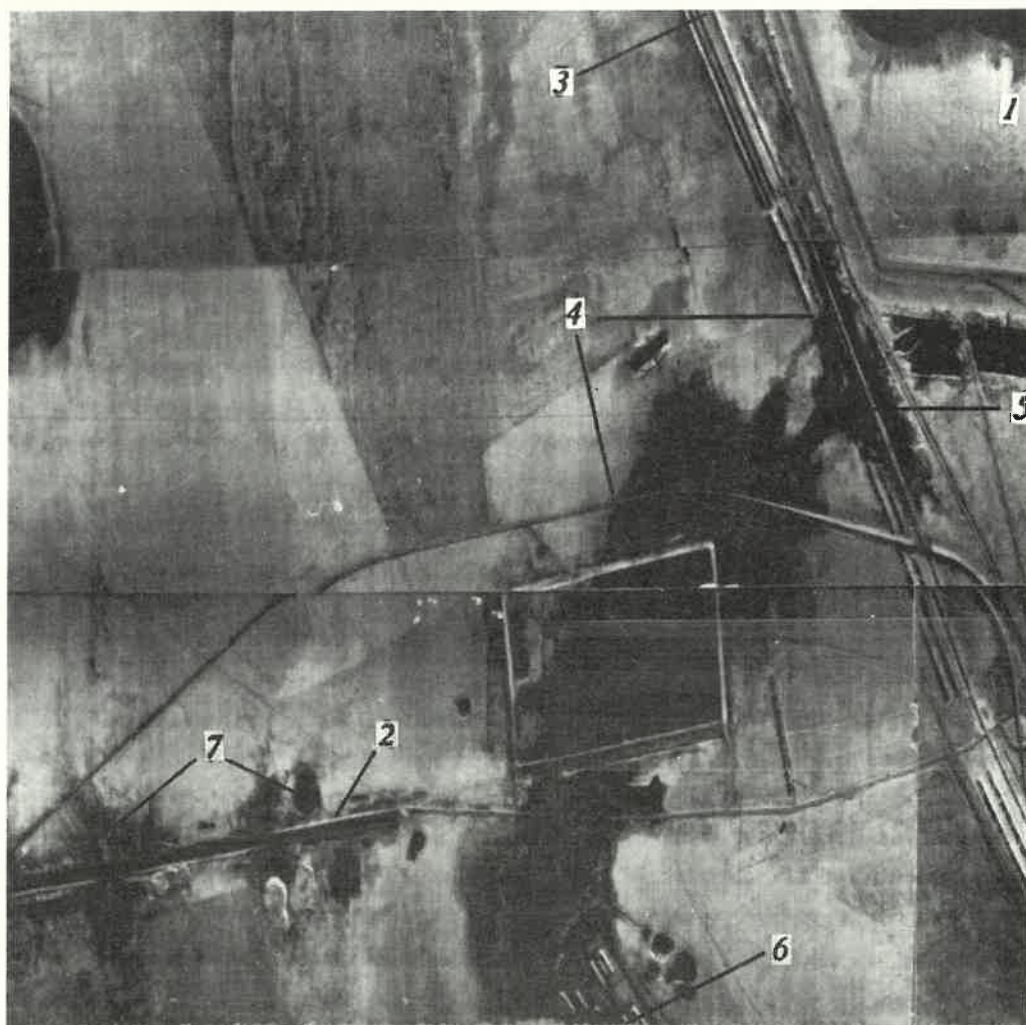


Рис. 1. Тепловой аэроснимок (ночной) акватории Аральского моря:

А — холодные аномалии, связанные с субаквальной разгрузкой подземных вод



В результате комплексного использования материалов ИКТАС с результатами других исследований были выделены участки, наиболее перспективные для поисков термальных вод, для постановки проверочных геофизических работ и заложения поисковых скважин. Материалы ИКТАС позволили выделить ослабленные зоны, по которым происходит конвективный поток тепла; элементы разрывной тектоники; геотермальные аномалии, обусловленные различиями в составе пород фундамента.

Выявление очагов разгрузки подземных вод в пределах акваторий. Поиски очагов субаквальной разгрузки подземных вод проводились в Южном Приаралье, в районе о. Лазарева. Выходы подземных вод здесь приурочены к глубоко эродированному своду Арало-Кызылкумского вала, осложненного разрывными нарушениями. Аэросъемочные работы выполнены в летнее время при температуре морской воды 22—23 °С. Разгружающиеся воды меловых отложений имеют температуру 8—10 °С и образуют на ИК-тепловых аэроснимках холодные аномалии (рис. 1). Это позволило по материалам ИКТАС закартировать в данном районе несколько крупных источников субаквальной разгрузки подземных вод дебитом до 6 м³/с при площади выхода 0,02 км². Более мелкие выходы образуют отдельные поля или чаще вытягиваются в цепочки, трассируя на поверхности элементы разрывной тектоники.

