



АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ

AEROSPACE METHODS IN GEOLOGY



Пермь 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ

Сборник научных статей

Выпуск 3

Под общей редакцией И. С. Копылова



Пермь 2021

УДК 528.8+550.8
ББК 26.3
А992

Аэрокосмические методы в геологии [Электронный ресурс]:
А992 сборник научных статей / под общ. ред. И. С. Копылова ; Пермский
государственный национальный исследовательский университет. –
Пермь, 2021. – Вып. 3. – 36 Мб; 368 с. – Режим доступа:
[http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/aerokosmicheskie-metody-
v-geologii-2021.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/aerokosmicheskie-metody-v-geologii-2021.pdf). – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3340-1

ISBN 978-5-7944-3754-6 (вып. 3)

Сборник содержит статьи по материалам III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Аэрокосмические методы в геологии», состоявшейся 7 декабря 2020 г. на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета. Рассматриваются проблемы и перспективы применения современных аэрокосмических методов в геологии и других науках о Земле, аэрокосмогеологический анализ как комплексный метод решения геологических, геоэкологических, гидрогеологических, инженерно-геологических проблем, задач региональной, поисковой и нефтегазовой геологии.

Издание предназначено для геологов широкого профиля, географов и других специалистов по исследованию недр Земли и окружающей среды, а также для студентов, изучающих естественнонаучные дисциплины.

УДК 528.8+550.8
ББК 26.3

*Печатается по решению ученого совета геологического факультета
Пермского государственного национального исследовательского университета*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д. г.-м. н. И.С. Копылов (главный редактор), к. г.-м. н. В.В. Голдырев,
PhD О.Н. Ковин, к. т. н. А.В. Коноплев, д. г.-м. н. П.А. Красильников,
д. г.-м. н. В.А. Наумов, д. г.-м. н. О.Б. Наумова, к. г.-м. н., А.Г. Попов,
д. б. н. М.В. Рогозин, к. г.-м. н. А.С. Сунцев

ISBN 978-5-7944-3340-1
ISBN 978-5-7944-3754-6 (вып. 3)

© ПГНИУ, 2021

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
RUSSIAN FEDERATION
PERM STATE UNIVERSITY

AEROSPACE METHODS IN GEOLOGY

Series of scientific article

(issue 3)

Dr. I.S. Kopylov (editor)



Perm 2021

UDC 528.8+550.8
LBC 26.3
A992

Aerospace methods in geology: Series of scientific article.
A992 Ed. I.S. Kopylov, Perm State University, Perm, 2021. 368 p.

ISBN 978-5-7944-3340-1
ISBN 978-5-7944-3754-6 (issue 3)

An issue of Series of scientific articles on Materials of III All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Aerospace Methods in Geology", held on December 7, 2020 in the Geological Department of Perm State University.

The problems and prospects of applying modern aerospace methods in geology and other Earth sciences, aerospace and geological analysis, as a complex method for solving geological, geoecological, hydrogeological, engineering and geological problems, regional, exploratory and oil and gas geology are considered.

For geologists of a wide profile, geographers and other specialists in the study of the bowels of the Earth and the environment, as well as for students of Natural Sciences programs.

UDC 528.8+550.8
LBC 26.3

Published is confirmed by the Scientific Board of the Faculty of Geology of Perm State University

EDITORIAL BOARD

Dr. I.S. Kopylov (editor), Cand. V.V. Goldyrev, PhD O.N. Kovin,
Cand. A.V. Konoplev, Dr. P.A. Krasilnikov, Dr. V.A. Naumov, Dr. O.B. Naumova,
Cand. A.G. Popov, Dr. M.V. Rogozin, Cand. A.S. Suntsev

ISBN 978-5-7944-3340-1
ISBN 978-5-7944-3754-6 (issue 3)

© Perm State University, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА	13
И.С. Копылов АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БОРТОВЫХ ЗОНАХ ККСП И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ ПАЛЕОШЕЛЬФА.....	13
И.С. Копылов МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ЗОН НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ.....	43
И.С. Копылов МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ЛИНЕАМЕНТНО- ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО И МОРФОНЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ПОИСКОВ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР	56
И.С. Копылов МЕТОДОЛОГИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПО АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ДЛЯ ПОИСКОВ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР (НА ПРИМЕРЕ ПОНОМАРЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ, КАМСКИЙ СВОД).....	68
И.С. Копылов, А.В. Коноплев, В.А. Наумов, В.В. Голдырев, В.Н. Брюхов СОЗДАНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СОПУТСТВУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ.....	96
Е.Ю. Ликутков ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПЕРЕКОСОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАК ЧАСТЬ МЕТОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ.....	103
М.В. Рогозин ГИПОТЕЗА «ТОНКИХ» ЭНЕРГИЙ ЗЕМЛИ: ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ НОВОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	116

Е.М. Шемякина, К.А. Воробьев СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	134
ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	139
Е.Н. Барсуков АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОИСКОВ УРАНА НА ЗАПАДЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ...	139
В.Н. Голдырев, А.Г. Горковец АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ВАЛУНИСТОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЛИСТ Q-60 – АНАДЫРЬ).....	148
И.Д. Дейкин АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ С ПЕРСПЕКТИВАМИ ПОИСКОВ ЗОЛОТА НА КРЕМОВОЙ ПЛОЩАДИ (ЧУКОТКА).....	158
И.С. Копылов ОБОСНОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО, ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО И АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ МАСШТАБА 1:200 000 НА КРАСНОКАМСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЛИСТЫ О-40-ХІV, О-40-ХХ).....	169
В.А. Кузнецов, В.В. Попов О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ЗОЛОТА В КРАСНОВИШЕРСКОМ РАЙОНЕ	180
Е.В. Лунегова, М.Н. Худякова АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ РУДНОГО ЗОЛОТА НА АЯХТИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ).....	186
А.О. Устинов АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ.....	194

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РЕГИОНАЛЬНОЙ И НЕФТЕГАЗОПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ.....	204
M.D. Ali, I.S. Kopylov LINEAMENT-GEODYNAMIC ANALYSIS OF THE REPUBLIC OF SOMALIA FOR OIL AND GAS SEARCH.....	204
А.А. Васькина, М.С. Липова, Ю.С. Майор, А.А. Подосёнова, Е.И. Фролова АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ КУДЫМКАРСКОГО РАЙОНА (ЛИСТ О-40-VII).....	217
И.С. Копылов КРУПНОМАСШТАБНЫЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА НОВОГУБАХИНСКОМ ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ.....	224
А.Д.Перевощикова, Д.М.Бобров АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УСИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КОМИ.....	253
К.И. Софронова, А.В. Васильева, М.С. Ускова ЛАНДШАФТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ	262
Р.Р. Фахртдинов, А.Э. Рахимов АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ГАГАРИНСКОГО И УТЕВСКОГО ПОДНЯТИЙ (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	274
ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ, ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ.....	280
С.Н. Гладких АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	280
Е.В. Дробинина ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ GOOGLE EARTH ENGINE ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДЕЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР.....	289

В.О. Коньшин ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИБИРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ.....	295
И.С. Копылов ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В РАЙОНЕ КОНДЕНСАТОПРОВОДА УРЕНГОЙ – СУРГУТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	307
И.С. Копылов ПРОВЕДЕНИЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН ТЕРРИТОРИИ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ ЧАЙКОВСКИЙ» (СОЛИКАМСК - КИЗЕЛ - УСЬВА).....	316
И.С. Копылов, А.Н. Сафенрейтор ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ПО СТЕПЕНИ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БАШКИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ (ОКТЯБРЬСКИЙ – УФА – КУМЕРТАУ).....	327
С.М. Костарев ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ ТАНЬПСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ).....	338
М.В. Рогозин БЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ РАСТЕНИЙ МАЛЫЕ ГЕОАКТИВНЫЕ ЗОНЫ И СТРУКТУРА ИХ СЕТЕЙ	348
Т.В. Федоров РЕГИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ Г. СОЛИКАМСКА).....	356
Е.М. Шемякина, К.А. Воробьев КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	363

CONTENTS

Page

THEORETICAL, METHODOLOGICAL AND HISTORICAL ASPECTS OF STUDYING EARTH FROM SPACE.....	13
I.S. Kopylov ANALYSIS AND GENERALIZATION OF RESULTS AEROSPACE GEOLOGICAL RESEARCH IN THE BOARD ZONES OF THE KAMA-KINEL SYSTEM OF TROUGHS AND ADJACENT AREAS OF THE PALEOSHELPH	13
I.S. Kopylov METHODOLOGICAL APPROACH TO CONDUCTING AEROSMO- GEOLOGICAL RESEARCHES TO IDENTIFY GEODYNAMIC HAZARDOUS ZONES ON THE ROUTES OF OIL AND GAS PIPELINES....	43
I.S. Kopylov METHODOLOGICAL APPROACH TO CONDUCTING LINEAMENT- GEODYNAMIC AND MORPHONEOTECTONIC ANALYSIS IN THE CENTRAL PART OF THE KRASNOYARSK REGION FOR ESTIMATING GEODYNAMIC ACTIVITY AND SEARCHING FOR OIL STRUCTURES...	56
I.S. Kopylov METHODOLOGY OF LANDSCAPE-GEODYNAMIC ANALYSIS ON AEROSMOGEOLOGICAL RESEARCH FOR SEARCHING FOR OIL AND GAS PERSPECTIVE STRUCTURES (ON THE EXAMPLE OF PONOMAREVSKAYA SQUARE, KAMSKY VAULT).....	68
I.S. Kopylov, A.V. Konoplev, V.A. Naumov, V.V. Goldyrev, V.N. Bryukhov ESTABLISHING A DISTANCE BASE FOR THE PERM KRAI TERRITORY FOR FORECASTING AND SEARCHING FOR GENERAL MINERALS AND RELATED MINERALS AND ELEMENTS.....	96
E.Yu. Likutov DECODING SIGNS OF TECTONIC DISTORTIONS OF THE EARTH'S SURFACE AS PART OF THE METHODOLOGICAL SYSTEM THEIR IDENTIFICATION	103
M.V. Rogozin THE HYPOTHESIS OF THE "SUBTLE" ENERGIES OF THE EARTH: TOUCHES TO THE PORTRAIT OF A NEW DIRECTION OF RESEARCH...	116
E.M. Shemyakina, K.A. Vorobyev THE CURRENT STATE AND PROSPECTS OF USING REMOTE METHODS TO IDENTIFY AND MONITOR HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES.....	134

APPLICATION OF AEROSPACE METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF GEOLOGICAL MAPPING AND SEARCHING FOR SOLID MINERALS.....	139
E.N. Barsukov ANALYSIS OF THE PROSPECTS OF APPLICATION OF AEROSPACE METHODS FOR SEARCHING FOR URANIUM IN THE WEST OF PERM KRAI.....	139
V.N. Goldyrev, A.G. Gorkovets AEROSPACE ANALYSIS OF GOLD-SILVER MINERALIZATION OF THE VALUNISTOE ORE FIELD (SHEET Q-60 - ANADYR).....	148
I.D. Deikin AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS WITH PROSPECTS FOR SEARCHING FOR GOLD IN THE KREMOVAYA SQUARE (CHUKOTKA)	158
I.S. Kopylov SUBSTANTIATION OF GEOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL, GEOECOLOGICAL AND AEROCOSMOGEOLOGICAL MAPPING OF 1: 200,000 SCALE ON KRASNOKAMSKAYA AREA (SHEETS O-40-XIV, O-40-XX)	169
V.A. Kuznetsov, V.V. Popov ON THE PROSPECTS OF SEARCHING FOR GOLD IN THE KRASNOVISHERSK DISTRICT AND WITH THE USE OF AEROSPACE METHODS.....	180
E.V. Lunegova, M.N. Khudyakova AEROCOSMOGEOLOGICAL RESEARCH IN SEARCHING FOR ORE GOLD IN AYAKHTINSKAYA AREA (KRASNOYARSKY KRAI).....	186
A.O. Ustinov AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS OF GOLD DEPOSITS OF DIFFERENT TYPES.....	194
APPLICATION OF AEROSPACE METHODS TO SOLVE PROBLEMS OF REGIONAL AND OIL AND GAS PROSPECTING GEOLOGY.....	204
M.D. Ali, I.S. Kopylov LINEAMENT-GEODYNAMIC ANALYSIS OF THE REPUBLIC OF SOMALIA FOR OIL AND GAS SEARCH.....	204

A.A. Vaskina, M.S. Lipova, Yu.S. Major, A.A. Podosyonova, E.I. Frolova AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE KUDYMKAR DISTRICT (SHEET O-40-VII).....	217
I.S. Kopylov LARGE-SCALE AEROCOSMOGEOLOGICAL OIL AND GAS RESEARCH AT THE NOVO-GUBAKHINSKY LICENSE AREA.....	224
A.D. Perevoshchikova, D.M. Bobrov AEROSPACE-GEOLOGICAL ANALYSIS FOR IDENTIFICATION OF PROSPECTIVE ZONES OF OIL DEPOSITS OF THE USINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF KOMI.....	253
K.I. Sofronova, A.V. Vasilieva, M.S. Uskova LANDSCAPE CHARACTERISTICS OF THE REMOTE BASE AND AEROSPACE ANALYSIS OF THE TERRITORY OF UDMURTIA.....	262
R.R. Fakhrtdinov, A.E. Rakhimov AEROSPACE ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE GAGARINSKY AND UTEVSKY RISE (SAMARA REGION).....	274
APPLICATION OF AEROCOSMIC METHODS FOR SOLVING THE TASKS OF ENGINEERING GEOLOGY, HYDROGEOLOGY, GEOECOLOGY, GEOGRAPHY, BIOLOGY	280
S.N. Gladkikh AEROSPACE MONITORING IN ENVIRONMENTAL RESEARCH.....	280
E.V. Drobinina EXPERIENCE OF USING THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM TO ASSESS THE THERMOKARST LAKES AREAS.....	289
V.O. Konshin ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SIBERIAN OIL FIELD BY AEROSPACE METHODS.....	295
I.S. Kopylov ASSESSMENT OF ECOLOGICAL-ENGINEERING-GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS AND GEODYNAMIC ACTIVITY OF WESTERN SIBERIA IN THE DISTRICT OF THE URENGOY - SURGUT CONDENSATION PIPELINE WHEN CONDUCTING AEROSMOGEOLOGICAL RESEARCH	307

I.S. Kopylov CONDUCTING AEROSMIC AND GEOLOGICAL RESEARCHES TO IDENTIFY GEODYNAMIC ACTIVE ZONES OF THE TERRITORY OF TRANSPORT GAS PIPELINES LLC "GAZPROM TRANSGAZ TCHAIKOVSKY" (SOLIKAMSK -KIZEL - USVA).....	316
I.S. Kopylov, A.N. Safenreyto ASSESSMENT AND ZONING BY THE DEGREE OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL COMPLEXITY OF THE TERRITORY OF THE BASHKIR RAILWAY (OKTYABRSKY - UFA - KUMERTAU	327
S.M. Kostarev APPLICATION OF AEROSPACE METHODS TO SOLVE GEOECOLOGICAL PROBLEMS IN OIL PRODUCTION AREAS (ON THE EXAMPLE OF THE TANYP FIELD).....	338
M.V. Rogozin PLANT-FRIENDLY SMALL GEOACTIVE ZONES AND THE STRUCTURE OF THEIR NETWORKS	348
T.V. Fedorov REGIONAL AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS IN THE CENTRAL PART OF THE VERKHNEKAMSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT (EASTERN PART OF SOLIKAMSK).....	356
E.M. Shemyakina, K.A. Vorobyev SPACE MONITORING OF THE GEOECOLOGICAL CONDITION OF THE OIL AND GAS FIELDS UNDER DEVELOPMENT TERRITORY IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION.....	363

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

THEORETICAL, METHODOLOGICAL AND HISTORICAL ASPECTS OF STUDYING EARTH FROM SPACE

УДК 553.98: 528.8

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БОРТОВЫХ ЗОНАХ ККСП И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНАХ ПАЛЕОШЕЛЬФА

Проведены анализ и обобщение нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований в Пермском Приуралье в бортовых зонах Камско-Кинельской системы прогибов и сопредельных районах палеошельфа. Дана краткая характеристика основных результатов по прогнозируемым локальным объектам на нефть и газ.

Ключевые слова: нефть и газ, аэрокосмогеологические исследования, космические снимки, дешифрирование, тектонические структуры, ландшафтные аномалии, линеаменты, геодинамическая активность, Приуралье.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

ANALYSIS AND GENERALIZATION OF RESULTS AEROSPACE GEOLOGICAL RESEARCH IN THE BOARD ZONES OF THE KAMA-KINEL SYSTEM OF TROUGHS AND ADJACENT AREAS OF THE PALEOSHELPH

The analysis and generalization of oil and gas exploration aerospace geological researches in the Perm Urals in the side zones of the Kama-Kinell system of troughs and adjacent areas of the paleoshelf. A brief description of the main results for predicted local oil and gas facilities is given.

Keywords: oil and gas; remote sensing geological studies, satellite images, interpretation, tectonic structures, landscape anomalies, lineaments, geodynamic activity, Urals.

Камско-Кинельская система прогибов (ККСП) – структура, образовавшаяся во франском веке позднего девона на обширной территории Волго-Уральской провинции, выделяется по отложениям верхнего девона-нижнего карбона, включает три структурно-фациальные зоны: центральную, бортовую и сводовую [1, 23, 25].

В последнее время ККСП, рассматривается, как структура, сформированная в результате палеотектонических процессов с соответствующим распределением мелководных и глубоководных фаций, впоследствии измененную в результате реактивации разломов фундамента. Поднятия бортовой зоны, принимаемые за рифовые массивы, по-видимому, являются горстовидными структурами приразломных зон [2]. Данные структуры достаточно уверенно отражаются в осадочном чехле морфоструктурами и ландшафтными аномалиями, выделяемыми по аэрокосмогеологическим исследованиям (АКГИ), большая часть их выражается в геофизических полях [7, 10, 11].

Цель исследований – провести анализ и обобщение нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований в Пермском Приуралье в бортовых зонах Камско-Кинельской системы прогибов и сопредельных районах палеошельфа.

Территория исследований охватывает северную и центральную часть Висимской впадины и прилегающие к ней участки северо-восточной части Камского свода, северо-западной части Соликамской депрессии; северную, восточную и южную части Пермского свода и часть Верхнекамской впадины на Ножовском выступе. Общая площадь составляет 14,6 тыс. км².

Анализ изученности аэрокосмогеологических исследований

История проведения нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований в Пермском Приуралье изложена подробно в работах [7, 11, 17]. Основные виды исследований были структурное, геологическое, геоморфологическое (и их комбинации) дешифрирование аэрофотоснимков (АФС) и космических снимков (КС) с выделением разномасштабных линейных объектов – тектонических линеаментов и площадных тектоногенных (и других) объектов – морфоструктур, ландшафтных аномалий с целью уточнения геологического строения, общей оценки перспектив нефтегазоносности, локального прогнозирования углеводородов, решения задач лицензирования [3-24].

Рассматриваемая территория изучена по региональным АКГИ (масштаб 1:500 000) в северной части, по регионально-зональным (масштаб 1:200 000) в западной и южной частях, по зональным АКГИ (масштаб 1:100 000) – в северной части. Детальными АКГИ (масштаб 1:25 000-1:50 000) северная половина территории изучена в южной части практически полностью и фрагментарно (в целом на 30 %) – в северной части. Южная половина изучена слабо – лишь детальными работами в самой северной и юго-западной частях (рис. 1, табл. 1).