Поиски и разведка месторождений подземных вод. Один из удачных примеров использования ИКТАС — результаты комплексного применения дистанционных методов при поисково-разведочных работах на трещин-

но-карстовые воды в долине р. Кызыл на Южном Урале. Материалы ИК-тепловой аэросъемки позволили получить новую информацию, существенно корректирующую представления о гидрогеологических особенностях вводимых в разведку площадей, установить участки разгрузки подземных вод в долине р. Кызыл, выделить тектонические нарушения, являющиеся барьером на пути подземного стока, установить наличие обособленных тектонических блоков, сложенных преимущественно некарстовыми породами. Последние обладают на порядок худшими фильтрационными свойствами и, следовательно, могут вызвать подрусловую разгрузку и общий подъем уровня грунтовых вод в пределах речной долины. Интерпретация материалов ИКТАС во многих случаях позволила установить, подтвердить или наметить ряд других литологических и тектонических границ в подстилающих аллювий кристаллических породах, имеющих принципиальное значение для оценки гидрогеологических условий поисковых площадей. В результате привлечения информации, полученной комплексом дистанционных методов, стало возможным уверенно определить участки, где необходима постановка геофизических работ, наметить конкретные площади, перспективные для размещения опытно-эксплуатационных скважин.

Геологосъемочные работы. Большой объем аэросъемочных работ для геологического картирования и поисков полезных ископаемых был выполнен в различных районах бывшего СССР как в аридных, так и в гумидных зонах с различными ландшафтными условиями. Общий вывод заключается в том, что материалы ИК-



Рис. 2. Монтаж тепловых аэроснимков (А) и аэрофотоснимков (Б) территории горного комбината:

1 — отстойник промышленных вод; 2 — дренажная канава; 3 — железная дорога. На тепловых аэроснимках видны скрытая фильтрация промышленных вод (4) из отстойника, вызывающая подтопление железной дороги (5) и промышленных сооружений (6), а также скрытая фильтрация из дренажной канавы (7). Эти процессы не отображаются на аэрофотоснимках

ТАС дают существенную дополнительную к материалам аэрофотосъемки информацию на всех стадиях геологосъемочного процесса. При этом могут решаться следующие задачи: расчленение многофазных или полифазальных интрузивных массивов; выявление древних вулканических аппаратов и куполовидных поднятий в апикальных частях скрытых гранитоидных массивов; расчленение стратифицированных образований; выделение фациально-литологических разностей покровных отложений; зон трещиноватости и отдельных разрывов, в т.ч. под чехлом рыхлых образований; зон и ареолов гидротермально-метасоматических образований; проявлений современной гидротермальной деятельности и др.

Эффективность использования ИКТАС для поисков рудных полезных ископаемых анализировалась на материалах аэросъемок рудных районов Центрального Казахстана и золоторудных объектов Магаданской области. На объектах Центрального Казахстана в качестве поискового критерия использовались проявления на материалах ИКТАС гидротермально измененных пород, отличающихся по теплофизическим свойствам от вмещающих. Это дает возможность даже в хорошо изученных районах выявлять объекты, перспективные на обнаружение рудных залежей. В некоторых районах локальные проявления гидротермальных метасоматических пород, пространственно связанные с кольцевыми структурами и перспективные на обнаружение рудного сырья, хорошо дешифрируются на материалах ИКТАС. Кольцевые структуры по нескрытым массивам гранитоидных интрузивов могут пространственно совпадать с куполовидными поднятиями в их апикальных частях, и их наличие является косвенным признаком для выделения перспективных участков. В пределах золото-

рудных объектов Магаданской области на материалах ИКТАС дешифрируются в виде кольцевых структур малого диаметра, как правило, не отражающиеся на материалах аэрофотосъемки вулканические центры (жерла, трубы взрыва). С этими структурами здесь связана золото-серебряная минерализация.

Изучение динамики геологической среды и геологические исследования. Многолетний опыт проведения ИКТАС указывает на эффективность использования ее материалов как самостоятельно, так и в комплексе с другими дистанционными материалами для геоэкологических исследований, изучения динамики геологической среды. При этом решаются следующие задачи: выявление зон повышенной влажности, подтопления, заболачивания; картирование участков засоления почв; выявление скрытого карстообразования и суффозии; установление просадок грунтов над подземными горными выработками; наблюдение за зонами, потенциально опасными в отношении оползней; выявление льдистых грунтов, термокарста; изучение криогенных процессов; прогноз крупных землетрясений и вулканической деятельности и др.