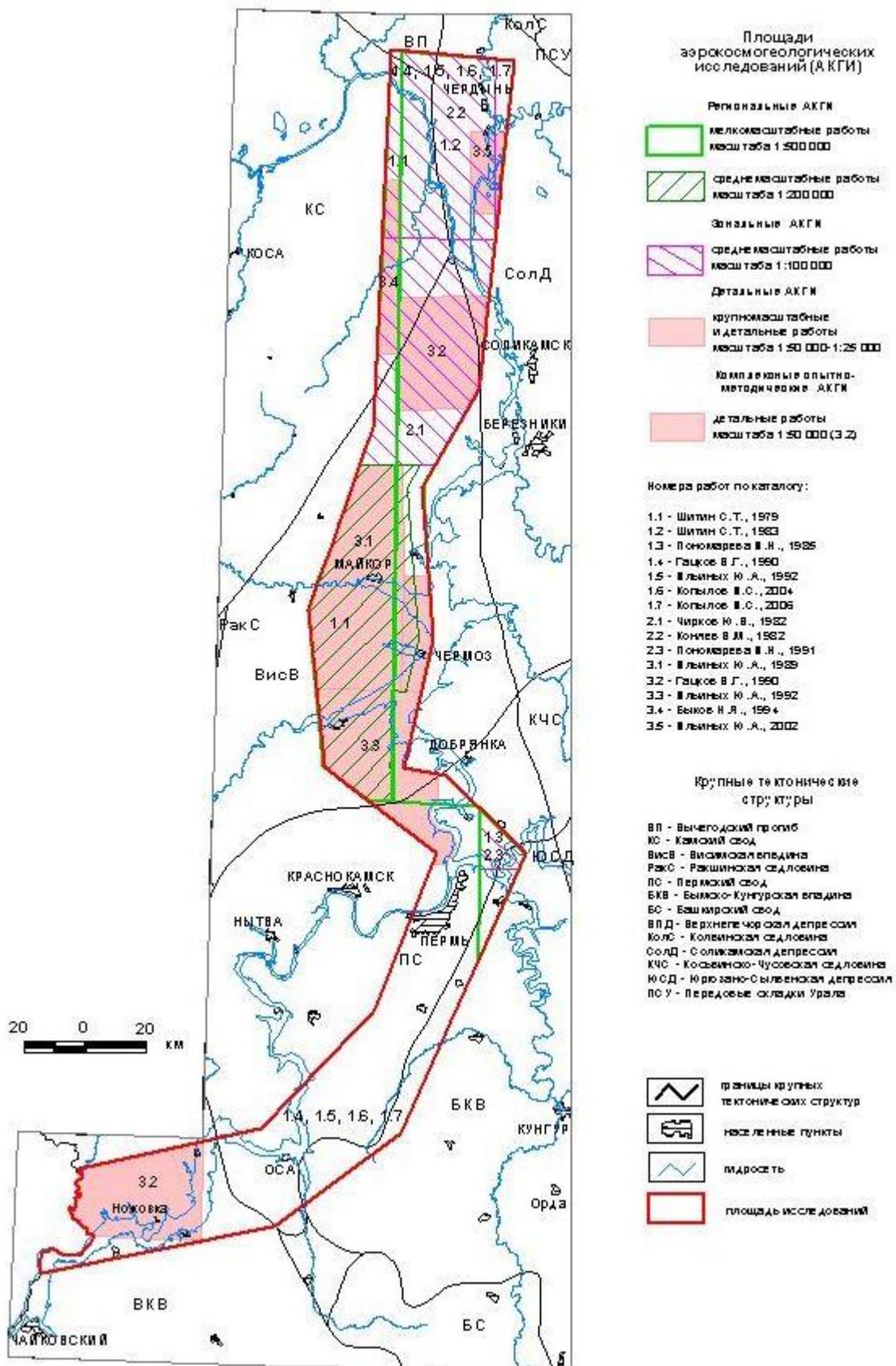


Рис.1. Аэрокосмогеологическая изученность района

Каталог изученности АКГИ

№ п/п	Автор, название работы, год	Основные результаты (карты)
1	2	3
1. Региональные и регионально-зональные АКГИ (масштаб 1:500 000-1:200 000)		
1.1	Шитин С.Т. и др. Отчет о региональных комплексных аэрогеологических исследованиях в Пермской области в 1976-1979 гг. (бассейны верхнего течения р.Камы и ее притоков). ГПК, Пермь, 1979	<p>Карты м-ба 1:500 000 СЗ части Пермской области:</p> <ul style="list-style-type: none"> - комплексного анализа результатов аэрогеологических исследований и геолого-геофизических данных - неотектонического районирования - результатов структурного дешифрирования - схема сопоставления данных структурного дешифрирования со строением поверхности кристаллического фундамента - схема рекомендаций и постановки детальных аэрогеологических исследований и геолого-геофизических работ <p>Карты м-ба 1:200 000:</p> <ul style="list-style-type: none"> - результатов структурного дешифрирования результатов аэрогеологических исследований междуречья Обвы и Иньвы. - структурного дешифрирования междуречья Обвы и Иньвы
1.2	Шитин С.Т. и др. Региональные аэрогеологические исследования в северо-восточной части Пермской области в 1980-1983 гг. ГПК, Пермь, 1983	<p>Карты м-ба 1:500 000 СВ части Пермской области:</p> <ul style="list-style-type: none"> - результатов структурного дешифрирования - разломов, выделенных структурным дешифрированием космofотоматериалов - блоковых структур - интерпретации результатов дешифрирования аэро- и космofотоматериалов - схема рекомендаций перспективных площадей для постановки детальных аэрогеологических и геолого-геофизических исследований на нефть и газ <p>Карта результатов структурного дешифрирования космо- и аэрофотоматериалов участков работ в Соликамской впадине, Косьюинско-Чусовской седловине и передовых складках Урала. М-б 1:200 000</p>
1.3	Пономарева И.Н. Комплексные аэрокосмогеологические исследования на восточной окраине Русской платформы в 1982-1985 гг. ГПК, Пермь, 1985	Карта результатов структурного дешифрирования аэро- и космofотоматериалов в юго-восточной части Пермской области. М-б 1:500 000
1.4	Гацков В.Г. и др. Разработка методики проведения комплексных дистанционных исследований в различных ландша.-тект. районах Пермской области (1985-1990 гг.). ГПК, Пермь, 1990	<p>Карты м-ба 1:500 000:</p> <ul style="list-style-type: none"> - карта роз-диаграмм линеаментов. - карта линеаментов (прямолинейных линеаментов ландшафта). - карта плотности линеаментов (прямолинейных линеаментов ландшафта). <p>Карта сопоставления результатов анализа аэрогеологических и геолого-геофизических исследований м-ба 1:1 000 000</p>
1.5	Ильиных Ю.А. и др. Детальные аэрокосмогеологические исследования в бассейне нижнего течения р.Иньвы. ГПК, Пермь, 1992	<p>Карты м-ба 1:1 000 000:</p> <ul style="list-style-type: none"> - линеаментной сети Пермской области. - плотности линеаментов Пермской области. - неотектоническая схема Пермской области с элементами блоковой тектоники

1	2	3
1.6	Копылов И.С. и др. Составление карты неотектонической активности Пермской области м-ба 1:500 000 ФГУП «Геокарта-Пермь», Пермь, 2004	Карты м-ба 1:500 000 Пермского края: - неотектонической активности - геодинамических активных зон - мегатрещиноватости - расчлененности рельефа и др.
1.7	Копылов И.С. Составление карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья. ООО «ПермНИПИнефть», Пермь, 2006	Карты м-ба 1:500 000: - неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья - неотектонической активности Пермского Приуралья - современных геодинамических зон Пермского Приуралья (на основе результатов регионального дешифрирования космоснимков)
1.8	Копылов И.С. Анализ и обобщение результатов аэрокосмогеологических исследований в бортовых зонах ККСП и сопредельных районах палеошельфа. ООО ПермНИПИнефть. Пермь, 2009	Карта сводных морфоаномалий в бортовых зонах ККСП м-ба 1:200 000
1.9	Копылов И.С., Хурсик В.З. Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования. ООО «Пермская геолого-геофизическая компания». Пермь, 2010	Карты м-ба 1:500 000 Пермского края: - аэрокосмогеологическая карта - объектов и участков, перспективных для поисков месторождений нефти и газа - геодинамических активных зон Карта геодинамических активных зон территории Верхнекамского месторождения калийных солей м-ба 1:100 000
1.10	Копылов И.С., Хурсик В.З. Аэрокосмогеологические исследования на Керчевской площади. ГИ УрО РАН. Пермь, 2012	Карты м-ба 1:200 000: - результатов аэрокосмогеологических исследований - неотектонических блоковых структур - геодинамических активных зон - перспективных участков и рекомендаций по данным аэрокосмогеологических исследований
1.11	Копылов И.С., Хурсик В.З. Аэрокосмогеологические исследования на Вишерской площади (зона сочленения Камского наложенного свода с Соликамской и Висимской впадинами). ГИ УрО РАН. Пермь, 2013	Карты м-ба 1:200 000: - результатов аэрокосмогеологических исследований - карта неотектонических блоковых структур - карта геодинамических активных зон - карта перспективных участков и рекомендаций по данным аэрокосмогеологических исследований
1.12	Копылов И.С., Хурсик В.З. Аэрокосмогеологические исследования на Юго-Камской площади (западная часть Пермского свода). ГИ УрО РАН. Пермь, 2013	Карты м-ба 1:200 000: - результатов аэрокосмогеологических исследований - карта неотектонических блоковых структур - карта геодинамических активных зон - карта перспективных участков и рекомендаций по данным аэрокосмогеологических исследований

1	2	3
2. Зональные АКГИ (масштаб 1: 100 000)		
2.1	Чирков Ю.В. и др. Результаты аэрокосмогеологических исследований м-ба 1:100 000 в Чердынском, Соликамском и Усольском районах Пермской области в 1972-1982 гг. ГПК, Пермь, 1982	Карты м-ба 1:100 000: - результатов структурного дешифрирования - структурно-геоморфологическая карта - сводная карта результатов аэрогеологических исследований
2.2	Коняев В.М. и др. Результаты аэрокосмогеологических исследований м-ба 1:100 000 в Чердынском районе Пермской области в 1977-1982 гг. ГПК, Пермь, 1982	Карты м-ба 1:100 000: - результатов структурного дешифрирования - результатов структурно-геоморфологического дешифрирования - результатов аэрогеологических исследований
2.3	Пономарева И.Н. и др. Комплексные аэрокосмогеологические исследования на Сылвинско-Чусовской площади в 1988-1991 гг. ГПК, Пермь, 1991	Карта результатов комплексной интерпретации материалов аэрокосмогеологических исследований и геолого-геофизических работ. М-б 1:100 000
3. Детальные АКГИ (масштаб 1:25 000-50 000)		
3.1	Ильиных Ю.А. и др. Детальные аэрокосмогеологические исследования в восточной части Висимской впадины (правобережье р. Камы) в 1987-1989 гг. ГПК, Пермь, 1989	Карты м-ба 1:50 000: - результатов структурно-геоморфологического дешифрирования - результатов структурно-геоморфологических исследований - результатов структурного дешифрирования - результатов комплексных аэрокосмогеологических исследований - рекомендаций нефтепоисковых работ Карты м-ба 1:25 000 Тукачевского и Романшорского участков: - результатов геологического, геоморфологического и структурного дешифрирования аэрофотоснимков
3.3	Ильиных Ю.А. и др. Детальные аэрокосмогеологические исследования в бассейне нижнего течения р.Иньвы. ГПК, Пермь, 1992	Карты м-ба 1:50 000: - результатов структурного дешифрирования - результатов комплексных аэрокосмогеологических исследований - неотектоническая схема - рекомендаций нефтепоисковых работ Карты м-ба 1:25 000 Тукачевского и Романшорского участков: - результатов геологического, геоморфологического и структурного дешифрирования аэрофотоснимков
3.4	Быков Н.Я. Детальные аэрокосмогеологические исследования в междуречье Косы и Уролки в 1991-1993 гг. ГПК, Пермь, 1994	Карты м-ба 1:50 000: - результатов структурного дешифрирования - результатов структурно-геоморфологического дешифрирования - рекомендаций нефтепоисковых работ - неотектоническая схема - тектонической напряженности (плотности линеаментов) - сводная карта результатов аэрогеологических исследований
3.5	Ильиных Ю.А. и др. Производство крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) в северной части Соликамской депрессии. ПермНИПИнефть, Пермь, 2002	Карты м-ба 1:50 000: - неотектонического районирования - результатов комплексных аэрокосмогеологических исследований

В 1976-1979 гг. С.Т. Шитиным, Л.М. Евдокимовой, В.А. Тендряковым и др. проводились региональные АКГИ в северо-западной части Пермского края (в бассейнах верхнего течения р. Камы и ее притоков), на общей площади 60,4 тыс. км². В пределах рассматриваемой территории они охватывают западную часть площади (где проведены в масштабе 1:500 000) и южную часть площади, (в масштабе 1:200 000). Структурным дешифрированием КС и мелкомасштабных (1:200 000) АФС выделена серия прямолинейных линеаментов, отождествляемых с региональными разломами; по дугообразным линеаментам выделено два порядка аномалий. Кольцевые фотоаномалии, по-видимому, отражают блоковое строение фундамента и осадочного чехла. Второй порядок аномалий сопоставляется с поднятиями осадочного чехла. Они объединены в зоны и группы неотектонических поднятий, соответствующих известным валам, валообразным зонам, выступам и еще не выявленным структурам. Крупные изометричные по форме кольцевые фотоаномалии размером в 10-30 км в поперечнике, отождествляются с неотектоническими поднятиями; вытянутые субмеридиональные аномалии длиной порядка 20-60 км при ширине в 2-10 км, отождествляются с неотектоническими валообразными структурами. Предполагается соответствие данных неотектонических структур при унаследованном неотектоническом развитии территории поднятиям и валам в осадочном чехле. Проведено неотектоническое районирование. Выделены мега-макро и мезоблоки, испытавшие в новейшее время дифференцированные движения. По оценке перспектив нефтегазоносности рекомендованы площади для постановки детальных АКГИ, структурно-поискового бурения и сейсморазведки (Шитин и др., 1979ф).

В 1980-1983 гг. С.Т. Шитиным, А.А. Зибницким, З.А. Леоновой-Вендровской и др. продолжались региональные АКГИ, в СВ части Пермского края, на общей площади 30 тыс. км² – (в СВ части рассматриваемой площади, с наложением на площадь вышеописанных работ). Выделены системы прямолинейных линеаментов, сопоставляемых с региональными разломами в фундаменте и флексурно-разрывными зонами осадочного чехла. Установлено ступенчато-блоковое строение территории, определённое разломами меридионального и широтного простираний. Разломами площадь разбита на 8 субмеридиональных ступеней, различающихся неотектонической активностью. Ступени разделены на блоки с различной интенсивностью поднятия. Выделены кольцевые фотоаномалии 3-х таксонов, отобразивших предположительно рифогенные массивы, отдельные рифы и локальные поднятия. Выявлен ряд крупных, средних и мелких кольцевых структур, в пределах которых выявлены ландшафтные аномалии II и III порядка округло-овальной формы, длиной 8-10 x 2-8 км. Рекомендованы площади для постановки детальных АКГИ и сейсморазведочных работ (Шитин и др., 1983ф).

В 1979-1982 гг. Ю.В. Чирковым, А.С. Кучиным и др. (1982) проводились АКГИ масштаба 1:100 000 в Чердынском, Соликамском и Усольском районах Пермского края (на площади 4200 км²). Выделены ортогональная и

диагональная системы разрывных нарушений, разделенные на региональные (отождествляемых с разломами фундамента), крупные и локальные. Выделено 5 неотектонических районов, разбитых на блоки с различной степенью неотектонической активности. Выделены ЛА I и II порядков. Аномалии I порядка, предположительно отражают выступы дорифейского фундамента; аномалии II порядка, по-идимому связаны с верхнедевонскими рифогенными массивами. Локальные аномалии отождествляются с локальными тектоноседиментационными и тектоническими поднятиями. Выделены 2 аномалии I порядка (Яранинская и Касибская), 4 аномалии II порядка (Нылобская, Сгоркинская, Пельмеская, Лубянская) и 59 ЛА. Сделан вывод, что залежи нефти связаны со структурами облекания верхнедевонских рифогенных массивов, расположенных в блоках с умеренной неотектонической активностью и приурочены к зонам разломов активных в неотектонический этап. Рекомендовано проведение сейсморазведочных работ методом ОГТ на локальных ЛА (Пашибской, Тагъяшерской, Керчевской, Северо-Кысьвинской, Кысьвинской, Гремячевской, Родниковской, Огороднинской, Становской, Переяславской, Южно-Огороднинской, Сваловской, Пухиревской, Седаловской, Восточно-Седаловской, Ефремовской, Средне-Суплесской, Зельвинской, Усть-Вишерской, Толстиковской, Тюлькинской, Зуевской, Порошинской, Елькинской, Пластининской, Зеленомысской, Лубянской, Лексырьинской, Сырьинской, Тазмерской, Овиновской, Верх-Кондасской, Кекурской, Солдатенской, Шемейной, Тольчской), наиболее благоприятных для обнаружения залежей (Чирков и др., 1982ф).

В 1979-1982 гг. В.М. Коняевым, Н.Я. Быковым и др. проводились АКГИ масштаба 1:100 000 в Чердынском районе Пермского края (на площади 4080 км²) – на севере рассматриваемой территории. В результате исследований выявлены системы прямолинейных линеаментов, отождествляемых с разрывными нарушениями и зонами трещиноватости фундамента и осадочного чехла. По кольцевым и дугообразным линеаментам выделены кольцевые аномалии трех порядков. Крупные кольцевые аномалии сопоставляются с выступами фундамента, аномалии второго порядка отождествляются с верхнедевонскими рифогенными массивами, локальные аномалии отождествляются с тектоническими поднятиями, отдельными рифами и развитыми над ними тектоноседиментационными структурами. Всего выделено 88 локальных ЛА, из которых 21 совпали с ранее известными поднятиями. Выделены блоки разных порядков, различающихся активностью неотектонических движений и соответственно по преобладанию денудационных и аккумулятивных форм рельефа. Сделан вывод, что залежи нефти и газа связаны с верхнедевонско-турнейскими рифами, находящихся в блоках, испытывающих интенсивные и умеренные неотектонические поднятия и расположенных в зонах региональных разломов активных в неотектонический этап. Рекомендовано проведение сейсморазведочных работ методом ОГТ с бурением параметрических скважин в пределах Янидорской, Рябининской и Веселовской аномалий II порядка и на Кушпелевской,

Геркошской, Шишигинской, Уштыгорской, Абогской, Парамоновской и Остяцкой ЛА. Поисково-разведочное бурение на нефть и газ рекоенодовано на Лесорубной, Бондюжской, Ужгинской, Долдинской и Усть-Уролкинской аномалиях, совпадающих или частично совпадающих с выделенными сейсморазведкой по II отражающему горизонту одноименными поднятиями и находящимися в зонах тектонических нарушений (Коняев и др., 1982ф).

В 1985-1990 гг. В.Г. Гацковым, С.Е. Баканиным и др. проводились тематические работы по разработке методики проведения комплексных дистанционных исследований в различных ландшафтно-тектонических районах Пермского края. Были выполнены комплексные аэрокосмогеологические исследования: региональные (масштаб 1:500 000) охватившие значительную часть Пермского Приуралья (70 ты км²), зональные (масштаб 1:100 000) - на двух полигонах (Дороховском и Тимано-Верхнепечерском) и детальные (масштаб 1:50 000) – на 5 тестовых участках (Ульяновском, Ножовском, Уинском, Батырбайском, Касибском). В результате этих исследований выявлены линейные и изометричные блоковые морфоструктуры (структуры), даны рекомендации на проведение буровых и сейсморазведочных работ.

На Касибском участке (площадью 1150 км²), занимающим часть на рассматриваемой площади на северо-западе, выполнены детальные АКГИ в масштабе 1:50 000. Этими исследованиями, детализируемые морфопостроения Ю.В. Чиркова и А.С. Кучина (1982) выделены 3 средних изометричных морфоструктур (севера на юг - Родниковский, Касибский и Тазмерский) и 32 локальных изометричных морфоструктур. При этом, 26 локальных морфоструктур рекомендованы для поисков залежей нефти и газа. Из них 8 согласуются со структурами уже выявленными или намеченными по результатам сейсморазведочных работ и структурного бурения. 6 локальных морфоструктур соответствуют нефтеносным структурам. Локальные морфоструктуры: Ю.Родниковская, Сев.Становская, Варьковская, Диганская, Зап.Касибская, Сев.Лемзерская и Зап.Моянская были рекомендованы для постановки сейсморазведочных работ (Гацков и др., 1990ф).

На Ножовском участке (площадью 1950 км²), занимающим на юго-западе рассматриваемой территории часть восточного борта Верхнекамской впадины и осложняющих его Ножовского выступа и Киенгопской валообразной зоны впервые были проведены детальные АКГИ масштаба 1:50 000 (Гацков и др., 1990ф). Выделены 3 средних морфоструктур субширотного простирания, контролируемые региональными линеаментами (севера на юг – Северо-Ножовский, Ножовско-Киенгопский и Южно-Ножовский блоки). В пределах Ножовско-Киенгопский средней морфоструктуры (где сосредоточены все известные нефтегазовые месторождения и нефтепроявления) выделяются 4 линейные морфоструктуры субмеридионального простирания: Бугровская, Зайчиковская, Роговская и Змеевская. Всего на территории Ножовского участка выделено 66 локальных морфоструктур. Из них 25 локальных морфоструктур соответствуют нефтеносным локальным структурам. Рекомендованы, как перспективные для поисков залежей нефти и газа 30 локальных

морфоструктур. Из них 6 соответствуют структурам уже выявленным или намеченным по результатам сейсморазведочных работ и структурного бурения. Доразведку Ножовского участка рекомендовано проводить сейсморазведкой в комплексе со структурным бурением, используя результаты комплексных АКГИ.

Необходимо отметить, что данные работы носили опытно-методический характер с основной целью – совершенствования существующих и разработки новых наиболее рациональных приемов АКГИ в комплексе нефтегазопоисковых работ. Одна из особенностей работы - основное внимание было уделено линеаментному анализу, направленному на изучение характера распределения прямолинейных линеаментов. В отличие от всех других работ по АКГИ, здесь практически не изучались кольцевые ландшафтные аномалии. В дальнейшем, АКГИ по данной методике, на территории Пермского Приуралья не проводились. На наш взгляд опытно-методические работы по совершенствованию АКГИ следует продолжить с учетом этих исследований.

В 1987-1989 гг. Ю.А. Ильиных, Н.Я. Быковым, Ю.А. Проворовым и др. проводились АКГИ масштаба 1:50 000 (отдельные участки в масштабе 1:25 000) в восточной части Висимской впадины (на площади 2120 км²), – в центральной части рассматриваемой территории и за ее пределами. В результате исследований выявлена сеть прямолинейных линеаментов, отождествляемых с активизированными разломами. Выделенные ранее (Шитин и др, 1979) мезоблоки, по данным детальных исследований разделены на мелкоблоковые структуры площадью в десятки и первые сотни квадратных километров. Их полигональные очертания обусловлены ограничением блоков прямолинейными линеаментами, часто совпадающими с бортами эрозионно-тектонических депрессий. Впервые сделан важный вывод о тесной корреляционной связи между системами линеаментов определенных направлений и «визейскими врезами», что дает новые возможности при трассировании «врезов». Выделены 206 локальных морфоструктурных аномалий, отображающих выявленные и предполагаемые поднятия осадочного чехла тектонического и тектоно-седиментационного генезиса (структурами облекания верхнедевонских рифов). 67 аномалий расположены на участках, где по сейсмике или структурному бурению предполагается наличие структур. 97 аномалий выделены на практически неизученных участках – из них 35 аномалий рекомендуются в качестве первоочередных объектов, предлагаемых для постановки площадной сейсморазведки и структурного бурения (Ильиных и др., 1989ф).

В 1989-1992 гг. Ю.А. Ильиных, Ю.А. Проворовым и др. проводились АКГИ масштаба 1:50 000 (на 7 эталонных участках в масштабе 1:25 000) в южной части Висимской впадины (на площади 3329 км²) – в южной части рассматриваемой территории и за ее пределами. По результатам АКГИ составлен комплект карт и схем соответствующих масштабов. Также составлена неотектоническая схема Пермской области (края) масштаба 1:1 000 000 с элементами динамики блоковых смещений. Продолжены

исследования по корреляции намеченных сейсмикой и бурением «визейских палеоврезов» с прямолинейными протяженными линеаментами определенных направлений. Основным результатом работ – выделение 287 локальных ландшафтных аномалий, отображающих выявленные и предполагаемые поднятия осадочного чехла тектонического и тектоно-седиментационного генезиса. Все локальные структуры, подготовленные, выявленные и намеченные структурным и глубоким бурением и сейсморазведкой, за единичными исключениями, отобразились соразмерными ландшафтными аномалиями. В своем большинстве (86%) они планово совпадают с контурами поднятий в нижнем и среднем карбоне, близки по очертаниям и сохраняют направления простирания длинных осей. Но отмечается отчетливые азимутальные расхождения в ориентировке локальных поднятий и контролирующих их аномалий. В единичных случаях отмечено заметное смещение аномалий относительно локальных структур. Группировка ЛА чаще всего контролируется новейшей блоковой тектоникой: группы и цепи аномалий ограничиваются отчетливыми линеаментами, иногда отвечающими разрывным нарушениям, флексурам или прогибам, выявленным или намеченным сейсморазведкой. Цепи и группы ЛА во многих случаях отвечают зональным структурам – валам, валообразным структурам или их отрезкам (Ильиных и др., 1992ф). На 9 участках проанализированы результаты проверки ранее рекомендованных и выявленных ЛА (выводом авторов является утверждение, что неподтвердившиеся аномалии были недостаточно изучены аэрометодами).

В 1991-1993 гг. Н.Я. Быковым и др. проводились детальные АКГИ в междуречье Косы и Уролки; а в 2002 г. – Ильиных Ю.А. и др. крупномасштабные АКГИ в северной части Соликамской депрессии. Масштаб этих работ 1:50 000, проводились по аналогичным технологиям. На рассматриваемой территории охватывают небольшие участки, соответственно – в северо-западной и северо-восточной части территории, где прослеживаются окончания цепей и групп ЛА.

В 1982-1985 гг. И.Н. Пономаревой и др. проводились региональные АКГИ на восточной окраине Русской платформы (юго-восточная часть Бымско-Кунгурской впадины, Башкирский свод) и в прилегающих районах Предуральского прогиба (масштаб работ 1:500 000), а в 1988-1991 гг. – комплексные АКГИ на Сылвинско-Чусовской площади (масштаб работ 1:100 000). По результатам комплексного дешифрирования разномасштабных аэрофотоматериалов выявлены линейные мобильные и линейные морфоструктурные зоны ортогональной и диагональной систем, контролирующих положение ЛА. Выделены 382 локальные ЛА, предположительно отобразившие локальные поднятия различного генезиса, 146 аномалий рекомендованы для доизучения структурным бурением и сейсморазведкой (Пономарева и др., 1985ф, 1991ф). Эти работы захватывают лишь небольшой участок рассматриваемой территории в устьевой части р. Сылвы (где расположены 5 ЛА).

В 2005-2006 гг. И.С.Копыловым при проведении тематической работы по составлению карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья проведены региональные АКГИ масштаба 1:500 000 всего Пермского края. Проведено структурное дешифрирование КС: обзорное (масштаб 1:10 000 000, 1:5 000 000, 1:2 500 000), региональное (масштаб 1:1 000 000-1:500 000) и зональное (масштаб 1:200 000). Установлено 1530 региональных и зональных линеаментов (протяженностью от 30 км и более) и 7300 мегатрещин (длиной от 1-2 до 15-20, в среднем 5-10 км), общей протяженностью 34030 км; установлено 14334 узла их пересечений. Выявлено более 1000 кольцевых или ландшафтных аномалий (в т.ч. 715 локальных ЛА в пределах рассматриваемой территории). Произведено неотектоническое районирование Пермского Приуралья с выделением неотектонических блоковых структур различных иерархических рангов: 7 геоблоков, 12 мегаблоков, 41 макроблоков, 141 мезоблоков, а также сотен элементарных и локальных блоков. Выполнена комплексная оценка степени неотектонической активности Пермского Приуралья, выделены современные геодинамические активные зоны. Разработан комплекс неотектонических критериев для оценки перспектив нефтегазоносности. Выполнена неотектоническая оценка локальных положительных структур и установлена пространственная корреляция скоплений углеводородов с неотектоническими блоками (нефтегазоносности и морфонеотектонических параметров). В целом, большинство локальных положительных нефтегазоносных структур (212 из 227) характеризуются повышенными значениями морфонеотектонических показателей, что указывает на преимущественно активный тип неотектонического режима и свидетельствует об активной роли в формировании структур неотектонических движений. Проанализирован фонд выявленных и подготовленных структур по северной, центральной и восточной части территории Пермского Приуралья. Дана оценка перспектив нефтегазоносности по неотектоническим критериям, всего, из 142 проанализированных локальных положительных структур 23 структуры отнесены к высокоперспективным, 66 – к перспективным, 43 – к малоперспективным и 10 – к неперспективным. Даны рекомендации нефтегазопоисковых работ (Копылов, 2006ф).

В 2008-2009 гг. И.С. Копыловым проведена тематическая работа по обобщению всех аэрокосмогеологических исследований на рассматриваемой территории ККСР в рамках НИР геологического отдела ООО ПермНИПИнефть. «Анализ геологического строения в бортовых зонах ККСР и сопредельных районах палеошельфа с целью выбора первоочередных площадей ГРП и перспективных участков для лицензирования» [5]. Данная работа положена в основу составления настоящей статьи.

В 2010 г. И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком выполнена работа в ООО «Пермская геолого-геофизическая компания» по обобщению всех аэрокосмогеологических исследований в Пермском крае, составлена аэрокосмогеологическая основа с целью определения нефтеперспективных

площадей и участков для лицензирования и построена новая карта геодинамических активных зон (Копылов, Хурсик, 2010ф).

В 2012-2013 гг. И.С. Копылов и В.З. Хурсик В.З. провели регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000: «Аэрокосмогеологические исследования на Керчевской площади, на территории площадью 2852,3 км² (с обзором – 5200 км²); регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000: «Аэрокосмогеологические исследования на Вишерской площади (зона сочленения Камского наложенного свода с Соликамской и Висимской впадинами)», на территории площадью 1041 км² (с обзором – 2521 км²); регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000: «Аэрокосмогеологические исследования на Юго-Камской площади (западная часть Пермского свода)», на территории площадью 1478 км² (с обзором – 3620 км²). АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН с целью уточнения геологического и тектонического строения изучаемых территорий, выявления перспективных участков и объектов на основе проведения АКГИ для постановки нефтепоисковых работ и лицензирования (в комплексе зонально-региональных сейсмических работ с гравиметрической и геохимической съемками). Проведено компьютерное структурно-геологическое дешифрирование КС масштаба 1:100 000-1:200 000 (с детализацией до масштаба 1:50 000 и обзором масштаба 1:1 000 000 и мельче) с выделением прямолинейных линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями и локальных ландшафтных аномалий, отождествляемых локальными тектоническими структурами. Выполнен линеаментно-блоковый анализ с неотектоническим районированием и линеаментно-геодинамический анализ с выделением геодинамических активных зон и участков. Составлены основные карты масштаба 1:200 000: карта результатов аэрокосмогеологических исследований, карта неотектонических блоковых структур, карта геодинамических активных зон, карта перспективных участков и рекомендаций по данным АКГИ. По результатам АКГИ на этих площадях планируются отдельные публикации и в настоящей статье не рассматриваются.

Обобщение основных результатов аэрокосмогеологических исследований (1976-2009 гг.)

Основными результатами аэрокосмогеологических исследований, в расс период, является выделение на АФС и КС прямолинейных линеаментов и кольцевых ландшафтных аномалий и их геологическая интерпретация.

Дешифрированием АФС и КС масштаба 1:500 000 и 1:200 000 выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в палеозойском осадочном чехле и фундаменте. Установлены прямолинейные линеаменты семи систем, характеризующихся определённым направлением простираний: северо-восточные, северо-северо-

восточные, восток-северо-восточные, северо-западные, северо-северо-западные, меридиональные и широтные.

По протяжённости линеаменты подразделены на 4 таксономических ранга: 1) региональные - линеаменты большой протяжённости, прослеженные на расстояния более 100 км; 2) зональные - линеаменты значительной протяжённости, прослеженные на расстояния от 25 до 100 км; 3) локальные - линеаменты длиной от 5 до 25 км; 4) короткие (мегатрещины) - длиной до 5 км.

Исходя из результатов аэрокосмогеологических исследований, а, также учитывая обширный отечественный и зарубежный опыт, следует предполагать, что протяжённые прямолинейные линеаменты регионального и зонального таксономических рангов отображают разрывные нарушения в кристаллическом фундаменте и в нижней части осадочного чехла. Выше по разрезу эти нарушения переходят в уступообразные и флексурные перегибы слоёв и фиксируются в толщах палеозоя и на поверхности линейными зонами интенсивной тектонической трещиноватости, которая, как правило, подчёркивается повышенной проницаемостью толщи горных пород. Ширина линейных зон повышенной трещиноватости пород, зафиксированных региональными и зональными линеаментами, составляет от первых сотен метров до 1-2 км (Быков, 2005ф). Локальные и короткие линеаменты отображают трещиноватость в верхних частях разреза.

В границах рассматриваемой площади аэрокосмогеологическими работами прошлых лет (1976-2009 гг.), выделено более 700 локальных ландшафтных аномалий (ЛА) и локальных морфоструктур. В основе картирования аномалий лежат закономерно расположенные концентрические системы эрозионных и денудационных микро- и мезоформ рельефа (дугообразные линеаменты), дополненные геоиндикационными признаками, установленными на эталонных участках известных поднятий и продуктивных структур. Результаты этих исследований при составлении сводной карты морфоаномалий были по возможности несколько переинтерпретированы, особенно в северной части, где проводились региональные мелкомасштабные и среднемасштабные АКГИ (масштаб 1:500 000 и 1:200 000) и зональные АКГИ (масштаб 1:100 000). После переинтерпретации и обобщения всех материалов АКГИ для сводной карты морфоаномалий (рис. 2, 3) отобрано 548 локальных ландшафтных и морфоструктурных аномалий.

Ландшафтными аномалиями отображены установленные и предполагаемые поднятия осадочного чехла. Аномалии подразделены на 3 группы: 1) аномалии, отобразившие тектоно-седиментационные структуры облекания верхнедевонских рифов; 2) аномалии, отобразившие тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа; 3) аномалии, отобразившие поднятия невыясненного генезиса.

Ниже приводится краткое описание ландшафтных аномалий (по тектоническим регионам и участкам) – их пространственное расположение, геологическая интерпретация, возможные перспективы нефтеносности.

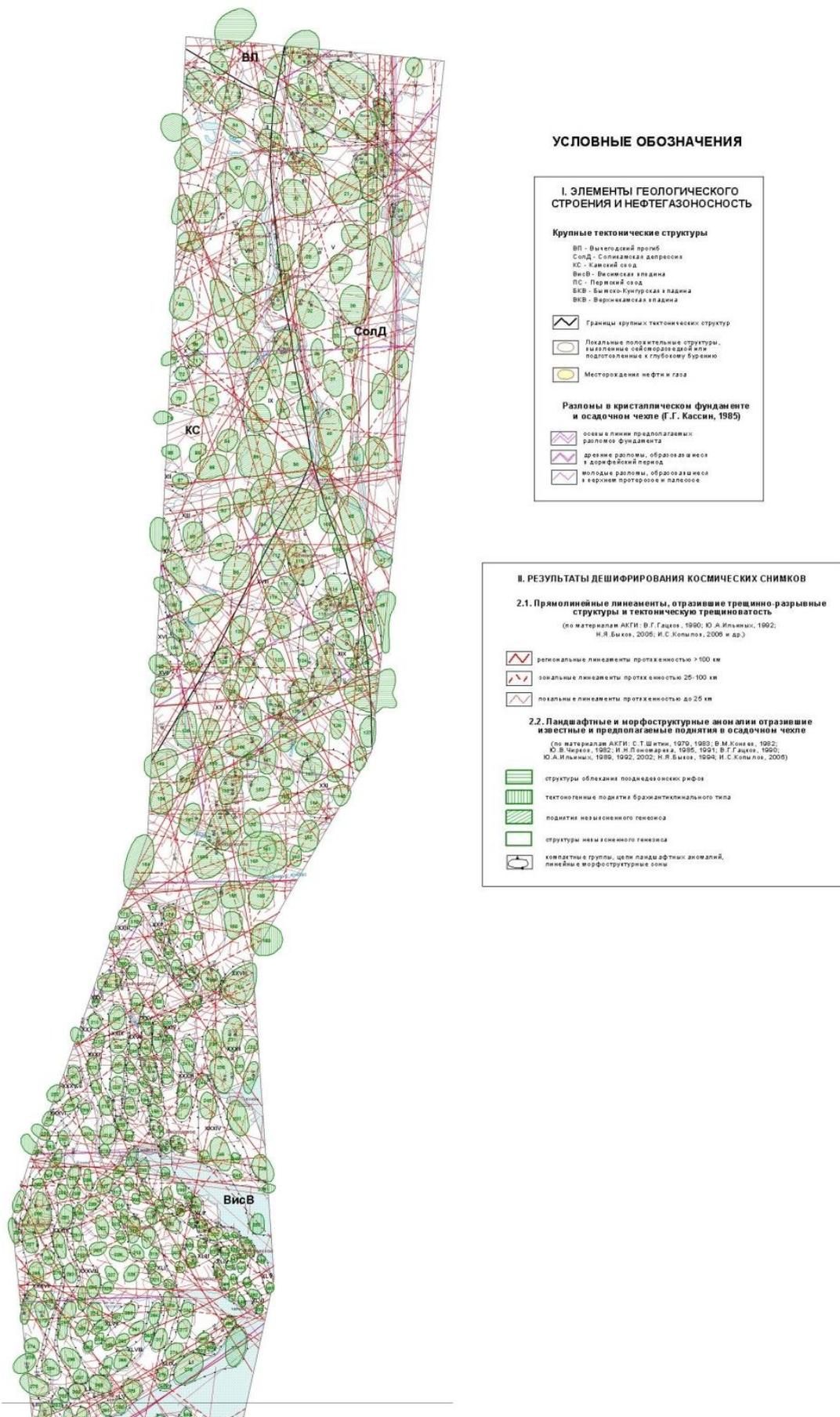


Рис. 2. Карта сводных морфоаномалий в бортовых зонах ККСП (северная часть)
 Масштаб 1:200 000, уменьшение [6]

Вычегодский прогиб

Региональными аэрокосмогеологическими исследованиями (Шитин и др., 1979ф; Коняев и др., 1982ф) в пределах рассматриваемой территории на юго-восточном окончании Вычегодского прогиба выделены 4 ландшафтные аномалии (№№ 1-4) или их фрагменты. Предполагалось отображение аномалиями как тектонических, так и тектоно-седиментационных структур. К первоочередным объектам поисков эти аномалии не относились. Возможно, наибольший интерес представляют Пантинская Бондюжская 6 ЛА, приуроченные к Пантинскому поднятию.

Соликамская депрессия

В Соликамской депрессии региональными аэрокосмогеологическими исследованиями выделены ландшафтные аномалии №№ 5-51. При этом аномалии №№ 6-22 располагаются в районе Чердынского выступа. Большинство аномалий предположительно отождествлено со структурами облекания верхнедевонских рифов.

Ряд ландшафтных аномалий отобразил известные поднятия с промышленной нефтеносностью: №6 – Водораздельное, №№ 8 и 10 – Люльвинское, №№ 12, 18, 19 – Чердынское, 16 – Дружинское, 17 – Лесорубное, 31 – Амборское, 41 (на границе с Висимской впадиной) – Касибское (Пухиревская структура).

К дальнейшему доизучению сейсморазведочными работами в качестве первоочередных объектов отнесены аномалии №№ 17 (в дальнейшем было изучено и открыто Лесорубное месторождение), 22, 25, 28, 29, 30, 40, 41, 44, 45, 46, 47.

Камский свод

На площади Камского свода региональными и детальными аэрокосмогеологическими исследованиями закартированы ЛА №№ 52-106. Из них ЛА №№ 69-74, 85-87, 95-97, 101-105 выделены крупномасштабными (1:50 000) АКГИ (Быков и др., 1994ф).

Аномалии имеют правильную овальную форму и в большинстве своём ориентированы в северо-западном направлении, образуя цепи того же простирания. Предполагается отображение аномалиями локальных поднятий различного генезиса. Большинство аномалий (№№ 69-74, 85-87, 95-97, 101-105) отображают предположительно тектонические малоамплитудные структуры брахиантиклинального типа. Ряд аномалий отождествляется с тектоно-седиментационными структурами облекания верхнедевонских рифов (№№ 52, 53, 60, 62, 63, 64, 78, 79, 81, 83, 99). Некоторое количество аномалий (№№ 86 и 87) отображают предположительно структуры, связанные с артинскими (сылвенско-саргинскими) рифами.

Аномалиями отобразились известные локальные поднятия осадочного чехла, в т.ч. с промышленной нефтеносностью (№№ 63 и 64 - Долдинская): 52 – Бондюжская, 53 – Ужгинская, 55 и 56 – Гаревская, 61 и 62 - Сумычская, 76 – Усть-Уролкинская, 90 и 91 – Керчевская., 9P5 – Нылобско-Урайская. А также

на границе с Соликамской депрессией - 16 – Дружинская, 31 – Усть-Козыревская; на границе с Висимской впадиной 127 – Кокшорская.

В качестве первоочередных объектов доизучения сейсморазведкой и структурным бурением для поисков брахиантиклинальных тектонических поднятий предложены ЛА №№ 52, 53, 60, 62, 63, 64, 76, 78, 79, 81, 83, 89, 90, 91, 95, 104, 105.

Висимская впадина

В пределах Висимской впадины региональными, зональными и детальными аэрокосмогеологическими исследованиями выявлены ЛА №№ 107-457, 462-467, 498-501.

В северо-восточной и восточной части Висимской впадины региональными АКГИ выявлены ЛА №№ 107-169, 180, 181, 231-239, 244-246, 377, 378. К первоочередным объектам доизучения на этой территории с целью выявления тектоно-седиментационных или тектонических структур отнесены аномалии 107, 138, 139, 141, 159, 160, 163, 166. К первоочередным объектам поисков структур облекания верхнедевонских рифов отнесена так же компактная кольцевая группа аномалий (Касибская морфоструктура), состоящая из аномалий 48, 49, 50, 115, 116 и др., расположенная в зоне Касибской валообразной зоны и частично заходящая в границы Соликамской депрессии. Внимания заслуживает Огоркинская морфоструктура, осложнённая локальными ландшафтными аномалиями № 127, 128, 129, 130, 131, отождествлённые с верхнедевонскими рифогенными образованиями.

Южнее и юго-западнее этой территории детальными АКГИ выделены ЛА №№ 170-435 (за некоторым исключением).

Локальные морфоструктурные и ландшафтные аномалии №№ 170-378 выделены детальными АКГИ масштаба 1:50 000 проведёнными в восточной части Висимской впадины (Ильиных и др., 1989ф). Морфоструктурными аномалиями отображены известные структуры осадочного чехла, включающие поднятия различного генезиса, в т.ч. - с промышленной нефтеносностью, наметившиеся приподнятые участки и антиклинальные перегибы. Ландшафтными аномалиями отображаются предполагаемые поднятия на неизученных и малоизученных участках. Некоторые ландшафтные аномалии (№№ 280, 314 и др.) отражают объекты осадочного чехла невыясненного характера. Аномалии №№ 174-179 отождествляются со структурами облекания позднедевонских рифов и выделены в районе Майкорской валообразной зоны. При этом, аномалиям №№ 191, 196, 197, 219, 225, 229 соответствуют поднятия с промышленной нефтеносностью (месторождения).

Морфоструктурные и ландшафтные аномалии №№ 174, 176, 193, 195, 218, 221, 222, 223, 224, 225, как отобразившие структуры, подготовленные под поисковое бурение, предлагались для частичной детализации сейсморазведкой в процессе его осуществления. Аномалии №№ 179, 182, 183, 208, отобразившие ранее выявленные поднятия осадочного чехла, были рекомендованы для доизучения детальной сейсморазведкой. Аномалии №№ 175, 185, 187, 188, 189, 192, 194, 199, 207, 219, 227, 230, 299, 301, 305, контролирующие намечающиеся

приподнятые участки и антиклинальные перегибы по маркирующим горизонтам палеозоя, рекомендовались в качестве первоочередных объектов для постановки детальных структурно-поисковых работ. Из аномалий, предположительно отобразивших структуры облекания позднедевонских рифов на неизученных участках, в качестве первоочередных объектов для постановки площадных структурно-поисковых работ, предложены аномалии №№ 178, 184, 186, 190, 203, 226, 228.

Морфоструктурные и ландшафтные аномалии №№ 170-173, 200-202, 209-217, 251-277, 279-297, 308-329 отождествляются с тектоническими брахиантиклинальными структурами. При этом аномалии №№ 201 (Тукачевское месторождение) и 266 (Романшорское месторождение) соответствуют продуктивным структурам. Аномалии №№ 268, 269, 270, 271, 273, отобразившие подготовленные к поисковому бурению поднятия, рекомендуются к детализации сейсморазведкой в процессе бурения. Аномалии №№ 210, 243, 262, 263, 272, 294, 312, 320, 321, 328, 370, выделенные на участках выявленных поднятий осадочного чехла, рекомендованы в качестве объектов для доизучения детальной сейсморазведкой. Аномалии №№ 172, 176, 202, 216, 240, 241, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 267, 279, 281, 282, 286, 289, 291, 292, 308, 311, 315, 316, 323, отнесены к объектам первой очереди для постановки детальных структурно-поисковых работ. На участках этих аномалий в толще палеозойского осадочного чехла намечаются приподнятые малоамплитудные участки, структурные мысы и антиклинальные перегибы. В пределах аномалии № 316 в дальнейшем установлено Куштымское месторождение.

Из ЛА, предположительно отображающих брахиантиклинальные поднятия на малоизученных и неизученных участках площади исследований, к первоочередным объектам дальнейших структурно-поисковых работ были отнесены аномалии №№ 173, 213, 252, 283, 290, 317, 318, 324, 326, 327.

Морфоструктурные и ландшафтные аномалии №№ 239, 247-249, 332-353, 368, 369, 376, 379-435 закартированы детальными аэрокосмогеологическими исследованиями масштаба 1:50 000 (Ильиных и др., 1992ф). Аномалии выделены в районе Майкорской валообразной зоны на участке её сочленения с северным окончанием Васильевской валообразной зоны. Аномалиями отобразились как известные локальные поднятия осадочного чехла, в т.ч. с промышленной нефтеносностью (Шатовского месторождения - №№ 331, 332, 335, 336, 337, 340; Чермозского месторождения – 344; Слудского месторождения – 391, 392, 406, 407; Васильевского месторождения – 409, 411, 412, 413, 414, 415, 417, 426) и подготовленные к поисковому бурению (№№ 333 и 335, на последней впоследствии также установлена залежь нефти), так и предполагаемые структуры. Аномалии №№ 330-348, 388, 390-393 отождествлены с тектоно-седиментационными структурами облекания позднедевонских биогерм. Ландшафтные аномалии №№ 239, 247-250 классифицируются, как отобразившие тектонические поднятия брахиантиклинального типа.

Васильевская валообразная зона. В северо-восточной части Васильевской валообразной зоны (Чермозский участок - Ильиных и др., 1992ф) выявлены две цепи и две группы ЛА, предположительно отображающих структуры облекания верхнедевонских рифов.

В междуречье рр. Иньва и Чермоз выделена дугообразноизогнутая Долинская цепь, вытянутая вдоль восточной границы Васильевской валообразной структуры, включающая 5 ЛА (ЛА №330-334): Гуляевская, Долинская, Мартюгинская, Восточно-Мартюгинская, Мишкинская. При этом, Гуляевская, Долинская, Мартюгинская ЛА соответствуют одноименным локальным поднятиям, выделенным по основным отражающим горизонтам карбона. Восточно-Мартюгинская и Мишкинская ЛА отображают небольшие приподнятые участки, выявленные сейсморазведкой по ОГ II.