В 1991 г. на основе материалов ИК-тепловой аэросъемки выполнен комплексный анализ гидрогеологической обстановки Соколовско-Сарбайской промышленной зоны (Западный Казахстан) в связи с интенсивным техногенным воздействием промышленного комплекса на природную среду. Было установлено, что техногенное воздействие привело к изменению гидрогеологических и инженерно-геологических характеристик территории. Общая тенденция изменения гидрогеологических условий — подъем уровня грунтовых вод, а следовательно, развитие подтопления инженерных сооружений, увлажнение почвогрунтов в районах жилых за-

строек, перераспределение значительной части поверхностного стока в подземный, подпитка (а значит, и загрязнение) подземных вод водами поверхностного открытого и подповерхностного скрытого стока, утечка загрязненных вод из искусственных гидросооружений, хранилищ промышленных отходов (см. рис. 2). Прослеживаемая связь промышленных сооружений и горных выработок с гидрогеологическими процессами позволяет прогнозировать динамичную эволюцию этих процессов. Результаты выполненных исследований в пределах Соколовско-Сарбайской промзоны — пример, демонстрирующий возможности метода ИКТАС для решения геозоологических задач.

Контроль за состоянием подземных теплотрасс, выбросами промышленных и коммунальных вод в реки и водоемы. ИК-тепловая аэросъемка позволяет обнаруживать малые утечки горячих вод из городских теплотрасс. В настоящее время это единственный дистанционный метод, способный решать такие задачи, что особенно важно в городских условиях, где значительная часть территории покрыта асфальтом. Метод эффективен при глубинах заложения коммуникаций до 5 м и при диаметре трубопроводов более 100 мм. На протяжении последних 15 лет ведется регулярный контроль за состоянием теплотрасс методом ИКТАС на территории ряда городов России. Большой объем работ выполнен в Москве и Санкт-Петербурге.

Агрессивным источником загрязнения поверхностных вод являются промышленные и коммунальные

сбросы в реки и водоемы. Один из примеров эффективного использования ИКТАС для оценки сбросов промвод в водоемы — работы, проведенные на Игналинской АЭС в 1989 г. Аэросъемочные материалы позволили судить о распределении тепловых выбросов в прилегающих к Игналинской АЭС водоемах, получить представление об их реальных объемах и выявить неучтенные ранее выбросы.

Несмотря на то что в последние годы объем аэросъемочных работ резко сократился из-за сложного финансово-экономического положения страны, ГНПП «Аэрогеология» продолжает проводить ИК-тепловую аэросъемку для решения народнохозяйственных задач, совершенствования технической базы и разработки эффективных методик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шилин Б.В. Тепловая аэросъемка при изучении природных ресурсов. — Л.: Гидрометиздат, 1980.
2. Ляшенко О.В., Афанасов Ю.А., Басманов В.М. Информативность ИК-тепловой и аэрофотосъемки при геологическом картировании // Сов. геология. 1988. № 1. С. 63—68.
3. Афанасов Ю.А., Ляшенко О.В., Ромашков О.Г. Временные положения производства тепловой аэросъемки и применения ее материалов. — М.: Недра, 1989.

Геозоология

УДК 550.84

© В.В.Масленников, Н.С.Берендеев, 1995

Природные и техногенные геохимические ореолы Ямала

В.В.МАСЛЕННИКОВ, Н.С.БЕРЕНДЕЕВ

За последние 20 лет на территории Ямала обнаружены крупнейшие залежи углеводородного сырья. При их разведке и обустройстве было пробурено более 2000 скважин (до 3 км глубиной), что потребовало создания специфической инфраструктуры, включающей постройку вахтовых поселков, оборудование причалов, прокладку грунтовых дорог, карьерную добычу стройматериалов и т.д. Такая мощная антропогенная нагрузка привела к существенному изменению ландшафтного облика Ямала, выразившемуся в обширном нарушении почвенно-растительного слоя при использовании тяжелого гусеничного транспорта и повлекшему активизацию экзогенных геологических процессов (в первую очередь термокарст, термоэрозия).

В 1993 г. сотрудники ГНПП «Аэрогеология» завершили геолого-экологическое картирование территории Ямала масштаба 1:1 000 000, основная цель которого — выявление тенденций изменения окружающей среды под воздействием природных и техногенных факторов и оценка влияния таких изменений на экологическую обстановку в регионе. Важнейший аспект этих работ — геохимическое изучение ландшафтов, установление фоновых концентраций элементов, определение природной и техногенной составляющей в пределах отдельных ореолов.

Геохимическое загрязнение Ямала связано с бурением скважин и эксплуатацией различного транспорта. Химические реагенты, присадки буровых растворов, утяжелители, разнообразные виды горючесмазочных материалов при небрежном хранении и использовании загрязняют воду, почву, вызывают угнетение, а иногда

и полное уничтожение растительности, оказывают негативное воздействие на всю легко уязвимую экосистему Арктики. На многих буровых площадках брошены кучи цемента, барита и других реагентов, которые размываются дождем и разносятся ветром. На некоторых скважинах, оборудованных заглушками, отмечаются свищи газа и потеки нефти, попадающие в ближайшие водоемы. Специфика геохимических процессов Ямала обусловлена замедленным стоком поверхностных вод и избыточной увлажненностью, низкими температурами, что определяет невысокую скорость миграции элементов и длительную сохранность токсичных соединений.