Юго-западнее, около западной границы Васильевской валообразной структуры выделена Кессовская группа ЛА, включающая 4 ЛА (ЛА №302, 304, 336, 337): Пьянковскую, Северопьянковскую, Кессовскую, Зелеевскую. Все они отображают нефтегазоносные структуры Шатовского месторождения нефти.

Южнее Долинской цепи выявлена Шатовская группа ЛА, включающая 12 ЛА (ЛА №335, 338-348): Шатовская, Таратановская, Восточно-Шатовская, Западно-Шатовская, Южно-Таратановская, Горошевская, Южно-Шатовская, Чермозская, Фоминская, Восточно-Чермозская, Складская, Кирпичная. Очертания группы определяются конфигурацией восточной границы Васильевской валообразной структуры и системами линеаментов северо-западного простирания. Большинство ЛА имеют субмеридиональное простирание. В северной соответствует одноименному поднятию и месторождению нефти. Шатовская и Западно-Шатовская ЛА соответствует одноименному поднятию и месторождению нефти. В западной части группы Чермозская ЛА также соответствует одноименному поднятию и месторождению нефти. Другие ЛА соответствуют приподнятым участкам по ОГ II. Кирпичная ЛА поисково-разведочными работами не изучена.

В центральной части Васильевской валообразной зоны, на левобережье р. Обвы (Чермозский участок - Ильиных и др., 1992ф) выделена узкая Швецовская цепь ЛА северо-восточного простирания, в составе четырех ЛА (ЛА №498-501): Усть-Обвинская, Избинская, Южно-Усть-Обвинская, Швецовская. При этом, Южно-Усть-Обвинская и Швецовская ЛА совпадают со Швецовским поднятием, а Усть-Обвинская ЛА с одноименным поднятием, выявленным сейсморазведкой по ОГ II и структурным бурением по кровле кунгурского яруса.

В южной части Васильевской валообразной зоны открыты Васильевское и Слудское месторождения нефти. Ловушки представлены многочисленными куполами - структурами облекания верхнедевонских биогермов. Все купола отображены соразмерными ландшафтными аномалиями. Их группировка подчинена ограничивающим линеаментам северо-восточного простирания. Параллельная система линеаментов разделяет две группы ЛА, отображающих нефтеносные поднятия Васильевской валообразной структуры: Васильевскую с

Южно-Васильевской цепью и Слудскую группу ЛА. Васильевская группа ЛА включает 12 объектов (ЛА №406-416), Южно-Васильевская цепь включает 3 ЛА (ЛА №429-431), Слудская группа включает 6 ЛА (ЛА №388-393).

К Слудской группе ЛА с северо-запада примыкает протяженная Кемольская цепь ЛА, включающая в пределах рассматриваемой площади 7 ЛА (ЛА №394-401), частично изученная сейсморазведкой. ЛА Осташенская I и Осташенская II отвечают одоименному поднятию, подготовленному сейсморазведкой по ОГ II и ОГ IIⁿ, Маловожская ЛА практически совпадает с Маловожским поднятием. В контурах других ЛА отмечены небольшие подъемы по ОГ II. Липустятская и Кемольская ЛА структурно-поисковыми методами не изучена.

Северо-западнее Кемольской цепи ЛА выявлена Ильинская цепь ЛА, примыкающая с юга к побережью Обвинского залива. В ее составе 5 изометричных ЛА (ЛА №401-405). Участок очень слабо изучен, локальные поднятия неизвестны.

Западнее Васильевской группы ЛА выявлено частично в пределах рассматриваемой площади несколько групп и цепей ЛА в пределах треугольного блока, ограниченного системами линеаментов разного направления. Буткановская группа (ЛА №423-428) наиболее плотно изучена сейсморазведкой. Буткановская I и Буткановская II соответствуют двум куполам Буткановского поднятия Васильевского месторождения нефти. Бердниковская приурочена к Рыжковской структуре, Варнашская I – к Варнашскому поднятию. Королевская – ЛА совпадает с приподнятым участком по ОГ IIⁿ.

Одровинская группа ЛА (ЛА №420-422) контролируется системой линеаментов субмеридионального простирания. В контурах Горбушинской I и Горбушинской II ЛА сейсморазведкой выявлены небольшие приподнятые участки или антиклинальные перегибы по ОГ IIⁿ.

Среднечолвинская группа ЛА (ЛА №418) и Отреповская группа ЛА (ЛА №419) расположены на западной границе территории, где также установлены небольшие приподнятые участки или антиклинальные перегибы по отражающим поверхностям нижнего карбона и девона.

Южнее вышеописанного участка и западнее Межевской валообразной структуры установлены несколько цепей ЛА северо-восточного простирания, которые частично попадают на рассматриваемую площадь - Бахарятская (ЛА №462), Митинская (ЛА №463) – сейсморазведкой не изучены.

В качестве первоочередных объектов Васильевской валообразной зоны для изучения площадной сейсморазведкой рекомендованы аномалии №№ 342, 343, 345, 347, 348, 388, 390, 393; аномалии №№ 338 и 341 рекомендованы для доизучения детальной сейсморазведкой.

Добрянско-Касибский прогиб ККС. Поисково-разведочными работами эта часть территории изучена слабо. В виду сложной интерпретации материалов КС и АФС в районе акватории Камского водохранилища,

результаты АКГИ разных масштабов исследований и разных авторов, довольно противоречивые.

В пределах Чермозского участка, на левобережье р. Иньвы детальными АКГИ (Ильиных и др., 1992ф) выделена Вешенская цепь ЛА меридионального простирания, состоящая из двух небольших ЛА – Вешенской (№249) и Северовешенской (№248). Обе отражают антиклинальные перегибы, намеченные по кровле кунгурского яруса. Западнее выявлена Усть-Иньвинская ЛА (№247), меридионального простирания, совпадающая с южным окончанием одноименного локального поднятия того же простирания. Выявленные вблизи границы и в пределах акватории Камского водохранилища Южно-Борская ЛА (№239), и Турьяморская ЛА (№250) поисково-разведочными работами не изучена. Имеет смысл объединить все эти ЛА в одну группу и включить в нее группу Пожвинских ЛА №244-246, выделенных региональными АКГИ (Шитин и др., 1979). Общее направление всей цепи – субмеридиональное, согласно направлению Добрянско-Касибского прогиба ККС.

Южнее, на междуречье рр. Иньвы и Чермоза детальными АКГИ (Ильиных и др., 1992ф) выделены две цепи ЛА – Новоселовская (ЛА №350, 352, 353) и Баканятская (ЛА №349, 351). Положение цепей аномалий определяется системами линеаментов субмеридионального и северо-восточного простирания. Новоселовская цепь ЛА образована тремя аномалиями – Североновоселовской, Новоселовской и Макарытской и имеет север-северо-западное простирание. Североновоселовская ЛА имеет север-северо-западное простирание и отображает приподнятый участок, установленный сейсморазведкой по ОГ II и ОГ III. Новоселовская ЛА имеет северо-западное простирание, Макарытская – субмеридиональное. Они приурочены к периклиналям локального поднятия по кровле кунгурского яруса. Баканятская цепь ЛА субмеридионального простирания, образована тремя аномалиями: Баканятской (за пределами площади работ), Усть-Косьвинской и Путинской. Первые две субмеридионального простирания, отображают локальное поднятие того же простирания, выявленное структурным бурением по кровле кунгурского яруса. Путинская ЛА поисково-разведочными работами не изучена.

В южной части Добрянско-Касибского прогиба ККС выявлена Восточно-Филатовская группа отчетливо выраженных ЛА (ЛА № 432-436). Здесь крупная Восточно-Филатовская ЛА соответствует одноименному поднятию. Раменская и Западно-Раменская ЛА расположены в пределах Раневского поднятия. В пределах Кочухинской ЛА сейсморазведкой намечен антиклинальный перегиб по ОГ IIⁿ, в районе Жилиятской ЛА - небольшая приподнятая зона по ОГ IIIⁿ.

Северо-восточнее Восточно-Филатовской группы ЛА выявлена Позевалятская группа ЛА (ЛА №437-442), а юго-восточнее – четыре группы ЛА: Гулинятская (ЛА №437-442), Ошовская (ЛА №446-447), Сенькинская (ЛА №469,470 и др. за пределами площади), Большетуйская (ЛА №450-451) – все эти группы или цепи аномалий имеют северо-восточное простирание, контролируются линеаментами этих направлений. Этот участок слабо изучен

сейсморазведкой. Аномалии в этих группах, вероятно, отображают тектоногенные поднятия осадочного чехла. В Сенькинской группе ЛА Сенькинская ЛА приурочена к одноименному поднятию. Самая южная - Панкрашинская ЛА интересна тем, что совпадает с выступом фаменского борта Добрянско-Касибского прогиба, отмеченного сейсморазведкой. Возможно, что эта аномалия может отображать структуру облекания верхнедевонского рифа между Шеметинской и Зубовской структурами. Гилевская ЛА Гулянской группы ЛА по данным сейсморазведки совпадает с одноименным поднятием. В контурах Макурятской и Киршинской ЛА Позевалютской группы ЛА намечены антиклинальные перегибы по ОГ II и ОГ III. В самой восточной группе ЛА – Большетуйской, расположенной на границе с Пермским сводом, две ЛА: Большетуйская и Отводинская вероятно, отображают малоамплитудные тектоногенные поднятия.

Межевская валообразная зона. В северной части Межевской валообразной зоны детальными АКГИ (Ильиных и др., 1992ф) выявлена Русаковская цепь ЛА (ЛА №452-457). Дугообразно изогнутая группировка ограничена системами линеаментов субширотного и северо-западного простирания. Отчетливыми аномалиями отобразились Зубовский структурный выступ (Зубовской ЛА), Гуриновское поднятие (Гуриновской ЛА), два купола Русаковского месторождения нефти (Русаковской I и Русаковской II ЛА) Романятское (Романятской ЛА) и Филатовское (Филатовской ЛА) нефтеносные поднятия. Непосредственно южнее Русаковского месторождения нефти (на границе, и частично – в пределах Пермского свода) выявлена Южно-Русаковская цепь ЛА (ЛА №464-468), в строении и ориентировке которой существенную роль играют линеаменты северо-восточного простирания. Здесь выявлены Лапкинская, Южно-Русаковская, Мартыновская, Петрушатская и Спириная ЛА. В восточной части этой группы сейсморазведкой и структурным бурением выявлены Мартыновское и Петрушатское малоамплитудные поднятия. Обе структуры уверенно отображаются одноименными аномалиями. Лапкинская ЛА отвечает одноименному поднятию, выявленному сейсморазведкой по опорным поверхностям карбона и девона. Южно-Русаковская и Спириная ЛА требуют доизучения структурно-поисковыми методами.

Пермский свод

Пермский свод аэрокосмогеологическими исследованиями изучен лишь в самой северной части. Детальными АКГИ масштаба 1:50 000 (Ильиных и др., 1992ф) выявлены ландшафтные аномалии №№ 458-461, 468-497.

На северо-западном склоне Пермского свода выявлено несколько цепей и групп ЛА, сохраняющих в целом параллельную склону свода северо-восточную ориентировку, но в некоторых случаях наблюдается отклонение простирания группировок ЛА в меридиональном направлении. Восточная часть северо-западного склона более детально изучена сейсморазведкой и бурением, здесь отмечается весьма удовлетворительное соответствие выявленных аномалий локальным поднятиям. Это характерно для Кудиновской, Кузнецовской цепей и

Шеметинской группы ЛА. Отчетливая смена простираний аномалий, их нелинейная группировка относительно примыкающих с юго-запада цепей обусловлены тектонической позицией Шеметинской группы ЛА. Она расположена на широтном отрезке Межевской валлообразной структуры, пересекающей склон Пермского свода. Как показывают данные сейсморазведки и бурения, локальные поднятия, отображенные аномалиями, образованы структурами облекания верхнедевонских рифов на борту ККСП.

Шеметинская группа ЛА (ЛА №458-461) в целом отвечает одноименному месторождению нефти. Группа образована четырьмя ЛА, имеет неправильные очертания. Три аномалии Шеметинская I, II, и III планово совпадают с вершинами, осложняющими Шеметинское поднятие по ОГ-II. Строение осадочного чехла на участке Восточно-Шеметинской ЛА изучено слабо.

Вблизи крутой флексуры на северо-западном краю Пермского свода выявлена Кузнецовская (ЛА №469-473) и Кудиновская (ЛА №474-478) цепи. Среди аномалий, составляющих Кудиновскую цепь, Кудиновская совпадает с одноименной локальной структурой (Зоринское месторождение нефти), Восточно-Кудиновская – с приподнятым участком по ОГ-II, ОГ-II^н и ОГ-III. Простирание приподнятого участка – широтное, аномалии – северо-восточное. Южно-Кудиновская ЛА частично совпадает с юго-западным окончанием Кудиновского поднятия и антиклинальным перегибом, по ОГ-II, юго-западнее его. Шеметинская IV ЛА на северо-восточном окончании цепи частично совпадает со структурным мысом на юго-восточной окраине Шеметинского поднятия по ОГ-II. Северокудиновская ЛА сейсморазведкой не изучена.

Кузнецовская цепь ЛА контролируется системой линеаментов северо-восточного простирания. Из 6 аномалий (5 в пределах рассматриваемой площади), образующих цепь 5 планово совпадают с локальными поднятиями, часть из которых содержит промышленные скопления нефти в терригенных толщах нижнего карбона и верхнего девона (Кузнецовское месторождение нефти).

В северо-восточной части Краснокамского вала по результатам АКГИ в пределах рассматриваемой площади выявлено 4 групп и цепей ЛА: Гайвинская (ЛА №482-483), Скобелевская (ЛА №485-488) цепи, Восточно-Скобелевская (ЛА №489-492) и Хохловская (ЛА №479-481) группы ЛА.

Центральную часть из них занимает Гайвинская цепь ЛА, контролируемая системами линеаментов северо-восточного и восток-северо-восточного простирания. В пределах рассматриваемой площади расположены только две ЛА из этой цепи – Гайвинская и Александровская. Обе совпадают с поднятием, выявленным сейсморазведкой по ОГ II, при этом, Гайвинская ЛА расположена в контурах Северокамского месторождения нефти; в пределах Александровской ЛА пробурена скв.143 – нефтепроявлений не отмечено.

На северо-западном крыле Краснокамского вала, севернее Гайвинской цепи расположена Хохловская группа ЛА, образованная в пределах рассматриваемой площади Хохловской, Южно-Хохловской и Ширповской ЛА. Первые две ограничены системами линеаментов восток-северо-восточного

простирается, по данным сейсморазведки отвечают Хохловскому поднятию и приподнятому участку, выявленным в толще карбона и девона. В юго-восточной части Ширповской ЛА сейсморазведкой намечена периклиналь поднятия по ОГ-II.

Южнее и восточнее Гайвинской цепи выявлена Скобелевская цепь, образованная пятью линейно расположенными ЛА северо-восточного простирания. Североскобелевская и Скобелевская ЛА расположены в пределах Скобелевского поднятия, выявленного структурным бурением. По данным пикового бурения в контуре Североскобелевской ЛА намечено поднятие по кровле терригенных отложений тульского горизонта, где отмечены обильные нефтепроявления. Полдневская, Верхнерассохинская I и Верхнерассохинская II ЛА отвечают приподнятому участку по ОГ-II брахиантиклинального облика. Вероятно, они отвечают отдельным вершинам, осложняющим эту структуру.

Восточнее выявлена Восточно-Скобелевская группа ЛА, частично изученная структурным и поисковым бурением. Восточно-Скобелевская расположена в восточной части Скобелевского поднятия. Христофоровская и Холоватовская ЛА расположены частично в пределах Христофоровского поднятия. Южно-Холоватовская ЛА – не изучена.

В юго-восточной части Межевской валообразной зоны и на прилегающих к ней участках по АКГИ масштаба 1:100 000 (Пономарева И.Н. и др. 1991) выявлена компактная группа из 5 ЛА (ЛА №493-497). Они отображают известные и предполагаемые различного генезиса поднятия в осадочном чехле. Имеют овальную форму и северо-западную ориентировку по длинной оси. Северухинская и Северосеверухинская ЛА расположены непосредственно в пределах Межевской валообразной зоны (первая – в пределах Северо-Талицкого поднятия, где две скважины дали промышленные притоки нефти; вторая – в пределах Кошеповской структуры). Восточнее расположены Хобеевская, Западно-Хобеевская и Бояркинская ЛА – не изученные геолого-разведочными работами.

Верхнекамская впадина

Верхнекамская впадина изучена на Ножовском участке детальными аэрокосмогеологическими исследованиями масштаба 1:50 000 (Гацков и др., 1990ф). В районе Ножовского выступа и на стыке с Киенгопской валообразной зоной выявлены локальные морфоструктуры №№ 502-544.

На Ножовском участке выделены три средние морфоструктуры субширотного простирания, контролируемые зональными линеаментами (с севера на юг – Северо-Ножовский, Ножовско-Киенгопский и Южно-Ножовский блоки). Центральную часть Ножовского участка занимает Ножовско-Киенгопская средняя морфоструктура субширотного простирания ограниченная двумя субширотными зонами линеаментов протяженностью 40-50 км. Северная субширотная зона линеаментов (шириной 1-2 км) имеет направление согласно с простиранием борта ККСП и Ножовского выступа. По данным бурения непосредственно к северу происходит резкое уменьшение мощности массивных карбонатов позднедевонского возраста (от 300 до 100 м)

(Ваксман, 1986ф; Гацков, 1990ф). Эти данные позволяют интерпретировать ее, как зону растяжения и повышенной трещиноватости земной коры, связанную с резкой неоднородностью строения верхнефранско-фаменской толщи. Южная субширотная зона линеаментов (шириной 1,5-3 км) отстоит от северной в 12 км (на западе) и 20 км (на востоке). Данная зона линеаментов соотносится с границей литолого-фациального замещения отложений верхнефранско-фаменского возраста, намечено по данным сейсморазведки. В структурном плане кровли терригенных отложений тульского горизонта этой зоне планово соответствует флексурный изгиб слоев амплитудой порядка 50 м. В пределах Северо-Ножовского блока пробурено 8 глубоких скважин, в пределах Южно-Ножовского блока – 7 глубоких скважин, ни в одной из них нефтепроявлений не отмечено.

Основные перспективы нефтегазоносности связаны с площадью Ножовско-Киенгопской средней морфоструктуры, где сосредоточены все известные нефтегазовые месторождения и нефтепроявления. В ее пределах выделены 4 линейные морфоструктуры субмеридионального простирания - с запада на восток: Бугровская, Зайчиковская, Роговская и Змеевская.

Бугровская линейная морфоструктура ограничена зонами линеаментов северо-западного простирания. Ширина ее варьирует в пределах 2-3 км. В ее пределах открыто Бугровское месторождение, а также Луговская структура (недоразведанная) с нефтепроявлениями. Они контролируются структурами облекания верхнедевонских биогермов. Бугровской структуре соответствует одноименная локальная морфоструктура - Бугровская (№ 538); Луговской структуре соответствует одноименная локальная морфоструктура - Луговская (№544). В пределах Бугровской линейной морфоструктуры также выделяются 6 перспективных локальных морфоструктур. С севера на юг: Полуденная (№539); Польшкая (№540), которой соответствует Малютинская структура; Северолуговская (№541), которой соответствует Польшкая структура; Клиновская (№542), Восточно-Луговская (№543), которой соответствует Малютинская структура; Городьбовская (№537).

Зайчиковская линейная морфоструктура ограничена зонами линеаментов субмеридионального и север-северо-западного простирания. Ширина ее варьирует в пределах 2,5-4 км. Западнее и восточнее этих ограничений намечаются прогибы по ОГ-II. В ее пределах расположено Западное месторождение - на Масловской и Зайчиковской нефтегазоносных структурах и Бабкинское месторождение на одноименной структуре. Всем им соответствуют локальные морфоструктуры. Всего в пределах Зайчиковской линейной морфоструктуры выделяется 8 локальных морфоструктур. 5 из них соответствуют известным структурам, предположительно приуроченным к верхнедевонским биогермам. С севера на юг: Горшковская (№529) которой соответствует Грушковская структура, Лисьинская (№530), ей соответствует северная часть Лисьинской структуры; Северозайчиковская (№531) соответствует центральной часть Лисьинской структуры и западная часть Полевской структуры; Зайчиковская (№532) соответствует южная часть

Лисьинской структуры; Северобугровская (№533) соответствует Зайчиковская нефтегазоносная структура; Масловская (№534) соответствует Масловская нефтегазоносная структура; Корнишская (№535) в плане на западе примыкает к Быковской структуре; Селищная (№536) соответствует Бабкинской нефтегазоносной структуре; Западная (№525) – в контуре Западного месторождения нефти.

Роговская линейная морфоструктура, выделяется восточнее Зайчиковской; ограничена зонами линеаментов субмеридионального простираия. Ширина ее 2-2,5 км, длина – 8 км. Восточная, ограничивающая зона линеаментов планово совпадает с тектоническим нарушением, ограничивающим выступ фундамента (амплитудой 2-2,5 км). По данным бурения и сейсморазведки к востоку от этой шовной зоны по ОГ-II намечается субмеридиональный прогиб. В пределах Роговской линейной морфоструктуры расположено Западное месторождение, занимающее несколько нефтегазоносных структур. Выделяется 4 локальные морфоструктуры, с юга на север: Западная (№525) – в контуре Западного месторождения нефти; Луконинская (№526) соответствует Луконинской нефтегазоносной структуре Западного месторождения; Роговская (№527) соответствует Роговской нефтегазоносной структуре Западного месторождения и Басковская (№528), занимающая Орелкинскую структуру и восточную часть Полевской структуры (где предполагаются рифовые сооружения и ловушки нефти).

Змеевская линейная морфоструктура, выделяется в восточной части Ножовского участка, вдоль правобережья р. Камы. Ширина ее варьирует от 3 до 5 км. Она ограничена зонами линеаментов субмеридионального простираия. На севере контролируется нарушением по ОГ «Ф». К востоку от этого нарушения происходит погружение фундамента.

В пределах Змеевской линейной морфоструктуры выделяется 9 локальных морфоструктур. За эталон было принято Змеевское месторождение и соответствующая ему Змеевская локальная морфоструктура (№508). К востоку от нее выделяется Восточно-Змеевская локальная морфоструктура (№507), где была рекомендация авторов на структурное бурение, в результате которого по кровле сакмарских отложений открыта Махонинская нефтегазоносная структура Змеевского месторождения. Южнее выделяются Верхне-Падунская (№509), и Падунская (№510) локальные морфоструктуры, имеющие схожее отражение в полях линеаментов и геоиндикаторов с Падунским месторождением. К северу от Змеевского месторождения выделяется 5 локальных морфоструктур: с севера на юг - Частинская (№502), Западно-Частинская (№503), Хрящевская (№504), Североголовнихинская (№505), Головнихинская (№506), предположительно отражающие структуры облекания верхнедевонских биогермов. Непосредственно к северу от Змеевского месторождения выделяется Головнихинская локальная морфоструктура, соответствующая Головнихинской структуре, выявленной сейсморазведочными работами.

Кроме локальных морфоструктур, входящих в состав линейных морфоструктур в центральной части Ножовского участка (между Роговской и Змеевской линейных морфоструктур) выделено еще 13 локальных морфоструктур – большинство из них (10) соответствуют известным нефтегазоносным структурам. Ножовскому месторождению соответствует 2 локальные три морфоструктуры: Ножовская (№516), Холмская (№517) и Восточно-Опалихинская (№524) в форме полигональных блоков. Опалихинскому, северному и южному куполу Березовского месторождения соответствуют три полигональных блока - Североберезовская (№522), Южно-Березовская (№523), Опалихинская (№524). Восточнее располагаются Восточно-Березовская морфоструктура (№521), соответствующая Восточно-Березовской структуре Березовского месторождения и Поздышкинская локальная морфоструктура (№520) в виде небольшого полигонального блока. В 6 км северо-восточнее Березовского месторождения установлена Мостовская локальная морфоструктура, в контурах которой расположены Южно-Мостовская и частично - Северомостовская и Мостовская структуры. К северу от Первомайского месторождения и соответствующего ему блоку (№513), выделяются две локальные морфоструктуры: Северопервомайская (№514) и Нивенская (№515). Падунское месторождение в районе Рябчатского купола отразилось Рябчатской локальной морфоструктурой (№512), а в районе Механошинской структуры – Верхне-Рябчатской локальной морфоструктурой (№511).

Таким образом, на территории Ножовского участка в пределах рассматриваемой территории ККСП выделено всего 43 локальные морфоструктуры. Из них 30 локальных морфоструктур соответствуют локальным структурам, 19 из них – нефтегазоносным. Рекомендованы, как перспективные для поисков залежей нефти и газа 30 локальных морфоструктур. Из них 6 соответствуют структурам уже выявленным или намеченным по результатам сейсморазведочных работ и структурного бурения.

Комплексная интерпретация материалов АКГИ, сейсморазведки, обобщение материалов ГРП на Ножовском участке позволило авторам (Гацков и др, 1990ф) сделать вывод, что репер ГК в кровле сакмарского яруса недостаточно точно отражает строение основных продуктивных горизонтов в разрезе палеозоя. Также установлено, что на фоне регионального увеличения мощности сакмаро-ассельских отложений (от 157 до 202 м) в восточном направлении, выявлены узкие полосы увеличенной мощности, имеющие северо-западную ориентировку. Возможно, эти полосы связаны с ЛМЗ сакмаро-ассельского возраста, подобные, развитым на юго-востоке Пермского Приуралья. Однако их особенностью на Ножовском участке является подчиненность более мощному фактору облекания и дифференцированного уплотнения над рифовыми массивами.

В заключение по Ножовскому участку рекомендуется (Гацков и др, 1990ф, Копылов, 2009ф, Копылов, Хурсик, 2010ф):

- доразведку Ножовского участка рекомендуется проводить сейсморазведкой в комплексе со структурным бурением, с учетом соотношений структурных планов по кровле башкирского яруса и репера ГК, используя результаты комплексных АКГИ;
- в северной части Ножовского участка основной задачей является расширение установленного ареала нефтегазоносности и определение новых направлений потока (оценки нефтеносности карбонатной толщи девона, изучение структур, связанных с шельфовыми биогермами и т.д.);
- специальной задачей является прослеживание полос песчаников увеличенной мощности бобриковского горизонта и, возможно тульских песчаных пластов, учитывая линеаменты, ЛМЗ, зоны линеаментов выявленные АКГИ;
- актуальной задачей является расширение ареала нефтеносности, связанного с развитием шельфовых биогермов и наличием блоковых структур.

Библиографический список

1. Геология и нефтегазоносность Камско-Кинельских прогибов. (Труды совещания, Казань, сентябрь, 1969). Ред.: В.И.Тропольский. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1970. 307 с.
2. Горожанина Е.Н., Горожанин В.М., Заграновская Д.Е., Захарова О.А. Новый взгляд на строение Камско-Кинельской системы прогибов // В сборнике: Новые идеи в геологии нефти и газа. 2019. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, С. 128-132.
3. Козлов С.В., Копылов И.С. Геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина) в связи с его газоносностью // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2016. № 16. С. 98-101.
4. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
5. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника. 2008. № 6. С. 46-69.
6. Копылов И.С. Анализ и обобщение результатов аэрокосмогеологических исследований в бортовых зонах ККСП и сопредельных районах палеошельфа / Отчет сектора комплексных геологических исследований в сводном отчете: «Анализ геологического строения в бортовых зонах ККСП и сопредельных районах палеошельфа с целью выбора первоочередных площадей ГРП и перспективных участков для лицензирования». ООО ПермНИПИнефть. Пермь, 2009. 34 с.
7. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
8. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
9. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные

проблемы науки и образования. 2011. № 5.

10. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.*

11. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.*

12. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*

13. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.*

14. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.*

15. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. *Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*

16. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.*

17. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа – история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 13-24.*

18. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // *Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Пермь, 2017. С. 178-186.*

19. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 38-47.*

20. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 321-328.*

21. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.*

22. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.*

23. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.*

24. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика. 2013. № 2. С. 20-23.*

25. Мирчинк М.Ф., Хачатрян Р.О., Мкртчян О. М. Тектоника и происхождение КамскоКинельской системы прогибов // *Вопросы тектоники нефтеносных областей. ред. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С.86-101.*

И.С. Копылов

Пермский государственный научный исследовательский университет, Пермь, Россия

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ
АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ЗОН НА ТРАССАХ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ**

Рассмотрены геодинамические предпосылки аварийноопасных ситуаций на трассах магистральных нефтегазопроводов. Приведено обоснование аэрокосмогеологических исследований для геодинамической безопасности проектирования и эксплуатации трубопроводных систем. Показан методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований и приведена общая методика выявления участков геодинамической активности на магистральных нефтегазопроводах.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаментный анализ, нефтегазопроводы, геодинамическая безопасность.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**METHODOLOGICAL APPROACH TO CONDUCTING AEROSMO-
GEOLOGICAL RESEARCHES TO IDENTIFY GEODYNAMIC
HAZARDOUS ZONES ON THE ROUTES OF OIL AND GAS PIPELINES**

The geodynamic prerequisites for emergency situations on the routes of oil and gas pipelines are considered. The substantiation of aerospace geological studies for the geodynamic safety of the design and operation of pipeline systems is given. A methodological approach to aerospace research is shown and a general methodology for identifying areas of geodynamic activity on main oil and gas pipelines is presented.

Key words: aerospace methods, interpretation, lineament analysis, oil and gas pipelines, geodynamic safety.

Геодинамические предпосылки аварийноопасных ситуаций на трассах магистральных нефтегазопроводах и обоснование аэрокосмогеологических исследований для геодинамической безопасности проектирования и эксплуатации трубопроводных систем

Одним из важнейших факторов, определяющих надежное функционирование объектов нефтепромышленного хозяйства, магистральных трубопроводов (объектов первого уровня ответственности) является устойчивость приповерхностной литосферы к воздействию развивающихся геологических процессов.

В составе инженерных изысканий для строительства одним из важнейших видом исследований является оценка опасности и риска от природных и техногенных процессов (СНиП 11-02-96), которая наиболее объективно и качественно проводится на основе проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ). Учет линеаментной сети на стадии проектирования различных инженерных объектов позволит избежать или в значительной мере снизить риск возникновения аварийных ситуаций, вызванных одномоментным, периодическим или постоянно действующим влиянием природных факторов, связанных с геодинамическими зонами [42, 43].

Влияние геодинамики на работоспособность магистральных трубопроводов отмечено в теоретических и экспериментальных работах Бенедик А.Л., Гридина В.И., Гриценко А.И., Гусевой Н.В., Егорова Б.Н., Журило А.А., Касьяновой Н.А., Кочарян Г.Г., Кравцова В.В., Крылова Н.А., Лебедич С.П., Овсяченко Н.И., Рафикова С.К., Родионова В.Н., Рябоштан Ю.С., Селюкова Е.И., Сидорова В.А., Султангареева Р.Х., Ульмасовой Е.И., Харионовского В.В., Фоминой С.Т., Шаммазова А.М. и др.

Воздействие геологических факторов на инженерные сооружения: нефте- и газопроводы, железные и автодороги, линии электропередач, мостовые переходы и др. происходит в случае активизации и развития деструктивных геологических процессов [8]. Однако, при анализе аварийности и оценке степени риска аварий, например, трубопроводном транспорте в нефтегазовой промышленности производственники учитывают множество факторов влияния и причин: внешние антропогенные воздействия, коррозию металла труб, качество производства труб, качество строительно-монтажных работ, дефекты тела трубы и сварных швов, гидродинамический режим и давление продукта в трубе. Однако практически не учитывается, такой фактор природного геологического риска, как трещинно-разрывные структуры земной коры с их возможным воздействием на линейные техногенные объекты. Отмечается влияние на аварийность трубопроводных систем со стороны современно активных разломных и трещинно-разрывных структур земной коры с их динамикой [6, 36-38], а также со стороны геосолитонных зон деструкции с их процессами энерговывброса [4, 5]. Нет сомнений, что это влияние происходит и на все другие инженерные сооружения. Основной причиной возникновения аварийных ситуаций на трубопроводном транспорте, исключая технические и технологические причины, является, по мнению большинства исследователей, активизация геологических факторов в тектонически активных геодинамических зонах. Основой для выделения активных геодинамических зон являются материалы дистанционного зондирования и результаты дешифрирования АКС и КС в региональном и локальном плане [8, 34].

Проблема обеспечения надёжности и долговременной механической устойчивости крупных инженерных сооружений в настоящее время всё чаще рассматривается в контексте оценки и прогнозирования характера процессов, происходящих в земной коре. Однако если риск разрушения объектов мощными воздействиями типа крупных землетрясений или оползней очевиден,

то природа потери механической устойчивости инженерных сооружений под влиянием относительно слабых движений земной поверхности и изменения градиентов геофизических полей изучено в меньшей степени.

Данные геологических исследований, космо- и аэрофотосъёмки свидетельствуют, что земная кора состоит из подвижных блоков даже там, где сейсмическая обстановка считается стабильной. Любой участок земной коры, как на поверхности, так и на значительных глубинах пересекается огромным количеством разномасштабных нарушений сплошности, которые делят его на структурные составляющие блокового характера [2, 3]. Активные деформационные процессы, связанные с возникновением дифференциальных движений в блоковых структурах, наблюдаются практически повсеместно, в том числе и в асейсмических платформенных областях [35]. Горизонтальные и вертикальные подвижки блоков земной коры и земной поверхности, с одной стороны, являются причиной микроползней (проявления гравитационных процессов), а с другой – причиной разрушения металла труб на микро- и макроуровнях, что приводит к образованию зон аварийных ситуаций и в конечном итоге разгерметизации нефтегазопромысловых систем и загрязнению окружающей природной среды. Современные тектонические движения, изучаемые комплексом геологических и геодезических исследований, показали фоновые скорости воздымания или опускания участков поверхности в районе Верхнекамского месторождения калийных солей до 3-4 мм в год. В то же время высокоточными геодезическими исследованиями установлено, что вблизи границ отдельных блоков вертикальные сдвигения участков земной коры могут возрастать до 10-20 мм в год и более. Такие аномальные зоны испытывают тенденцию к линейности и хорошо коррелируются с сетью геоморфологических линеаментов. Отмечена приуроченность зон с аномально высокими значениями сдвижений земной поверхности на территории Пермского Приуралья к линейным мобильным зонам, разделяющим тектонические ступени и блоки осадочного чехла [7, 35, 39, 44].

Исследователи аварий трубопроводов Западной Сибири отмечают новое свойство геоэкологической среды – вертикальную деформацию дневной поверхности в режиме реализации как «рывковую», достигающую по данным натурных наблюдений до 40-100 мм [48]. Периодичность «всплеска» перемещений не выдержана. Естественно, что инженерные сооружения, испытывающие подобного рода деформации на контактах блоков, будут преждевременно выходить из строя. На кратковременность, т.е. импульсный характер вертикальных и горизонтальных смещений ГС на контактах блоков указывают измеренные геофизическими методами микросейсм – частые, но короткопериодичные с амплитудой от нанометров до микрометров (С.М. Костарев и др., 1994ф).

Несколько неопределённым вопросом в оценке влияния блоковых структур на устойчивость линейных сооружений является вопрос о количественной оценке вертикальных смещений. Исследователи указывают на относительный характер смещений, т.е. неотектонический блок испытывает

опускание или воздымание относительно примыкающих к нему блоков. В районе Верхнекамского месторождения калийных солей предпринята попытка определить численными методами возможные скачки смещений на контактах блоковых структур. Соответствующие расчёты дали скачки смещений в 3-7 мм в год (Ю.А. Кашников, 1998ф).

Как показали исследования, проведённые в ряде регионов Восточно-Европейской платформы и Урала, аномалии региональных современных движений земной коры, вариации геофизических полей, интенсивные флюидодинамические процессы наблюдаются в относительно узких переходных зонах на границах блоковых структур [35]. В пределах таких зон выявлены аномальные смещения земной поверхности, амплитуда которых превышает на один-два порядка движения в смежных объёмах среды. При этом наблюдаются как медленные движения (скорость движения обычно несколько миллиметров в год), так и короткопериодные с более высокими скоростями смещения и периодами в месяцы, а иногда даже часы [1]. Эти относительные подвижки имеют периодический характер и являются как причиной, так и следствием пониженных прочностных свойств этих зон.

Дезинтеграция и разуплотнение массива горных пород в активных блокораздельных зонах обуславливают сочетание деформационных и флюидодинамических процессов. Повышенная проницаемость зон обеспечивает возможность более интенсивного перемещения по вертикали агрессивных газов и жидкостей.

Локализация механических деформаций и интенсивных вариаций различных геофизических полей в относительно узких межблоковых зонах в настоящее время не вызывает сомнений и является достаточно мощным фактором, воздействующим на инженерные сооружения. Наиболее подвержены влиянию подобных воздействий протяжённые инженерные сооружения, многократно пересекающие межблоковые границы различного масштаба.

Отмечается частая приуроченность коррозионных поражений и расслоений металла, аварийных разрушений сварных швов промысловых и магистральных трубопроводов к геодинамическим зонам. Потенциальную опасность для инженерных сооружений, пересекающих геодинамические зоны активных разломов, представляют геодинамические факторы, к которым относятся повышенные концентрации активных газов и флюидов, медленные дифференциальные перемещения блоков земной коры, воздействие сейсмических колебаний малой амплитуды [41]. При обследовании магистрального газопровода «Ямал-Европа» было установлено, что значительная часть разрывов и участков повышенной коррозии труб приурочены к зонам повышенной проницаемости горного массива на межблоковых границах разного иерархического уровня. В этих зонах выявлены закономерные изменения концентрации коррозионно активных газов и флюидов - углекислого газа, сероводорода, паров ртути, магния, меди и т.д. Всё это приводит к резкому повышению агрессивности подземных вод и интенсивной химической коррозии. Повреждения на трубопроводах

связываются также с медленными дифференциальными перемещениями блоков земной коры, в особенности с имеющими место в отдельные периоды времени резкими сменами скоростей вертикальных движений блоков - от единиц до первых сотен миллиметров в год.

Особое значение влиянию микросейсмических колебаний на процесс усталостного разрушения отдельных участков трубопроводов до последнего времени не придавалось. Однако в геодинамических зонах, где могут наблюдаться высокие градиенты амплитудных и частотных характеристик микросейсмических колебаний, в самом трубопроводе могут возникнуть деформационные волны. Это обуславливает концентрацию знакопеременных динамических деформаций малой амплитуды.

Региональные линеаменты, разграничивающие неотектонические блоки и сопровождающиеся субпараллельными линеаментами меньшей протяжённости, образуют на границах блоковых структур линейные мобильные зоны интенсивной трещиноватости. В этих зонах локально возрастают интенсивность эрозионного и денудационного расчленения рельефа, его контрастность, глубина вреза эрозионных форм. Как показали АКГИ на Ново-Губахинском участке в Пермском Приуралье, в таких геодинамических зонах на границах блоковых структур чаще могут возникать на пересекающих их инженерных сооружениях аварийно-опасные и осложнённые участки (Н.Я. Быков и др., 2004ф).

На Соликамском и Дороховском опытных полигонах, изученных многократными высокоточными геодинамическими исследованиями выявлены аномально интенсивные вертикальные смещения земной поверхности вдоль границ неотектонических блоков от 3-4 до 20-40 мм в год. Эти показатели возрастают в линейных мобильных зонах, ширина которых составляет от первых сотен метров до 1-2 км (В.А. Сидоров и др., 1989ф, 1992ф). При пересечении таких мобильных зон плетё нефтепровода испытывает повышенные знакопеременные напряжения, вызывающие усиление микротрещиноватости в стенках труб. Последнему способствуют микросмещения грунтов, а возникающие при блоковых подвижках слабые, но длительно существующие электростатические поля в горных породах могут значительно усилить коррозию металла.

Ширина контактных зон блоковых структур может заметно колебаться. Очевидно, что она должна зависеть от масштаба (таксономического ранга) блока. Проведённые для региона Соликамской впадины исследования показывают связь величин смещений с размерами деформирующихся структурных блоков, а именно: чем больше структурный блок, тем большую деформацию можно ожидать на его границах. Это и закономерно, т.к. известно, что к границам крупных структурных блоков приурочены очаги землетрясений (Ю.А. Кашников и др., 1997ф). Именно эти большие смещения и характеризуют наибольшую активность границ мобильных зон, которые приурочены к крупным линеаментам над разломами земной коры и фундамента. Величина смещений по ним за год в условиях статического деформирования могут

достигать 16-20 мм и даже более. Анализ наблюдений в районе выхода на земную поверхность тектонического нарушения на Чашкинском месторождении свидетельствует о нестабильном поведении земной поверхности в районе нарушения в зоне шириной в среднем 400 м (Кашников и др., 1998). Поверхность испытывает знакопеременные деформации, т.е. пучения до 215 мм сменяются оседаниями до 400 мм. Более внимательный анализ свидетельствует о том, что для территории Верхнекамского месторождения калийных солей ширина разломных структур – границ блоков изменяется от 0,5 до 2,5 км.

На неопределённость ширины зон разломных структур для нефтегазовых месторождений Западной Сибири указывает С.Т.Фомина [48]. Удалённость аварии от места проекции глубинного разлома на поверхность может быть достаточно большой (до 10-15 км), что обусловлено демпфирующими свойствами осадочного чехла, постепенной аккумуляцией напряжений в трубе.

Внутриблоковые трещинно-разрывные нарушения и линейные зоны повышенной трещиноватости, фиксирующиеся отрицательными формами рельефа, такими как долины ручьёв и ложков, ложбинами стока, тальвегами оврагов, седловинами и термокарстовыми просадками, также представляют потенциально опасные участки. На инженерные сооружения могут воздействовать русловые и подрусовые потоки в песчано-галечных аллювиальных и пролювиальных образованиях. В тальвегах вершин ложков может возрасти интенсивность размыва временными потоками талых и ливневых вод, приводящего к повреждению инженерных сооружений. В водосборные ложбины и термокарстовые западины разгружаются дождевые и талые воды, воды из склоновых отложений, что приводит к обводнённости или сильной увлажнённости грунтов. Интенсивность поверхностного и грунтового стоков резко возрастает в периоды весенних половодий и ливневых паводков. Все перечисленные факторы усиливают отрицательные воздействия на инженерные сооружения. Потенциально опасными могут быть участки пересечения исследуемой трассой термокарстовых понижений. На этих участках возможно смещение грунтов вследствие солифлюкции и деградации многолетней мерзлоты. Трещинно-разрывные нарушения в осадочном чехле унаследуются отрезками речных долин разного порядка. Переходы через долины постоянных водотоков в мобильных линеamentных зонах следует считать наиболее аварийно-опасными.

Анализ соответствия данных по аварийности и внутритрубной диагностики и результатов аэрокосмогеологических исследований, проводившийся как в Пермском Приуралье [44], так и в регионах Западной Сибири [7, 40, 48, 49] позволяет предположить, что существует тесная связь между местом аварии и близостью водотока. Вероятно это объясняется тем, что большинство водотоков находят своё русло вдоль тектонически активных геодинамических зон, в пределах которых породы наиболее ослаблены и легко поддаются размыву. Так сопоставление данных диагностики и результатов аэрокосмогеологических исследований по магистральному нефтепроводу

«Чашкино-Каменный лог» в Пермском крае показало, что более 50% опасных дефектов сосредоточены в местах пересечения нефтепровода крупных рек и русел значительных водотоков (Ю.А. Кашников и др., 2000ф). Небольшие речки и ручьи практически не влияют на концентрацию дефектов. Отдельные (единичные) линеаментные структуры также не оказывают повышенного по сравнению с общим фоном влияния на концентрацию дефектов. Однако плотное распределение линеаментных структур и водных объектов, а также заболоченных участков повышают фоновую плотность распределения дефектов. Карстово-провальные и карстово-суффозионные явления также влияют на усиленную концентрацию дефектов. Установлено, что определенная часть аварийных ситуаций приурочивается к активным геодинамическим зонам деструкции осадочного чехла и концентрируется на контактах неотектонических блоковых структур [35].

Как показали неотектонические и аэрокосмогеологические исследования, проведенные в условиях Предуральяского прогиба и на платформе, концентрация потенциально аварийноопасных участков на трассах нефте- и газопроводов, а также концентрация аварийных ситуаций, наблюдавшихся на них, увеличивается с повышением геодинамической (неотектонической) активности, особенно на границах блоковых структур (рис. 1) [42].