Территория Ямала представляет собой плоскую однообразную равнину с абсолютными отметками 40—70 м, поросшую лириковой березой, ивой, осокой, мхом и покрытую многочисленными озерами преимущественно термокарстового происхождения. Весь полуостров входит в зону арктических тундр, лишь самый юг, где появляются островки лиственницы, ольхи относится к лесотундре. Полуостров избыточно переувлажнен, скорость течения рек 0,5—0,6 м/с.

Поверхностные отложения четвертичного возраста представлены пылеватыми льдистыми супесями, суглинками с линзами песка, гравия, торфа, льда, с редкими валунами скальных пород. Юго-западную часть района занимает склон Полярного Урала, где развиты крупноглыбовые делювиальные развалы палеозойских пород разного состава. Один из опорных участков Хадатинский расположен в горной части и охватывает массив Сыум-Кей, представляющий аллохтонную пластину гипербазитов, надвинутую с востока. Почвы в

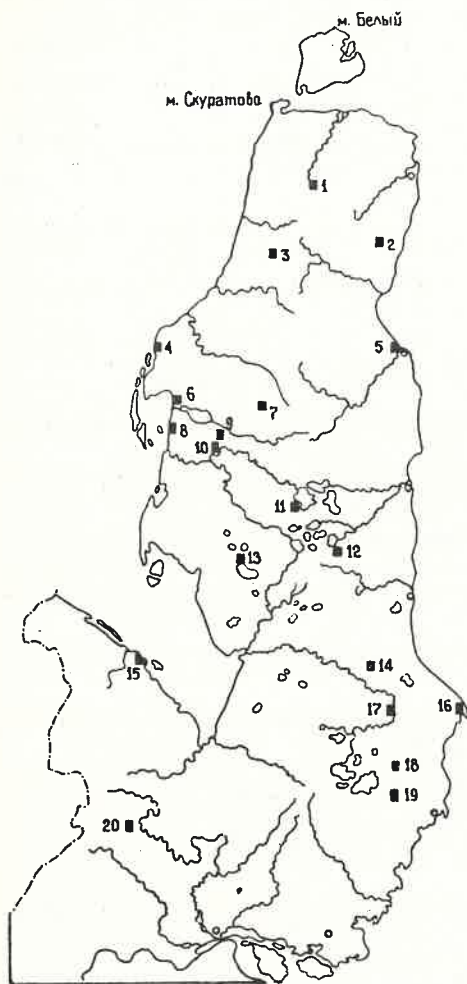


Схема расположения участков детального геохимического опробования:

1 — Малыгинский, 2 — Северо-Тамбейский, 3 — Сядорский, 4 — Харасавей, 5 — Сабетта, 6 — Тюнинто, 7 — Восточно-Бованенковский, 8 — Крузенштерновский, 9 — Северо-Бованенковский, 10 — Южно-Бованенковский, 11 — Нейтинский, 12 — Арктический, 13 — Ер-то, 14 — Байдацкий, 15 — Нурминский, 16 — Мыс Каменный, 17 — Ростовьевский, 18 — Северопортовский, 19 — Новый Порт, 20 — Хада-тинский

районе маломощные 5–10 см, преимущественно болотные, по типу тундровые, глеевые, содержание гумуса в верхнем горизонте до 6 %. На всей площади развиты многолетнемерзлые породы, причем их мощность в центральной части полуострова превышает 300 м, а к западу и востоку снижается до 100–150 м. Преобладают сильно льдистые грунты, их температура на разных участках колеблется от -1 до -7°C .

Среди экзогенных геологических процессов интенсивно проявляется термокарст, термоэрозия, термоабразия и солифлюкция. Западный берег Ямала размывается со скоростью 2 м/год, а в местах, насыщенных ископаемым льдом, до 7–10 м/год.

Воды рек и озер чистые, пресные, приятные на вкус. По составу гидрокарбонатные калий-натриевые, часто обогащены железом. Минерализация их небольшая от 0,02 до 0,09 г/л, pH изменяется от 5,5 до 7,2.

При бурении выявлены линзы межмерзлотных вод, в т.ч. криопэги с температурой до -6°C и минерализацией до 112 г/л. Подмерзлотные воды, в целом слабо

изученные, имеют преимущественно хлоридно-натриевый состав, часто соленые. В южной части территории в них установлены высокие содержания йода до 5 мг/л.

Основная антропогенная нагрузка связана с разведкой крупных газовых и газоконденсатных месторождений, представляющих собой многоэтажные залежи в юрских и меловых отложениях. Газ метановый (содержание метана на Бованенковском и Харасавейском месторождениях более 96 %), отмечаются небольшие примеси азота и углекислого газа (десятичные доли процента).

Методика геохимического изучения сводилась к детальному опробованию опорных участков, большинство из которых расположено в пределах наиболее крупных месторождений (рисунок). В начале работ была проведена аэрофотосъемка значительной части территории в масштабах 1:40 000 и 1:100 000. Дешифрирование снимков позволило определить степень антропогенного преобразования участков, типизировать ландшафты и наметить сеть опробования. Для определения фоновых концентраций проводилось опробование чистых территорий, удаленных от зон антропогенного воздействия (участки Ер-то, Байдацкий, отдельные точки по всему полуострову). Площадь опорных участков составляла 50–100 км², опробование велось по маршрутам, пересекающим все геоморфологические элементы местности — поймы рек, склоны, водораздельные и приморские равнины. Шаг опробования равнялся 0,5–1 км, в местах видимого техногенного загрязнения (возле буровых скважин, свалок, поселков) он сгущался до 50 м. Почвенные пробы отбирались с глубины 5 см из-под дерна, донные пробы — из илистых, реже песчаных фракций. В тех же местах часто брались пробы воды и растительности (большая часть листьев ивы, на отдельных участках мох). Для оценки доли аэротехногенного трансрегионального загрязнения отобрано небольшое число проб снега (8).

Кроме того, по всей территории Ямала проводились авиадесантные маршруты, сопровождавшиеся геохимическим опробованием характерных ландшафтов, что давало возможность с достаточной для данного масштаба достоверностью проинтерполировать результаты детального опробования. Для экспресс-анализа воды в полевых маршрутах использовался портативный электрохимический анализатор АКВЭЛ, позволяющий оперативно, непосредственно на месте на качественном уровне определять содержание растворенной органики и тяжелых металлов. Во всех точках отбора проб измерялась радиоактивность прибором СПР-68.

Пробы почвы, донных отложений, растительности и сухой остаток воды отправлялись на полуколичественный спектральный анализ. Часть проб анализировалась количественными методами (атомно-абсорбционным, нейтронно-активационным) для определения содержания ртути, серы, стронция и др.

В табл. 1 приведены средние содержания элементов, распределение которых определяет основные черты геохимического поля Ямала. При интерпретации результатов сопоставлялись полученные значения с кларками и предельно допустимыми концентрациями (ПДК) элементов, которые брались работы В.В.Иванова «Экологическая геохимия элементов» (1994).

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод о том, что отмеченные на многих участках повышенные концентрации хрома, никеля и кобальта обусловлены природными процессами и связаны с формированием четвертичных отложений Ямала за счет размыва пород Полярного Урала, в составе которых много гипербазитовых разностей (Войкаро-Сынынский массив, массивы Рай-Из и др.). Наоборот, аномалии бария, стронция, свинца, цинка и меди имеют техногенное происхождение и приурочены преимущественно к буровым площадкам, где брошены мешки с цементом, глиной и различными реагентами, геохимические особенности которых полностью аналогичны отмечаемым аномалиями. Содержания хрома, никеля, кобальта в таких околоскважинных ореолах остаются на уровне фоновых, и такая независимость от техногенных источ-

1. Средние содержания элементов в растительности (числитель) и почве (знаменатель) по результатам спектрального полук количественного анализа проб с детальных участков, %