Эта закономерность была детально изучена Р.Х. Султангареевым [46, 47], изучившего проблему работоспособности газопроводов в зонах геодинамической активности газотранспортной системы ООО «Газпром трансгаз Чайковский», расположенной на территории Западно-Уральского региона (с использованием наших материалов АКГИ, а также – геодезических и геофизических данных). Доказано влияние геодинамических активных зон на аварийность (из 16 аварий, происшедших на обследованных участках, 13 аварий находятся в геодинамических зонах размером от 240 до 1400 м). Установлено, что аварийно-опасными участками являются зоны трещинно-разрывных нарушений на границах блоковых структур, узлы пересечения разнонаправленных нарушений, осложняющие неотектонические блоки, внутриблоковые участки сгущения сети нарушений. В местах с разряженной сетью линеаментов более аварийно-опасными следует считать участки на пересечениях с отдельными, более протяжёнными линеаментами регионального и зонального уровня. В данной работе был разработан метод выявления потенциально опасных участков трубопроводов в зонах геодинамической активности поэтапной обработкой данных аэрокосмогеологического, геодезического и микросейсмического обследования трасс газопроводов [46, 47].

Основными потенциальными аварийноопасными участками на линейных трассах в большинстве случаев могут быть геодинамические активные зоны – мобильные зоны трещинно-разрывных нарушений на границах блоковых структур, узлы пересечения разнонаправленных нарушений, осложняющие неотектонические блоки; внутриблоковые участки сгущения сети нарушений. В местах с разряженной сетью линеаментов более аварийноопасным следует

считать участки на пересечениях с отдельными более протяжёнными линеаментами регионального и зонального таксонов.

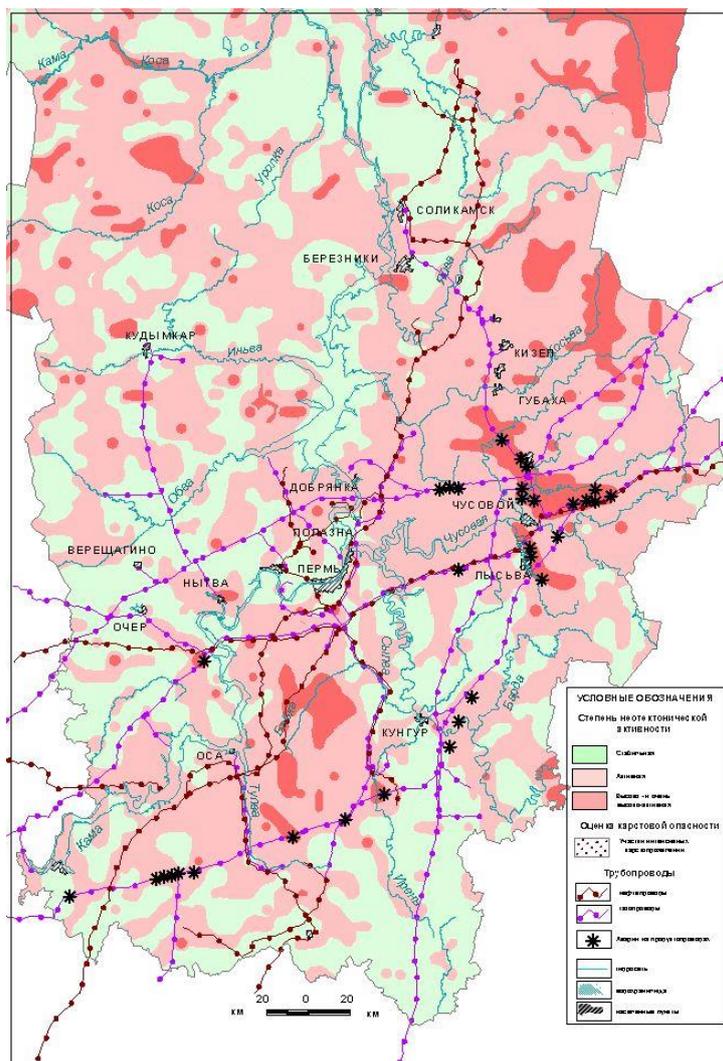


Рис. 1. Приуроченность мест аварийности нефтегазопроводов в Пермском Приуралье к участкам высокой неотектонической активности [19]

Общая методология и методика выявления участков геодинамической активности на магистральных нефтегазопроводах

Выявление геодинамических активных зон и оценка влияния геодинамического фактора на устойчивость линейных инженерных сооружений в т.ч. – нефтегазопроводов обеспечивается при проведении инженерно-аэрокосмогеологических изысканий (вид традиционных лабораторно-полевых инженерно-геологических изысканий и дистанционных аэрокосмогеологических исследований) и комплекса специализированных методов - линеаментно-геодинамического и морфонеотектонического анализов.

Методика аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) базируется на многолетнем (более 40 лет) опыте уральской и сибирской школ

аэрокосмогеологии и разрабатывалась автором совместно с М.В. Чусовым, В.З. Хурсиком, Н.Я. Быковым, В.В. Михалевым, В.В. Коноплевым, Е.А. Аристовым и др. (в ОАО «Енисейнефтегаз», ФГУП «Геокарта-Пермь», ООО «ПермНИПИнефть», ЕНИ ПГНИУ, ООО «Недра»).

Общая методология АКГИ базируется на основных методах аэрокосмогеологического и неотектонического анализа и технологий обработки данных (компьютерного дешифрирования, космогеологического картирования блоковых структур, оценки и районирования геодинамической (неотектонической) активности, комплексного линеаментного и структурно-геоморфологического анализа на основе ГИС-технологий и др.).

Цель и задачи АКГИ

Установление на основе разномасштабных аэрокосмогеологических и дистанционных исследований системы долгоживущих линеаментов определяющих места потенциально опасных геодинамических участков на магистральных нефтегазопроводах.

Основные задачи:

- подготовка материалов аэрокосмосъемок,
- визуальное выделение геоиндикаторов,
- дешифрирование (структурно-геологическое, ландшафтное, геоиндикационное, экзогеодинамическое и др.) аэрокосмических снимков,
- автоматизированная обработка линеаментов,
- различные виды классификаций,
- создание локальных баз данных,
- создание цифровых моделей рельефа,
- линеаментно-блоковый анализ,
- линеаментно-геодинамический анализ,
- морфонеотектонический анализ (оценка мегатрещиноватости, расчлененности рельефа, аномальных уклонов продольных профилей, извилистости рек и др.),
- геоинформационное картографирование (создание карт районирования и оценки).

Основным видом работ в комплексе АКГИ является структурное (линеаментное) дешифрирование – выделение на материалах аэрокосмических съемок с помощью геоиндикационных признаков (геоморфологических, ландшафтных, гидрогеологических и др.) элементов структурно-тектонического строения и неотектонических особенностей изучаемой территории.

Дешифрирование проводится в стадийной последовательности от мелкого масштаба – к крупному, по нескольким уровням генерализации в зависимости от площади исследований, размера линейных объектов, сложности объектов, изученности районов (рис. 2).

Обработка линейных объектов – линеаментов и мегатрещин, расчет их плотности производится в ГИС-технологиях, Arc Map (Spatial Analyst Tools, Line Density), ранжируется по баллам и классифицируется по геологическим

признакам. Комплексный анализ с учетом зонирования плотности трещиноватости позволяет выделить участки различной геодинамической (неотектонической) активности и опасности.

Конкретные примеры применения данного методологического подхода рассмотрены в работах [9-33, 42, 43, 45].

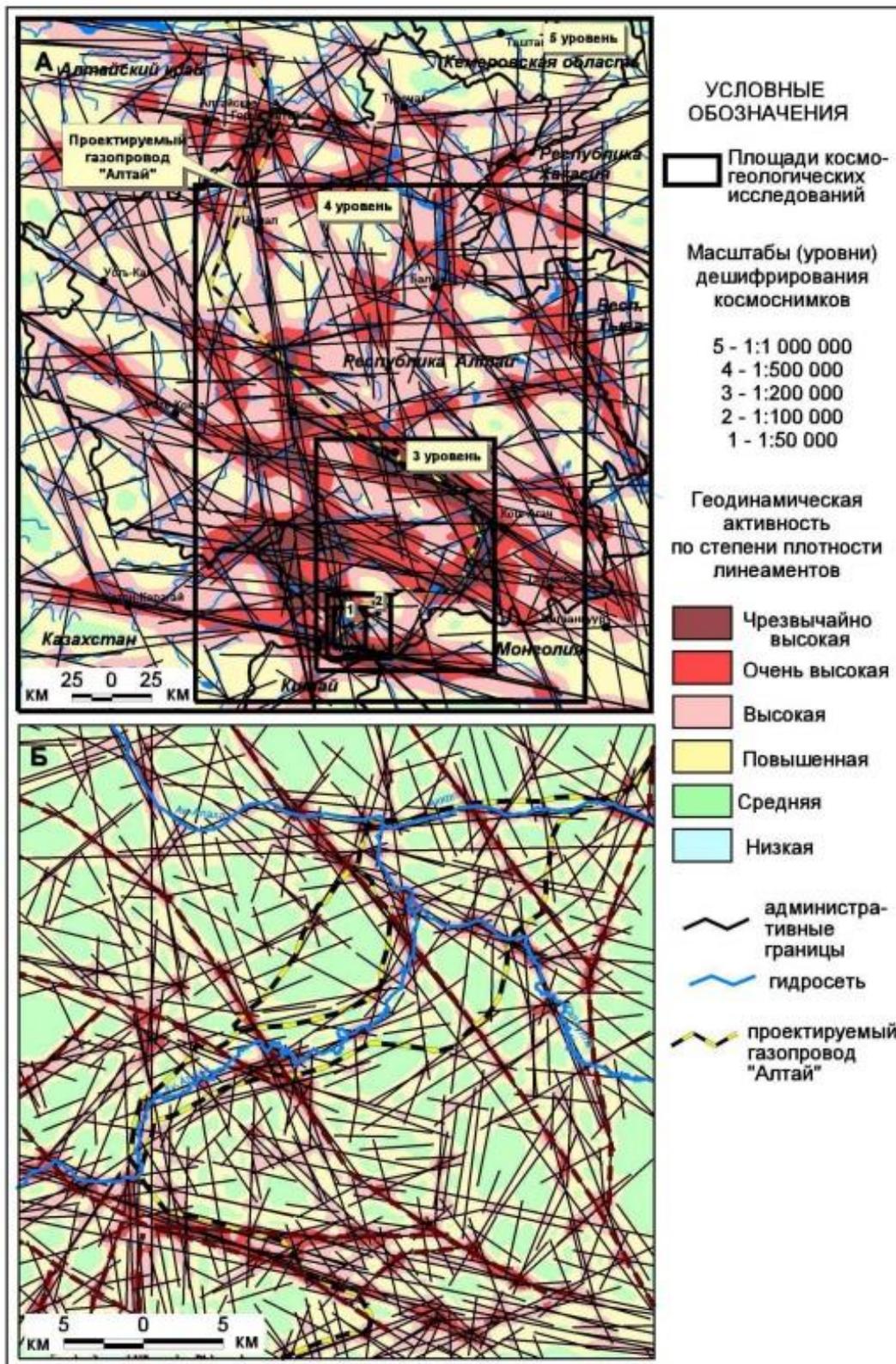


Рис. 2. Пример оценки геодинамической опасности по разным уровням изучения на проектируемой трассе газопровода «Алтай»

Выводы

Проведенные исследования в различных регионах России – Урало-Поволжья, Европейского Севера, Западной и Восточной Сибири и других регионах показали, что одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций на линейных инженерных сооружениях помимо технических и технологических факторов является активизация геологических процессов в геодинамических активных зонах.

Доказано, что с линеаментами и их системами связаны многие экзогенные геологические процессы и явления (интенсивное развитие карста и термокарста, суффозия, оврагообразование, оползни, смещение русел водотоков и т. д.). К зонам пересечения линеаментов с линейными объектами (нефте- и газотрубопроводы, сооружения связи, транспортные магистрали и др.) приурочена большая часть аварий, обусловленных природными факторами.

Таким образом, выделяемые аэрокосмическими методами геодинамические активные зоны являются неблагоприятными участками с высокой и очень высокой степенью инженерно-геологической опасности и риска, которые необходимо учитывать при проведении проектно-строительных работ, разработке природоохранных мероприятий, безопасной эксплуатации инженерных сооружений и в других сферах хозяйственной деятельности.

Библиографический список

1. Адушкин В.В. и др. О воздействии сейсмических колебаний малой амплитуды на инженерные сооружения // Докл. РАН. 1999. Т.369. №6. С.816-817.
2. Бабак В.И. и др. Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечернозёмной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000. М.: ГУГК, 1984.
3. Бабак В.И. и др. Геофизическая проверка линеаментов в Москве. Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 2. М., 2002. С.112-119.
4. Бембель Р.М. и др. Новый взгляд на источники аварий и проблемы их предотвращения. Труды NDI, вып.1, Нижневартовск, 1994. С.51-54.
5. Бембель Р.М. и др. Геосолитонная природа субвертикальных зон деструкции. Геофизика, спец. вып. М., 2001. С.36-50.
6. Гридин В.И., Дмитриевский А.Н. Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазоносных территорий. М.: Наука, 1994.
7. Гриценко А.И., Зотов Г.А. Научно-прикладные геодинамические проблемы разработки месторождений природного газа // В кн.: Проблемы геодинамической безопасности. ВНИМИ. С-Петербург, 1997. С.186-193.
8. Егоров Б.Н., Кузнецова Е.А. Исследование геоэкологической и геодинамической ситуации участка магистрального газопровода (МГ) с использованием данных дистанционного зондирования. Земля из космоса – наиболее эффективные решения. М.: Бином, 2003. С.135-137.
9. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования на трассах нефтегазопроводов для оценки инженерно-геологических условий и геодинамической активности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 157-162.
10. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
11. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.
12. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.

13. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
14. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // В сборнике: *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей*. Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2011. С. 196-198.
15. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
16. Копылов И.С. К разработке теории о геодинамических активных зонах и эколого-геодинамическая оценка трасс линейных сооружений // *Академический журнал Западной Сибири*. 2013. Т. 9. № 4 (47). С. 17.
17. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
18. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
19. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
20. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности*. Пермь, 2019. 131 с.
21. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2012. № 6. С. 341-351.
22. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.
23. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
24. Копылов И.С. Проведение линеаментно-геодинамического анализа Горного Алтая и трассы проектируемого газопровода "Алтай" // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 8-3. С. 398.
25. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.*
26. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
27. Копылов И.С., Зарипова Д.А. Инженерно-геологические условия на юго-западе Пермского края (на примере Беляевского нефтяного месторождения) // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 185-196.
28. Копылов И.С., Ковин О.Н., Нахесбик С. Изучение инженерно-геодинамических условий аэрокосмическими методами для проектирования крупных линейных сооружений России (Алтай) и Китая (провинция Синьцзянь) // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2019. № 2 (39). С. 428-434.
29. Копылов И.С., Ковин О.Н., Накысбек С. Инженерно-геодинамический анализ территории на стыке России, Китая, Казахстана и Монголии для строительства магистральных трубопроводов // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 197-203.
30. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.
31. Копылов И.С., Мельчакова Н.П. Инженерно-геологическая оценка и районирование центральной части Пермского края для проектирования газопроводов // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 216-229.
32. Копылов И.С., Оборин В.В. Изучение инженерно-геокриологических и геодинамических условий территории ПТБО г. Игарки на основе изысканий, аэрокосмических исследований и электроразведки // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 218-227.

33. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 228-238.
34. Кострюкова Н.К., Кострюков О.М. О повторяющейся аварийности и других аварийных явлениях в связи с фактором природного риска – современно активными разломами земной коры // Горные науки на рубеже XXI века: мат. конф. Екатеринбург. 1998. С.439-444.
35. Кочарян Г.Г. и др. Влияние геодинамических факторов на механическую устойчивость протяжённых инженерных сооружений // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2001. № 6. С.489-500.
36. Кравцов В.В., Никонов А.И., Ромашов А.А. Геодинамическая цикличность как фактор проявления аварийности природно-техногенных систем в нефтегазоносных районах // Циклы природных процессов, опасные явления и экологическое прогнозирование: мат. 2 междунар. конф. Вып.8. М., 1994.
37. Кравцов В.В. Оценка эколого-геодинамической опасности освоения месторождений нефти и газа Западной Сибири с использованием аэрокосмической информации / автореф. дис. канд. тех. наук. М., 2005.
38. Крылов Н.А., Сидоров В.А. Современная геодинамика и нефтегазоносность. М.: Наука, 1989.
39. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М., Агентство экономических новостей, 1999. С. 220.
40. Кушнир С.Я., Новосёлов В.В., Иванов И.А. Сопоставление и оценка результатов внутритрубной диагностики трубопровода с позиций грунтовых условий вдоль трассы // Нефть и газ. 2000. № 1. С. 97-104.
41. Лебедич С.П. и др. Геодинамическая активность и безопасная эксплуатация магистральных нефтепроводов // Горный вестник. 1998. № 4. С.35-41.
42. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2005. № 1. С. 75-77.
43. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», № 5-6. 2005. С 76-78.
44. Научно-методические основы геодинамического и маркшейдерско-геологического прогнозирования зон разрушения нефтепромысловых систем и экологической безопасности при проектировании и разработке нефтяных и газовых месторождений / Э.Г. Герович, Л.Ф. Дементьев, Р.С. Рахимкулов, В.З. Хурсик. Пермь, ПермГТУ, 1995.
45. Оборин В.В., Копылов И.С. Оценка и прогноз инженерно-геокриологических условий ПТБО г. Игарки на основе инженерных изысканий и аэрокосмогеологических исследований // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 257-260.
46. Султангареев Р.Х. Оценка влияния геодинамики на работоспособность магистральных газопроводов // Нефтегазовое дело. Уфа, 2006. Т.2. С. 60-63.
47. Султангареев Р.Х. Обеспечение работоспособности газопроводов в зонах геодинамической активности / автореф. дис. канд. тех. наук. Уфа, 2009. 25 с.
48. Фомина С.Т. Геоэкологические условия газонефтеносных районов и антропогенная трансформация природных систем на севере Западной Сибири / автореф. дисс. канд. техн. наук. Тюмень. 1998. 24 с.
49. Чепурский В.Н. Концептуальные решения проблемы долговечности магистральных трубопроводов Западной Сибири, реализованные в подразделениях АО «Сибнефтепровод». Нефть и газ. 1997. № 2. С.68-70.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ
ЛИНЕАМЕНТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО И
МОРФОНЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ
ЧАСТИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ПОИСКОВ
НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР**

Разработан новый методологический подход к проведению дистанционных исследований на основе линеamentно-геодинамического и морфонеотектонического анализов. Проведено дешифрирование космических снимков территории Красноярского края, построена карта регионального линеamentного поля. В центральной части края, в пределах Байkitской антеклизы (на площади около 120 тыс. км²) выделены десятки тысяч тектонических линеamentов различной протяженности. Закартированы многочисленные геодинамические активные зоны, обусловленные повышенной тектонической трещиноватостью и высокой плотностью линеamentов. Отмечается приуроченность многих геохимических, геофизических, гидрогеологических и др. аномалий, месторождений и проявлений углеводородов к тектоническим разломам и геодинамическим активным зонам.

Ключевые слова: нефть и газ, аэрокосмогеологические исследования, морфонеотектонический, анализ, линеamentно-геодинамический анализ, космические снимки, дешифрирование, геодинамическая активность, Восточная Сибирь, Красноярский край.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**METHODOLOGICAL APPROACH TO CONDUCTING LINEAMENT-
GEODYNAMIC AND MORPHONEOTECTONIC ANALYSIS IN THE
CENTRAL PART OF THE KRASNOYARSK REGION FOR ESTIMATING
GEODYNAMIC ACTIVITY AND SEARCHING FOR OIL STRUCTURES**

A new methodological approach to conducting remote sensing studies based on lineament-geodynamic and morphoneotectonic analyzes has been developed. Interpretation of satellite images of the Krasnoyarsk Territory was carried out, a map of the regional lineament field was built. In the central part of the region, within the Baikite anteclise (on an area of about 120 thousand km²), tens of thousands of tectonic lineaments of various lengths have been identified. Numerous geodynamic active zones have been mapped due to increased tectonic fracturing and high density of lineaments. The confinement of many geochemical, geophysical, hydrogeological and other anomalies, deposits and manifestations of hydrocarbons to tectonic faults and geodynamic active zones is noted.

Key words: oil and gas, aerospace research, morphoneotectonic, analysis, lineament-geodynamic analysis, satellite images, interpretation, geodynamic activity, Eastern Siberia, Krasnoyarsk Territory.

Введение

Роль неотектоники и современной геодинамики в формировании залежей углеводородов (УВ) отмечается многими исследователями [1]. В размещении залежей и зон нефтегазонакопления на Сибирской платформе их роль во многом еще не выяснена. Установлено, что в рифейских и кембрийских отложениях нефтегазовые, газовые и газоконденсатные месторождения приурочены к зонам с амплитудами новейших поднятий от 250 до 500-550 м [2]. Отмечается значительная роль эндогенных факторов в формировании нефтегазовых месторождений [47], среди которых особенно важными являются системы глубинных разломов, являющиеся флюидоподводящими каналами от глубинных источников УВ.

Исторические аспекты изучения неотектонических и геодинамических условий, проведения дистанционных исследований

Неотектоническое строение и современная геодинамическая обстановка в Восточной Сибири в пределах Красноярского края изучались различными методами структурно-геоморфологических (морфометрические, морфоструктурные, морфонеотектонические и др.) и дистанционных аэрокосмогеологических исследований.