Участки	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	Ba	Sr	Число проб, $\frac{\text{раст}}{\text{почва}}$	Примечание
Малыгинский	0,0166 0,0014	0,733 0,0049	0,005 0,0027	0,0056 0,0014	0,0043 0,0016	0,002 0,009	0,120 0,163	0,040 0,0143	3 82	На некоторых буровых площадках проведена рекультивация
Северо-Тамбейский	0,020 0,001	0,500 0,005	0,0018 0,003	0,003 0,0013	0,0015 0,0013	0,0024 0,0091	0,027 0,0933	0,023 0,0116	14 42	То же
Сядорский	0,021 0,001	0,680 0,0052	0,0022 0,0032	0,0034 0,0015	0,0022 0,0015	0,0008 0,010	0,050 0,128	0,033 0,013	11 35	—
Харасавей	0,013 0,0031	0,017 0,0151	0,0058 0,0153	0,0053 0,008	0,0017 0,0024	0,0072 0,058	0,294 0,323	0,040 0,137	12 138	Сильно нарушен
Сабетта	0,021 0,001	0,230 0,0026	0,0011 0,0016	0,004 0,0036	0,0029 0,0011	0,008 0,163	0,100 0,039	0,076 0,008	16 67	Поселок и его окрестности
Тюринто	0,022 0,0013	0,076 0,0079	0,008 0,0028	0,0056 0,0055	0,0025 0,002	0,002 0,084	0,017 0,082	0,070 0,015	38 63	Малонарушенный участок
Восточно-Бованенковский	0,0188 0,0025	0,2385 0,0103	0,0064 0,0025	0,0094 0,0065	0,0026 0,0028	0,0012 0,030	0,097 0,289	0,091 0,021	32 28	—
Крузенштерновский	0,014 0,001	0,049 0,0061	0,0045 0,0027	0,0044 0,0086	0,0024 0,0019	0,0055 0,200	0,062 0,068	0,060 0,010	31 48	Относительно чистый участок
Северо-Бованенковский	0,0225 0,0018	0,153 0,006	0,0091 0,0045	0,0095 0,0046	0,003 0,002	0,002 0,103	0,090 0,411	0,086 0,123	36 120	Сильно нарушен
Южно-Бованенковский	0,012 0,0036	0,027 0,0105	0,0045 0,0052	0,0053 0,0051	0,0024 0,0021	0,0069 0,0845	0,080 0,328	0,0535 0,171	20 32	Сильно нарушен, загрязнен
Нейтинский	0,023 0,0016	0,260 0,0094	0,0015 0,0153	0,0053 0,0038	0,006 0,0013	0,0011 0,082	0,090 0,185	0,080 0,0146	33 49	—
Арктический	0,021 0,0017	0,183 0,0163	0,0018 0,0116	0,0048 0,0037	0,0052 0,0014	0,0008 0,092	0,101 0,151	0,096 0,052	35 55	—
Ер-то	0,014 0,001	0,235 0,0038	0,002 0,0026	0,010 0,0012	0,0037 0,0014	0,0017 0,0089	0,080 0,046	0,046 0,009	36 47	Чистый ненарушенный участок
Байдарацкий	0,010 0,0013	0,058 0,0061	0,0083 0,0025	0,0043 0,0055	0,0018 0,0013	0,0073 0,062	0,021 0,074	0,053 0,011	15 82	Участок малонарушенный
Нурминский	0,010 0,0013	0,400 0,0144	0,002 0,0065	0,007 0,002	0,0023 0,002	0,001 0,010	0,086 0,161	0,057 0,033	8 51	—
Мыс Каменный	0,012 0,001	0,086 0,0044	0,004 0,0018	0,0032 0,0033	0,0017 0,0013	0,0033 0,085	0,054 0,075	0,050 0,015	15 23	Поселок и его окрестности
Ростовьевский	0,015 0,0025	0,140 0,0158	0,004 0,0219	0,012 0,0061	0,0074 0,0016	0,0016 0,061	0,130 0,289	0,080 0,039	29 33	Сильно нарушен, много скважин
Северопортковский	0,0108 0,0012	0,254 0,005	0,0015 0,0027	0,0073 0,0011	0,0034 0,0012	0,0007 0,0067	0,095 0,080	0,045 0,035	12 49	—
Новый порт	0,014 0,0022	0,020 0,0126	0,0022 0,005	0,0024 0,007	0,0015 0,0019	0,005 0,149	0,070 0,118	0,084 0,024	18 174	Много скважин, из которых считается нефть
Хадатинский	0,027 0,0021	0,190 0,0109	0,019 0,0025	0,015 0,055	0,0043 0,012	0,016 0,160	0,068 0,057	0,039 0,010	28 82	Выходы гипербазитов

Примечание. На участках Харасавей, Крузенштерновский, Южно-Бованенковский, Байдарацкий, Мыс Каменный отбирался мох, на всех остальных — листья ивы.

ников подтверждает вывод об их естественном распределении.

В процессе работ было опробовано 120 буровых площадок, на которых вокруг устья скважин обнаружены незарастающие пятна засохшего шлама радиусом 30—40 м, где всегда отмечаются высокие содержания Ва 3—5 %, S до 6 %, Sr 0,5—1 %, Cu, Pb и Zn десятки доли процента. Судя по маркировке тары, реагенты поступили из разных мест (с Дальнего Востока, из Турции, Италии и т.д.) и, по-видимому, с местными особенностями сырья связаны некоторые вариации в со-

ставе отдельных аномалий. Иногда появляются высокие значения Cd до 0,005 %, Hg $5 \cdot 10^{-3}$ %, в других случаях фиксируются большие количества Mo до 0,003 %, часто встречаются повышенные содержания Ag 6—10 г/т. Возле скважин измерялась радиоактивность прибором СПР-68, показания которого во всех случаях не превышали 8—12 мкР/ч.

Аномалии оконтуривались с учетом результатов дешифрирования аэрофотоснимков, поскольку иногда на них (особенно на спектрзональных) можно выявить индикаторы геохимического заражения местности.

2. Содержания элементов в пробах воды по данным нейтронно-активационного анализа, мг/л

Номер пробы	Hg	Cd	Cu	Cr	Место отбора — участок
4-85	0,03	0,4	0,03	0,1	Сабетта
3-113	0,1	0,5	0,02	0,1	Ростовьевский
3-119/14	0,017	0,03	0,02	0,06	«
3-97	0,09	0,02	0,02	0,06	«
3-72/6	0,1	0,5	0,02	0,1	Восточно-Бованенковский
3-64	0,06	0,08	0,07	0,26	«
7-71	0,0024	0,12	0,05	0,04	Северо-Бованенковский
7-87/1	0,018	0,05	0,03	0,1	«
7-168	0,004	0,12	0,09	0,02	Нейтинский
7-202	0,009	0,04	0,03	0,1	«
7-208	0,06	0,05	0,05	0,12	«
7-192	0,04	0,03	0,02	0,07	«
IV-97	0,015	0,4	0,4	0,4	Новый Порт
4В-23	0,05	0,03	0,02	0,08	Обская губа, возле пос. Янтиксале
4В-26	0,03	0,04	0,04	0,12	То же, возле пос. Сеяха
ПДК элементов в воде мг/л	0,0005	0,001	1,0	0,05	

Контуры техногенных аномалий вытянуты вдоль направления стока, в почвах повышенные концентрации элементов фиксируются на расстоянии 200—300 м, в донных отложениях ближайших рек и озер они устанавливаются на удалении 500—600 м. На только что пробуренных скважинах аномалии небольшие, но весьма контрастные. С течением времени концентрации снижаются, но зато увеличиваются размеры ореолов. Если средние площади техногенной аномалии вокруг одной скважины составляют 0,4—0,5 км², то общая площадь загрязнения на Ямале, даже без учета территорий поселков, многочисленных грунтовых дорог, где часто встречаются точечные геохимические аномалии, составит более 1000 км².

Во всех озерах, вблизи буровых площадок отмечается повышенное содержание органики (часто видны радужные пленки нефтепродуктов), а в донных отложениях отмечается тот же набор элементов, что и на буровых, хотя здесь их концентрации несколько ниже. Часть водных проб, в которых анализатором АКВЭЛ в поле зафиксированы аномалии тяжелых металлов отправля-

лись в лабораторию для количественного определения элементов нейтронно-активационным методом. Результаты этих определений приведены в табл. 2, из которой видно, что содержания ртути и кадмия в некоторых пробах превышают ПДК в десятки и даже сотни раз.

В листьях ивы отмечаются высокие содержания цинка, причем иногда (участки Малыгинский, Сядорский, Нурминский) они достигают значений, которые указываются как избыточные, токсичные (В.В.Иванов, 1994). Коэффициент биологического поглощения цинка в листьях ивы очень велик (до 150), в лишайниках и мхах аналогичный показатель существенно ниже и составляет всего 8—10. Самый низкий коэффициент характерен для хрома — всего сотые, редко десятые доли единицы.

На содержание ртути было проанализировано 379 проб растений. В 248 пробах содержание металла оказалось ниже чувствительности анализа $2 \cdot 10^{-6}\%$, в 109 — концентрации составляют $4 \cdot 10^{-6}\%$, а 22 (из них 14 с Южно-Бованенковского участка) содержат повышенные концентрации до $6 \cdot 10^{-5}\%$.

Сухой остаток водных проб во всех случаях отличается высоким содержанием цинка (десятые доли процента), что указывает на преобладающее распространение этого элемента в подвижных формах. В пробах с участков Южно- и Северо-Бованенковское, Ростовьевский примечательны высокие содержания бария (до 0,86 %), в десятки раз превышающие этот показатель других районов.

В целом из табл. 1 видно — наиболее загрязненные участки Харасавейский и Бованенковский, что можно было предполагать, учитывая, что названные месторождения самые крупные и на них пробурено самое большое число скважин (165 и 750 соответственно). Это же согласуется с данными дешифрирования аэрофотоснимков, по которым здесь устанавливается очень высокая степень механического нарушения ландшафтов (более 50 %) и сильная захламленность территории бытовыми и производственными отходами.

Что касается геохимических особенностей природных ландшафтов, то, в первую очередь, выделяется участок Хадатинский, где на поверхность выходят гипербазиты и во всех средах отмечаются повышенные содержания хрома, никеля и кобальта. Например, в сухом остатке воды содержание никеля в 50 раз выше, чем в аналогичных пробах других участков. На остальной территории Ямала, где ландшафты относительно однообразны, существенной разницы в их геохимических характеристиках не заметно. Болотистые низины с мощными покрывками торфа отличаются некоторым повышением концентраций тяжелых металлов и редких элементов (ниобия, иттрия, иногда германия). В отдельных пробах с пляжей приморских равнин и береговых отмелей озер зафиксированы относительно высокие содержания титана, хрома, иногда церия, что связано с естественным обогащением осадков прибойной зоны сфеном, монацитом и др.

Анализ небольшого числа снеговых проб показал, что интенсивность аэрогенного загрязнения Ямала невелика и составляет всего около 100 кг/км² за зимние месяцы. Однако надо обратить внимание на очень высокие концентрации цинка в пылевой фракции снега, достигающие 3 %. Ограниченное число проб не позволяет делать каких-либо общих выводов, но этот факт требует дальнейшего изучения с целью полной оценки геохимической ситуации в регионе.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «АЭРОГЕОЛОГИЯ»

Телефоны: 954-16-50, 952-40-47

Телеграф: Москва, «Прииск»

Телекс: 411700 Можжев 002045

Телефакс: 9520382 «Аэрогеология»