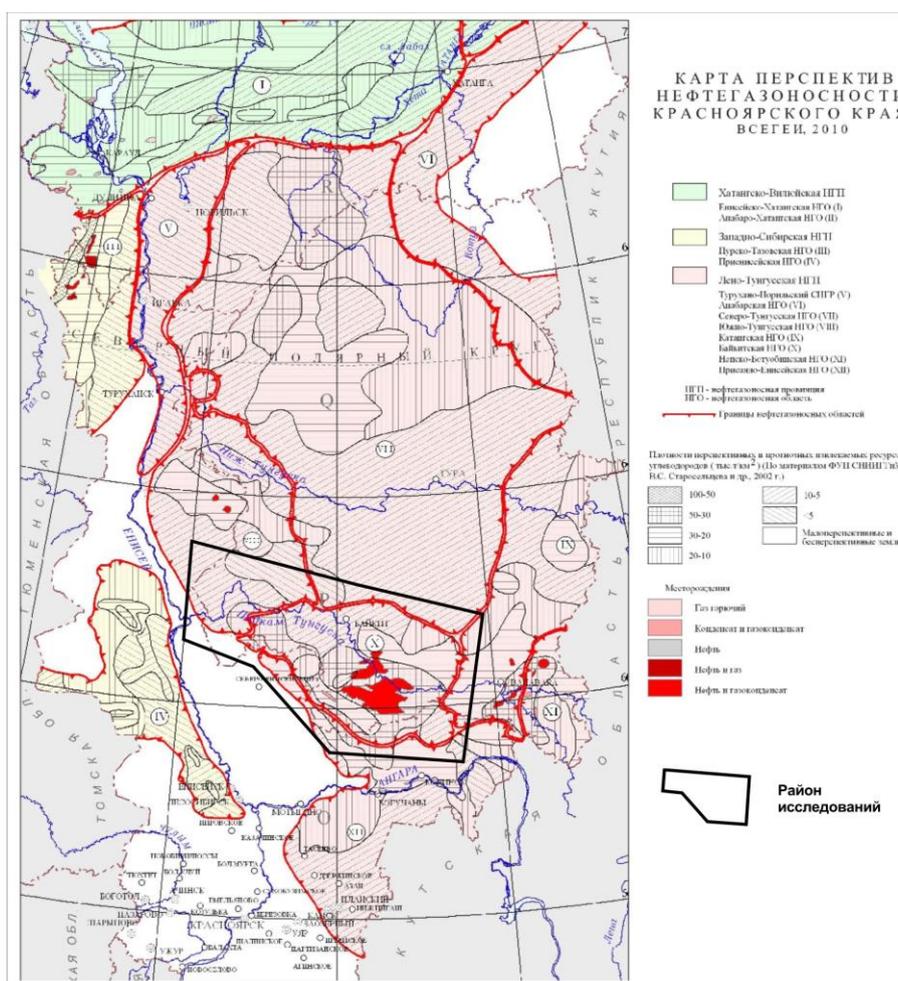


Рис. 1. Обзорная карта района исследований

Методы морфоструктурного анализа с целью оценки структурного плана территорий на основе закономерностей между новейшими тектоническими движениями и рельефом земной поверхности на Сибирской платформе широко применялись, особенно в период расцвета геологопоисковых и нефтегазописковых работ (70-90 гг. XXв.), когда были открыты все основные месторождения нефти и газа и была заложена фундаментальная основа для дальнейших поисков углеводородов.

В районах Байкитской антеклизы и Тунгусской синеклизы на ранней стадии нефтегазописковых работ морфоструктурные исследования проводились в основном структурными подразделениями ПГО «Енисейнефтегазгеология». Они сыграли определенную роль при подтверждении локальных положительных структур, выявленных структурно-геологической съемкой [3, 20, 33, 43-45]. Вместе с тем, морфоструктурный анализ показал на большую трудность в интерпретации полученных результатов, обусловленную сложными геологическими условиями и процессами рельефообразования, слабой изученностью геофизическими методами и бурением этих территорий, а также часто формальным или субъективным подходом к проведению традиционных морфометрических методов. По этим причинам имеет место неоднозначность характеристики структурного плана и оценки степени активности новейших тектонических движений.

В 80-е годы XX в. в центральной части Байкитской антеклизы, на Камовском своде при интенсификации геологоразведочных работ и в связи с открытием Юрубчено-Тохомского нефтегазового месторождения были получены новые данные по глубинному строению земной коры и значительно пересмотрены представления о тектоническом строении. Многие морфоструктуры, выделенные на основе традиционных способов, не нашли своего отражения в структурно-тектоническом плане территории. Поэтому прежний подход к проведению морфоструктурного анализа здесь потерял свою поисковую ценность. Необходимо было искать новые подходы, усовершенствовать методику структурно-геоморфологических и дистанционных исследований.

Новый методический подход к проведению дистанционных исследований

На основе теоретических предпосылок морфоструктурного и морфонеотектонического анализа (прямая зависимость расчлененности рельефа, аномальных уклонов продольных профилей рек от активности неотектонических движений; повышенная трещиноватость и уменьшение коэффициента извилистости рек на поднятиях), которые базируются на разработках В.П. Философова [46], И.Г. Гольбрайха, В.В. Забалуева, А.Н. Ласточкина, Г.Ф. Уфимцева, Э.Л. Якименко и др., [41, 42] а также многолетних исследований автора разработана методика – *«морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности по способу равнозначных градаций»* – И.С. Копылов [18, 19]. Сущность этой

методики заключается в системном подходе к комплексу морфометрических показателей, полученных путем структурно- геоморфологических построений, основным приемом которых является графическое разложение на составные части рельефа, изображенного на топографических картах и структурное дешифрирование аэрокосмоснимков. Поскольку рельеф – это сложная система, его тектоническая оценка может быть дана только с помощью интегрального показателя, который мы называем коэффициентом неотектонической активности (КНА), рассчитанный способом равнозначных градаций морфометрических показателей. Выделенные образования на карте неотектонической активности являются одновременно морфоструктурами и неотектоническими формами – результатом отражения взаимосвязи и взаимодействия рельефа и неотектоники.

Территория Байкитской антеклизы в неотектоническом плане соответствует Байкитскому крупному приподнятому блоку с амплитудами неотектонических поднятий в основном 500-600 м. За начало неотектонического этапа на Сибирской платформе принята граница палеогенового и неогенового времени. Основная тектоническая активизация, в целом началась на границе олигоценового и неогенового времени, затем резко усилилась в конце миоцена и неоднократно усиливалась в плиоцен-четвертичное время [1]. В строении земной коры выделяются два основных геодинамических элемента – относительно монолитные геоблоки со стабильным неотектоническим режимом и геодинамические активные зоны со значительно более высокой мобильностью неотектонических движений. Отличительной особенностью этого региона является довольно высокая плотность разрывных нарушений, которая является результатом проявления новейшей и современной тектоники. Неотектонические движения носят преимущественно глыбовый характер. Большинство более или менее крупных положительных структур чехла платформы, отличающиеся высокой степенью активизации в неоген-четвертичное время, вероятно, приурочены к приподнятым унаследованным блокам. Байкитский блок является унаследованной с рифейско-палеозойского времени структурой и имеет сравнительно хорошее совпадение, как по своим контурам, так и по расположению с Байкитской антеклизой. Камовский свод также хорошо выражен в неотектоническом плане.

Неотектоническое строение и современная геодинамическая обстановка изучались различными методами структурно-геоморфологических (морфометрические, морфоструктурные, морфонеотектонические и др.) и дистанционных исследований.

Морфонеотектонический анализ

Методика заключается в составлении карты неотектонической активности, комплексном анализе распределения морфонеотектонических показателей.

На первом этапе анализировались топокарты, и аэрофотоснимки (АФС) и комические снимки (КС) мелкого и среднего масштабов, строились

вспомогательных схемы – порядков рек (по правилу Н.А. Ржаницына, 1960 [46], учитывающему гидрологические характеристики речных бассейнов) и схем базисных поверхностей I-III и более порядков рек. По базисной поверхности все морфоструктуры четко отражают формы современного рельефа, обусловленные неотектоническими движениями. Амплитуды неотектонических движений на Байкитской антеклизе достигают 500-600 м, с преобладающими значениями 200-300 м.

На втором этапе строились четыре исходные схемы: коэффициента извилистости рек (КИР), коэффициента аномальных уклонов продольных профилей рек (КАУ), коэффициента суммарной эрозионной расчлененности рельефа (КЭР) с учетом вертикальной и горизонтальной расчлененности – по разнице отметок высот и длине водотоков в квадрате и коэффициента мегатрещиноватости (КМ) по количеству мегатрещин (линеаментов длиной около 1-5 км).

На третьем этапе проводилась математическая интерпретация результатов: приведение к условиям однородной среды, нормирование, осреднение в квадратах, расчет каждого морфометрического показателя в равнозначных грациях – баллах (исходя из закона нормального распределения с учетом среднего арифметического и стандартного отклонения, проводилось шести балльное ранжирование), расчет суммарного балла, интерполяция способом рациональных дробей, построение схемы в изолиниях.

На четвертом заключительном этапе проводился анализ результирующей карты равнозначных граций морфометрических показателей (неотектоническое районирование) и оценка степени неотектонической активности локальных объектов (структур и участков), выделение геодинамических активных и стабильных зон, сопоставление их с геохимическими, геофизическими и гидрогеологическими полями.

Проведено районирование неотектонической активности по морфонеотектоническому анализу – выделены сводные аномалии с высокой неотектонической активностью по комплексу морфонеотектонических показателей и участки с преимущественно фоновым распределением морфонеотектонических показателей [11] (рис. 2).

Исследования по данной методике, проведенные на многих площадях Восточной Сибири и других регионов, показали высокую надежность картирования геодинамических активных зон и локальных структур, особенно при комплексировании со структурно-геохимическими и структурно-гидрогеологическими методами. Морфонеотектонический анализ на площадях Байкитской антеклизы и Тунгусской синеклизы позволил провести оценку степени неотектонической активности локальных положительных структур. Все установленные структуры характеризуются стабильным (8-10 балл неотектонической активности), активным (11-13 балл) и высоко активным (13-20 балл) типом неотектонического режима с контрастностью относительно среднефоновых значений 0,8-1,6, в среднем 1,1.

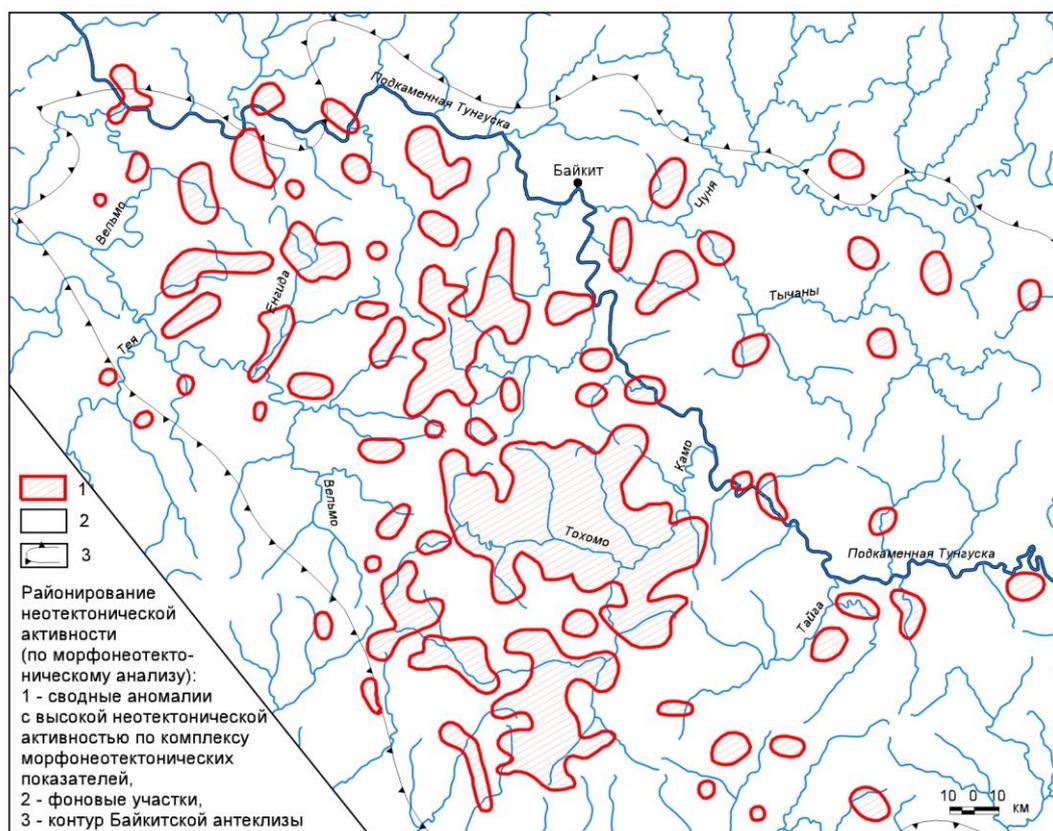


Рис. 2. Неотектоническая активность Байкитской антеклизы

При этом из пяти продуктивных на нефть и газ структур четыре имеют повышенную степень неотектонической активности. Последнее свидетельствует, о том, что неотектонические движения играли активную роль в формировании локальных положительных структур, в заполнении их углеводородами.

Также, установлено, что многие геохимические аномалии по прямым показателям на нефть и газ (метан и его тяжелые гомологи, суммарная биогенность в водах по углеводородокисляющей микрофлоре, битумоиды в породах) приурочены к участкам с преобладающим активным типом, а некоторые – со стабильным типом неотектонического режима [7, 9, 11, 24-26,].

Анализ распределения гидрогеологических гидрогеохимических полей по модулям подземного и подземного химического стока в зависимости от морфоструктурных и неотектонических условий свидетельствует о наличии значимых корреляционных связей между показателями гидрогеологических и неотектонических условий и их пространственной сходимости. Большинство гидрогеологических и гидрогеохимических аномалий характеризуются повышенными значениями расчетных морфометрических показателей по многим методам морфоструктурного и структурно-гидрогеологического анализа. Участки в контурах гидрогеологических аномалий характеризуются активным неотектоническим режимом. Все это свидетельствует об активной роли неотектонических движений в формировании гидрогеологических аномалий [8, 13, 23, 25, 31].

Линеаментно-геодинамический анализ

Осуществляется аэрокосмогеологическими методами на основе современных цифровых космических снимков и компьютерных технологий дешифрирования линеаментов, отображающих тектонические нарушения. Целью линеаментно-геодинамического анализа является выделение *геодинамических активных зон*, которые представляют собой протяжённые в плане участки земной коры, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и, как следствие, проявлением разрывной тектоники, сейсмичности, подъёмом флюидов и других процессов [22, 32, 37, 40].

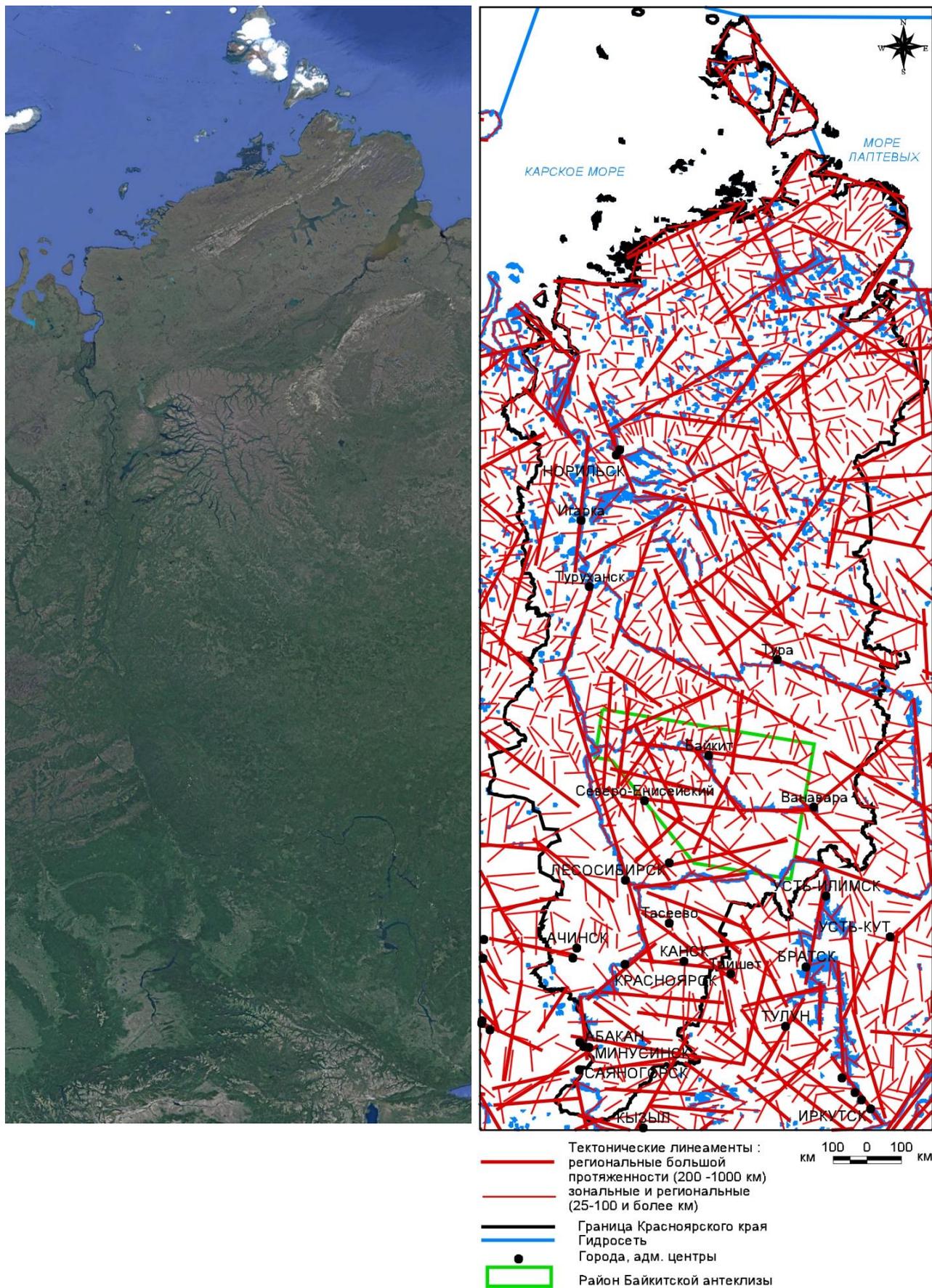
Методика исследований заключается в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования аэрокосмических снимков, далее – в аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности и построение ее картографических моделей разного уровня детальности. Методика включает: подготовку материалов дистанционных съемок, визуальное выделение геоиндикаторов, интерактивное компьютерное структурно-геологическое дешифрирование космических снимков, автоматизированную обработку линеаментов, разработку критериев, различные виды классификаций, создание локальных баз данных, создание цифровых моделей рельефа, морфонеотектонический, линеаментно- и ландшафтно-геодинамический анализы [15-17, 19, 28], сопоставление данных с геофизическими и другими полями и оценку достоверности результатов, создание итоговых карт районирования, оценки и прогноза.

Критериями оценки геодинамической (неотектонической) активности являются различные расчетные показатели. Одним их важнейших показателей является плотность линеаментов, отождествляемых с проявлением трещинно-разрывной тектоникой.

Технология компьютерного дешифрирования и обработки данных реализована на базе программного обеспечения ESRI – ARC GIS и его модулей (Spatial Analyst Tools, Line Density и др.).

Проведено структурное дешифрирование космических снимков территории Красноярского края (Landsat - 7, 8) [11, 36, 38, 39]. Выделены основные системы тектонических линеаментов. Установлено 164 региональных линеаментов большой протяженностью (200-1000 км) и 1800 зональных (25-100 км) и региональных (более 100 км) линеаментов, отображающих тектонические нарушения фундамента и осадочного чехла (рис. 3).

В центральной части Красноярского края (Байкитская антеклиза и прилегающие территории на площади около 120 тыс. км²) выделены десятки тысяч тектонических линеаментов различной протяженностью: региональных (100-200 км и более), зональных (25-100 км), локальных (5-25 км), коротких (менее 5 км). Закартированы многочисленные геодинамические активные зоны, обусловленные повышенной тектонической трещиноватостью и высокой плотностью линеаментов [11] (рис. 4).



а
 б
 Рис. 3. Дистанционная основа (а) и региональное линеаментное поле (б) территории Красноярского края

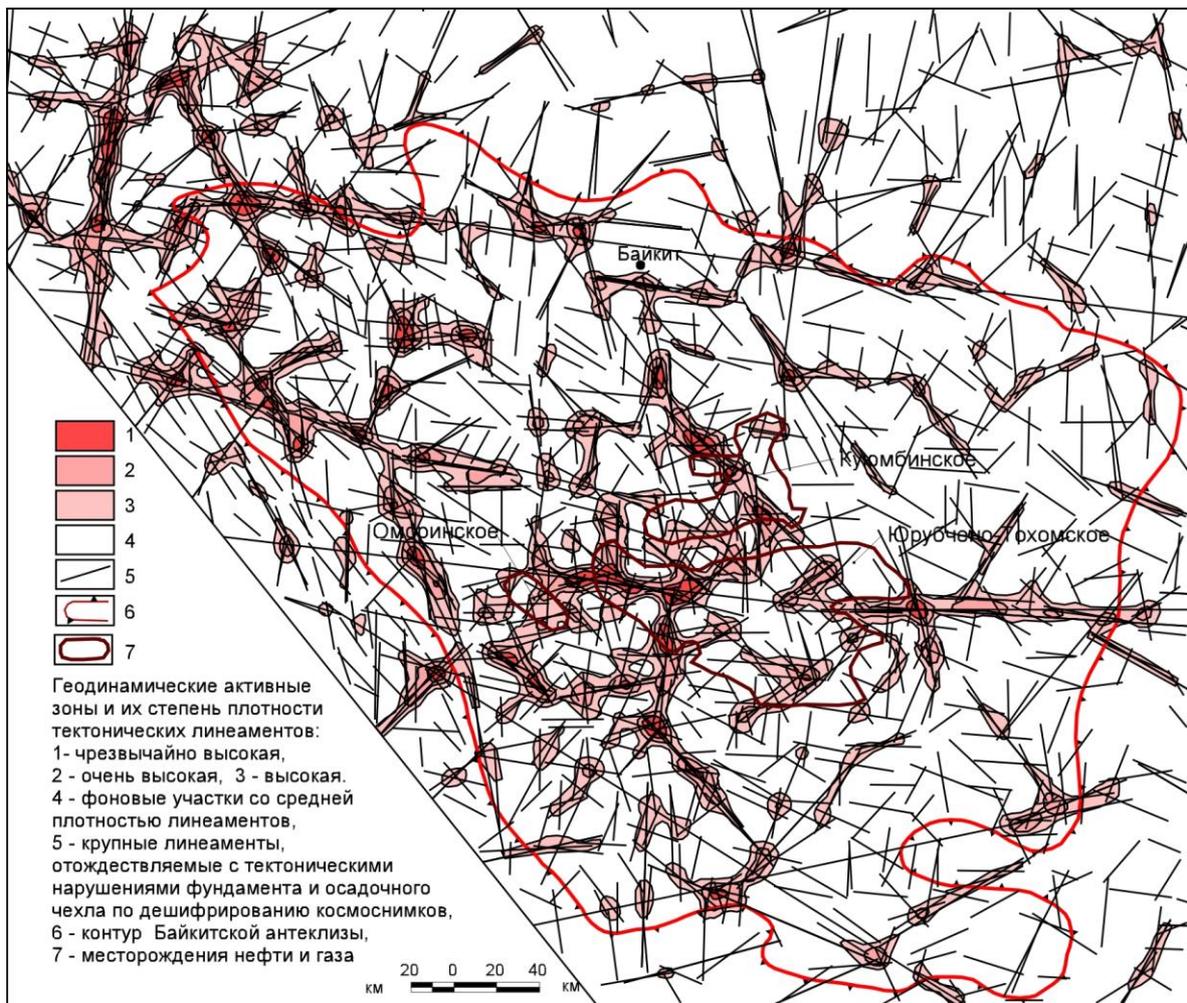


Рис. 4. Геодинамические активные зоны Байкитской антеклизы

Морфонеотектонический и линейментно-геодинамический анализы являются универсальной методикой, и могут применяться во многих других регионах (например, она находит широкое применение на Западном Урале и Приуралье), имеет многоцелевую направленность и следующие области применения [10-14, 27]:

- 1) для геоэкологических целей – карта неотектонической активности является одной из основ геоэкологической карты;
- 2) для различных структурно-тектонических и геодинамических построений;
- 3) для прогноза землетрясений и других эндо- и экзогенных геологических явлений и процессов, способных привести к чрезвычайным и катастрофическим ситуациям;
- 4) для прогнозирования вероятных геопатогенных зон;
- 5) для инженерно-геологических целей – прогноз возможности строительства и эксплуатации любых инженерных сооружений;
- 6) для поисков благоприятных участков для захоронения токсичных отходов (в том числе – высокотоксичных радиоактивных отходов);
- 7) для поисков водообильных зон и месторождений подземных вод;

8) для решения прикладных задач при поисках месторождений полезных ископаемых (в том числе – нефтегазовых, драгметаллов, алмазов).