Основные направления деятельности

- ☐ региональные геологические исследования
- ☐ прогнозирование и поиски нефти, газа, алмазов, золота и других полезных ископаемых
- ☐ изучение шельфа
- ☐ геоэкологические исследования
- ☐ тематическая обработка аэрокосмической информации

«Аэрогеология» производит также

- ☐ изучение физических основ дистанционного зондирования Земли
- ☐ разработку технических средств и методов аэросъемки
- ☐ специализированные аэросъемки в инфракрасном тепловом и радиоволновом диапазонах, высотную и многозональную аэросъемки

Предприятие предлагает заинтересованным российским и зарубежным организациям содействие в изучении геологического строения и природных ресурсов Земли

По желанию Заказчика «Аэрогеология» готова провести

- ☐ геологическую съемку, космофото- и аэрофотогеологическое картирование м-бов 1:1 000 000 – 1:50 000, геолого-минералогическое картирование м-бов 1:200 000 – 1:50 000, составление карт новейшей геодинамики и сейсмотектонических карт м-бов 1:1 000 000 – 1:200 000
- ☐ дистанционное геохимическое прогнозирование рудных и нефтяных месторождений по принципиально новой технологии
- ☐ поиски потенциально рудоносных участков, современных россыпей, месторождений алмазов кимберлитового и лампроитового типов
- ☐ ИК-тепловую, многозональную и радиолокационную аэросъемки
- ☐ фотограмметрические работы по материалам аэро- и космических съемок, все виды черно-белой и цветной фотопечати, подготовку к изданию и печать офсетным способом многокрасочной графики геологического содержания

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «АЭРОГЕОЛОГИЯ»

«Аэрогеология» предлагает также содействие в проведении широкого спектра геолого-экологических исследований: геолого-экономического картирования м-бов 1:1 000 000 – 1:25 000 и аэрокосмического мониторинга геологической среды в районах интенсивной хозяйственной деятельности и перспективного освоения, на территориях проявлений катастрофических геологических процессов, размещения крупных городских агломераций, горных и нефтедобывающих комплексов, крупных инженерных сооружений (АЭС, ГЭС и др.), а также в районах интенсивной мелиорации и рекультивации, освоенных побережий морей и крупных водохранилищ

Предприятие располагает парком современной и оригинальной аппаратуры и вычислительной техники, с помощью которой для Заказчика может быть проведена обработка аэрокосмических материалов с целью увеличения извлекаемой полезной информации, повышения геологической эффективности исследований и автоматизированного построения карт геологического содержания

«Аэрогеология» владеет большим фондом уникальных аэрофотоматериалов, а также космических съемок территории России и некоторых зарубежных стран

«Аэрогеология» выполняет разработку рекомендаций по изучению отдельных регионов, продажу лицензий и ноу-хау, обучение специалистов Заказчика

Наш полувековой опыт, актуальные научные концепции, эффективные методики и технологии, оригинальные приборные комплексы

— ЭТО ЗАЛОГ ВАШЕГО УСПЕХА!

- Mozhaev B.N.*
Aerogeologia enterprise celebrates its 50/year anniversary 3

ENERGY RESOURCES

- Bashilov V.I., Kuprin V.F.*
Relationship between deposits and occurrences of oil and gas with Timano/Pechorski oil/gas basin's rupture dislocations 16
- Mozhaev B.N., Mozhaeva V.G., Sidorov V.A., Zlobin E.L., Feoktistov A.A.*
Interpretation of materials provided by infra/red thermal airborne survey over Tengiz oil deposit 21
- Antsyforov A.I., Golovchenko Yu.V., Chernova I.V.*
Qualitative prediction of oil/gas content based on materials of space satellite imagery 26
- Afanas'ev N.F.*
Compositional coding of geological information during satellite/airborne geological mapping of oil/gas areas 32

REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

- Tkachenko V.I., Berezner O.S.*
Late Riphean terrigenous/volcanogenic complex of Eastern Priokym'e 37
- Volchegurski L.F., Vladimirova T.V., Kapustin I.N., Natapov L.M.*
Evolution of Pricaspian depression, North Caspian basin, in Median/Late Paleozoic 44

- Natapov L.M., Surmilova E.P.*
Position and nature of Okhotski massive 49
- Galabala R.O.*
New genetic types of Quaternary deposits 53
- Ananchenko A.D., Ovechkin V.N.*
Geoindication studies during solution of prospecting and environmental tasks 57

MINERALOGY, PETROGRAPHY, LITHOLOGY

- Natapov L.M., Rodnov Yu. N., Belkina I.L.*
New approach to mineralogical maps compilation 60
- Shakhov G.P.*
Interrelation between calcifites and magnesite quartzites with pyroxenites as an evidence of fractional crystallisation of magma 65

GEOPHYSICS AND DEPTH STRUCTURE

- Afanasov Yu.A., Voevoda V.M.*
Results of infra/red thermal airborne survey application in geological studies 69

GEOECOLOGY

- Maslennikov V.V., Berendeev N.S.*
Natural and technogene geochemical haloes of Yamal 72