Заключение

В результате исследований неотектонических и современных геодинамических условий в центральной части Красноярского края на Байкитской антеклизе и прилегающих территорий установлено, что рассматриваемая территория характеризуется преобладающим мобильным (активным) и стабильным режимом тектонического развития в новейшее время, резкой неоднородностью направления движения, как с положительным знаком, так и с отрицательным. Все установленные локальные положительные структуры характеризуются стабильным, активным и высокоактивным типом неотектонического режима, что свидетельствует об активной роли в формировании структур неотектонических движений. Существует высокая степень вероятности унаследованного развития этих структур и вероятности заполнения их УВ.

Комплексный линеаментно-геодинамический, морфонеотектонический анализы, в совокупности с многими другими видами анализов геологической среды – минерагеническим, геохимическим, гидрогеологическим, инженерно-геологическим, геоэкологическим показывает на приуроченность многих геохимических, геофизических, гидрогеологических и др. аномалий, месторождений и проявлений углеводородов к тектоническим разломам и геодинамическим активным зонам. Эта закономерность, характерная и для других нефтегазоносных регионов России – Западной Сибири, Приуралья, Поволжья, Европейского Севера и др. [4-6, 21, 30, 31, 34, 35], показывает на ведущую роль геодинамики в формировании месторождений нефти и газа и ее участие наряду с нефтепромысловым техногенезом, в процессах загрязнения природной среды, которая должна учитываться при оценке геоэкологических условий.

Библиографический список

1. Варламов И.П. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири // *Новейшая тектоника Сибирской платформы и ее влияние на нефтегазоносность*. М., Наука, 1985. С.3-14.
2. Геология нефти и газа Сибирской платформы / А.С. Анциферов, В.Е. Бакин, И.П. Варламов, В.И. Вожов и др. Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. М.: Недра, 1981. 552 с.
3. Испанов Н.А., Копылов И.С. Маркирующие горизонты эвенкийской свиты среднего-верхнего кембрия, их значение в надежности выделения положительных локальных структур // *Геология и нефтегазоносность Красноярского края*. Красноярск, 1983. С. 86-88.
4. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
5. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
6. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. С. 14-19.

7. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3.
8. Копылов И.С. Геокриологические условия юго-запада Восточной Сибири // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 192-204.
9. Копылов И.С. Геохимические критерии нефтегазоносности на западе Сибирской платформы // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 91-96.
10. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
11. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь, 2013. 166 с.
12. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
13. Копылов И.С. Закономерности формирования геоэкологических и инженерно-геологических условий Байкитского нефтегазоносного региона // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2014. № 14. С. 108-113.
14. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
15. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
16. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 25-37.
17. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 66-94.
18. Копылов И.С. Морфометрическая система оценки неотектонической активности // *Геология Западного Урала*. Пермь, 1999. С. 16-18.
19. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. *Перм. гос. нац. исслед. ун-т*. Пермь, 2019. 131 с.
20. Копылов И.С. Морфоструктурный и морфонеотектонический анализ в юго-западной части Сибирской платформы // *Гидрология и геоморфология речных систем*. Иркутск: Институт географии СО РАН, 1997. С. 59-61.
21. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2012. № 6. С. 341-351.
22. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.
23. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 93. С. 468-484.
24. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // *Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ*. Пермь, 2017. С. 178-186.
25. Копылов И.С. Применение структурно-гидрогеологического анализа и модуля подземного углеводородного стока при поисках нефти и газа // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2018. № 18. С. 225-229.
26. Копылов И.С. Прогнозирование нефтегазоносных объектов комплексом геохимических и аэрокосмогеологических методов // *Академический журнал Западной Сибири*. 2014. Т. 10. № 4 (53). С. 16-17.
27. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
28. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / *LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany*. 2012. 152 с.
29. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и

обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 38-47.

30. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 321-328.

31. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ Камовского свода Сибирской платформы // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2018. № 21. С. 395-401.

32. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

33. Копылов И.С., Испанов Н.А., Тишина М.А. Комплексирование геологических, геохимических и гидрогеологических методов при структурно-геологической съемке // *Геология и нефтегазоносность Красноярского края*. Красноярск, 1983. С. 75-77.

34. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

35. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2013. № 13. С. 68-73.

36. Копылов И.С., Коноплев А.В. Применение аэрокосмических методов и геоинформационного моделирования на Кукляндинской площади (Енисейский край) для поисков россыпного золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 167-175.

37. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 9-3. С. 602-606.

38. Копылов И.С., Оборин В.В. Изучение инженерно-геокриологических и геодинамических условий территории ПТБО г. Игарки на основе изысканий, аэрокосмических исследований и электроразведки // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 218-227.

39. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 228-238.

40. Ликутев Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. 2013. № 4. С. 125-133.

41. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей / И.Г.Гольбрайх, В.В.Забалуев, А.Н.Ласточкин и др. Л.: Недра, 1968. 152 с.

42. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491 с.

43. Прусская С.Н. Структурно-морфометрический анализ Бахтинско-Нижнетунгусской площади (возможности использования при интерпретации космофотоэлементов) // *Геология и нефтегазоносность Красноярского края*. Красноярск, 1983. С. 90-92.

44. Сягаева И.Н. Опыт проведения морфоструктурного анализа в южной части Тунгусской синеклизы // *Новейшая тектоника Сибирской платформы и ее влияние на нефтегазоносность*. М., Наука, 1985. С.100-103.

45. Тишина М.А., Чусова Л.Д., Копылов И.С. Некоторые результаты морфометрических исследований центральной части Тунгусской синеклизы (на примере Кочечумской площади). // *Геология и нефтегазоносность Красноярского края*. Красноярск, 1983. С. 92-93.

46. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. 232 с.

47. Харахинов В.В., Шленкин С.И., Зеренинов и др. Нефтегазоносность докембрийских толщ Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазоаккумуляции // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2011. Т.6. № 1. С.1-31.

**МЕТОДОЛОГИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ПО АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
ДЛЯ ПОИСКОВ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР
(НА ПРИМЕРЕ ПОНОМАРЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ, КАМСКИЙ СВОД)**

Проведены аэрокосмогеологические исследования на Пономаревской площади в пределах Камского наложенного свода с целью уточнение геологического и тектонического строения территории для постановки нефтепоисковых работ. Показан методологический подход и выполнены ландшафтно-геодинамический и линеаментно-геодинамический анализы для поисков нефтегазоперспективных структур. Построены карты линеаментов, неотектонических блоковых структур, геодинамических активных зон и ландшафтных аномалий. По дешифрированию космических снимков выделены 1131 прямолинейных линеаментов, отражающих трещинно-разрывные структуры осадочного чехла и фундамента. Установлены 147 ландшафтных аномалий, отображающие предполагаемые тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа. Рекомендовано 8 участков для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками и детальными аэрокосмогеологическими исследованиями.

Ключевые слова: нефть и газ, аэрокосмогеологические исследования, ландшафтно-геодинамический анализ, космические снимки, дешифрирование, тектонические структуры, ландшафтные аномалии, линеаменты, геодинамическая активность, Камский свод.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**METHODOLOGY OF LANDSCAPE-GEODYNAMIC ANALYSIS
ON AEROSMOGEOLOGICAL RESEARCH FOR SEARCHING FOR OIL
AND GAS PERSPECTIVE STRUCTURES (ON THE EXAMPLE OF
PONOMAREVSKAYA SQUARE, KAMSKY VAULT)**

Aerospace studies were carried out on the Ponomarevskaya area within the Kamsky superimposed vault in order to clarify the geological and tectonic structure of the territory for the organization of oil prospecting. A methodological approach is shown and landscape-geodynamic and lineament-geodynamic analyzes for the search for oil and gas promising structures are performed. Maps of lineaments, neotectonic block structures, geodynamic active zones and landscape anomalies were constructed. According to the interpretation of satellite images, 1131 rectilinear lineaments were identified, reflecting the fracture-ruptured structures of the sedimentary cover and basement. 147 landscape anomalies have been identified, reflecting the supposed tectonogenic uplifts of the brachyanticlinal type. 8 sites were recommended for detailed seismic work in combination with gravimetric and geochemical surveys and detailed aerospace geological studies.

Key words: oil and gas, aerospace research, landscape-geodynamic analysis, space images, interpretation, tectonic structures, landscape anomalies, lineaments, geodynamic activity, Kamskiy vault.

Введение

Пономаревская площадь расположена в Пермском Приуралье на территории Гайнского, Косинского, Кочевского и Юрлинского районов Пермского края, в пределах тополистов О-40-I, II и Р-40-XXXI, XXXII.

В тектоническом плане территория исследований находится на восточной окраине Восточно-Европейской платформы, в пределах Волго-Уральской антеклизы, Камского наложенного свода. По карте термальной мощности литосферы (которая составляет 200-240 км) территория относится высокоперспективным землям [4]. Характеризуется различной геодинамической активностью с выраженными региональными аномалиями геодинамического поля [7]. Современными методами исследований район изучен недостаточно. Территория охвачена региональными сейсморазведочными и гравиметрическими работами, а также – структурно-поисковым бурением, пробурено 6 глубоких скважин.

В верхней части геологического разреза залегают с запада на восток терригенные северодвинские и уржумские отложения верхней перми и казанские (белебеевские) отложения среднего отдела пермской системы, перекрытые в основном маломощными четвертичными делювиальными, флювиогляциальными и аллювиальными образованиями [23, 24].

В физико-географическом отношении площадь расположена на восточной окраине Восточно-Европейской равнины. По геоморфолого-неотектоническому и ландшафтно-геохимическому районированию [9, 18] в основном пределах района слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины Северного Прикамья на границе (на западе и востоке площади) с районом умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности Среднего Прикамья.

Рельеф сильно расчлененный с абсолютными отметками от 119 м до 243 м. Речная сеть представлена рекой Камой (северо-восточный угол площади) р. Косой (правый берег р. Камы), ее крупным левым притоком – р. Лологом, и их многочисленными притоками. Преобладают лесные ландшафты (пихтово-еловые коренные леса с преимущественным распространением вторичных елово-осиново-березовых лесов) с дерново-подзолистыми, болотно-подзолисто-глеевыми и серыми лесными почвами.

Цель исследований: уточнение геологического и тектонического строения территории Камского наложенного свода. Выявление перспективных участков и объектов на основе проведения аэрокосмогеологических исследований для постановки нефтепоисковых работ и лицензирования (в комплексе зонально-региональных сейсмических работ с гравиметрической и геохимической съемками). Разработка методологического подхода ландшафтно-геодинамического анализа для поисков нефтегазоперспективных структур.

Площадь исследований – 4226 км² (с обзором – 9400 км²). (рис. 1).

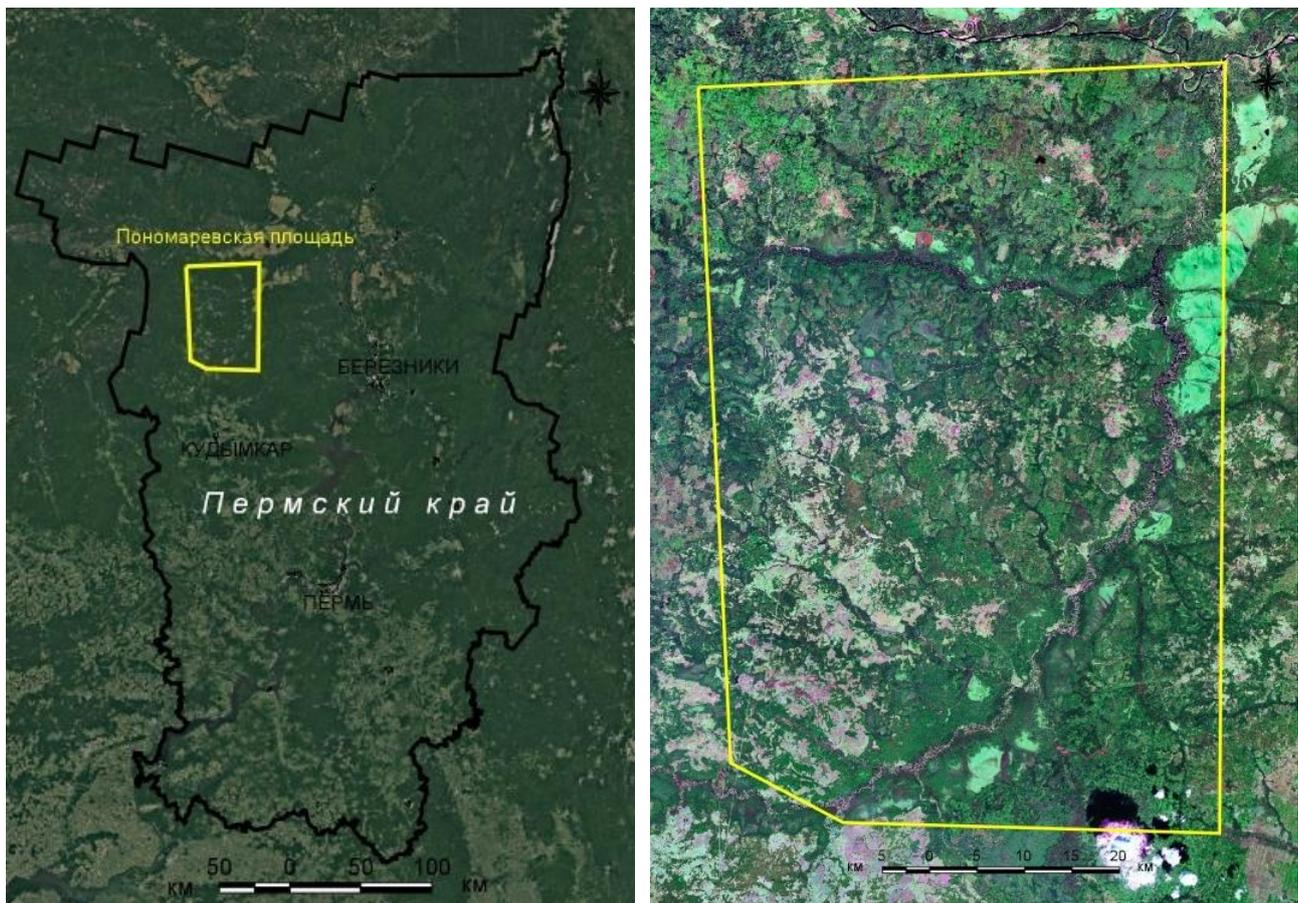


Рис. 1. Обзорная схема – Пономаревская площадь на космоснимках

Аэрокосмогеологическая изученность

Пономаревская площадь изучена аэрокосмогеологическими исследованиями (АКГИ) в целом – слабо (рис. 2). Вся площадь до 2011 г. была охвачена лишь региональными АКГИ масштаба 1:500 000. Более детальными работами территория была охвачена незначительно: в юго-западной части (5 %) – регионально-зональными АКГИ масштаба 1:200 000 и в восточной части (10 %) – детальными АКГИ масштаба 1:50 000 (рис. 2). В пределы Пономаревской площади попадают полностью или частично 37 ландшафтных аномалий (ЛА), выделенные Н.Я. Быковым и др. (1994ф) [5, 14]. В 2008-2010 гг. И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком проведено обобщение и анализ всех данных АКГИ, выполнено региональное дешифрирование на основе современных космических снимков (КС) и составлена аэрокосмогеологическая карта территории Пермского края масштаба 1:500 000 (Копылов, Хурсик, 2010ф). Практически все аномалии предшественников подтверждены соизмеримыми аномалиями, но иногда с другой ориентировкой по длинной оси. При дешифрировании масштаба 1:100 000 большинство ЛА фиксируется аномалиями соответствующего или несколько большего размера, несколько пар близко расположенных аномалий сгруппированы в более крупные аномалии. Из 37 ЛА, 5 аномалий, находящихся в долине р. Косы, в новых построениях не картируются (здесь фиксируются дугообразные линеаменты, вероятнее всего – экзогенного происхождения, отражающие следы меандрирования рек).

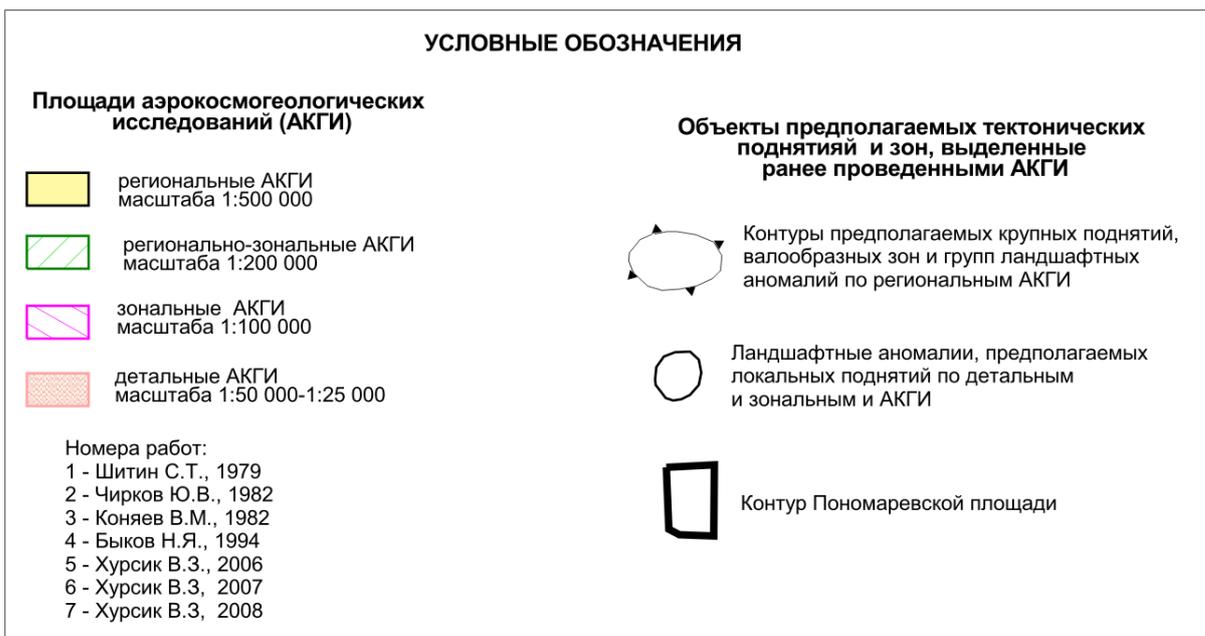


Рис. 2. Карта изученности Пономаревской площади нефтепоисковыми аэрокосмогеологическими исследованиями

На данном участке были выделены 8 новых ЛА, не отображенных ранее предшественниками. Все материалы АКГИ переинтерпретированы. С учетом новых данных проведена новая группировка аномалий. В 2011 г. на Пономаревской площади И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком были проведены регионально-зональные АКГИ [24], по этим в основном материалам составлена настоящая статья.

Методология и методика исследований

Методологическая основа включала:

- **проведение комплекса аэрокосмогеологических исследований** путем системного анализа (дешифрирования) космических снимков разного масштаба от мелкого – к крупному 10, 11].

- проведение **ландшафтно-геодинамического анализа** территории, представляющего собой комплексный метод (геологических, геоморфологических, ландшафтных, дистанционных и других методов) картирования ландшафтных аномалий (кольцевых структур, морфоструктур или морфоаномалий) – индикаторов погребенных локальных нефтегазоперспективных структур, для выявления закономерностей их пространственного и глубинного размещения и связей с нефтегазонасностью;

- проведение **линеamentно-геодинамического анализа** территории, представляющего собой комплексный метод (геологических, геоморфологических, дистанционных и других методов) картирования тектонических линеamentов, полей тектонической трещиноватости, геодинамической активности с целью районирования территорий, оценки объектов по степени геодинамической активности, выделения геодинамических активных зон.

Основными **целевыми задачами и видами исследований** являлись:

- структурное дешифрирование аэрокосмических снимков масштаба 1:50 000-1:100 000 с выделением прямолинейных линеamentов, отождествляемых с тектоническими нарушениями, и локальных ландшафтных аномалий, отождествляемых с локальными тектоническими структурами;

- структурно-геоморфологические исследования и неотектоническое районирование (линеamentно-блоковый, линеamentно-геодинамический, ландшафтно-геодинамический анализы);

- составление результирующих графических приложений масштаба 1:200 000: результатов аэрокосмогеологических исследований (кольцевых структур и линеamentов), неотектонических блоковых структур, геодинамических зон, перспективных участков и рекомендаций по данным АКГИ.

Методика дешифрирования КС, анализ геоиндикационных дешифровочных признаков, линеamentно-блоковой тектоники и кольцевых структур подробно изложена в работах [9, 12].

При проведении АКГИ проводилось компьютерное космогеологическое дешифрирование по авторской методике и заключалась в выявлении по

характеру фотоизображения различно ориентированных линеаментов, картировании неотектонических блоковых структур и морфоструктур с последующим сопоставлением их с геолого-геофизическими материалами, с применением ГИС-технологий.

Линеаментно-блоковый, линеаментно-геодинамический и ландшафтно-геодинамический анализы с составлением соответствующих карт проводились по методикам, изложенным в работах [6, 13, 15-22].

Результаты аэрокосмогеологических исследований

Прямолинейные линеаменты (предполагаемые трещинно-разрывные структуры)

Согласно методике аэрокосмогеологических исследований для выявления крупных линеаментов изучался район, охватывающий Пономаревскую площадь с захватом прилегающей территории, где дешифрированием КС выделено более 4 тыс. линеаментов (рис. 3, 4).

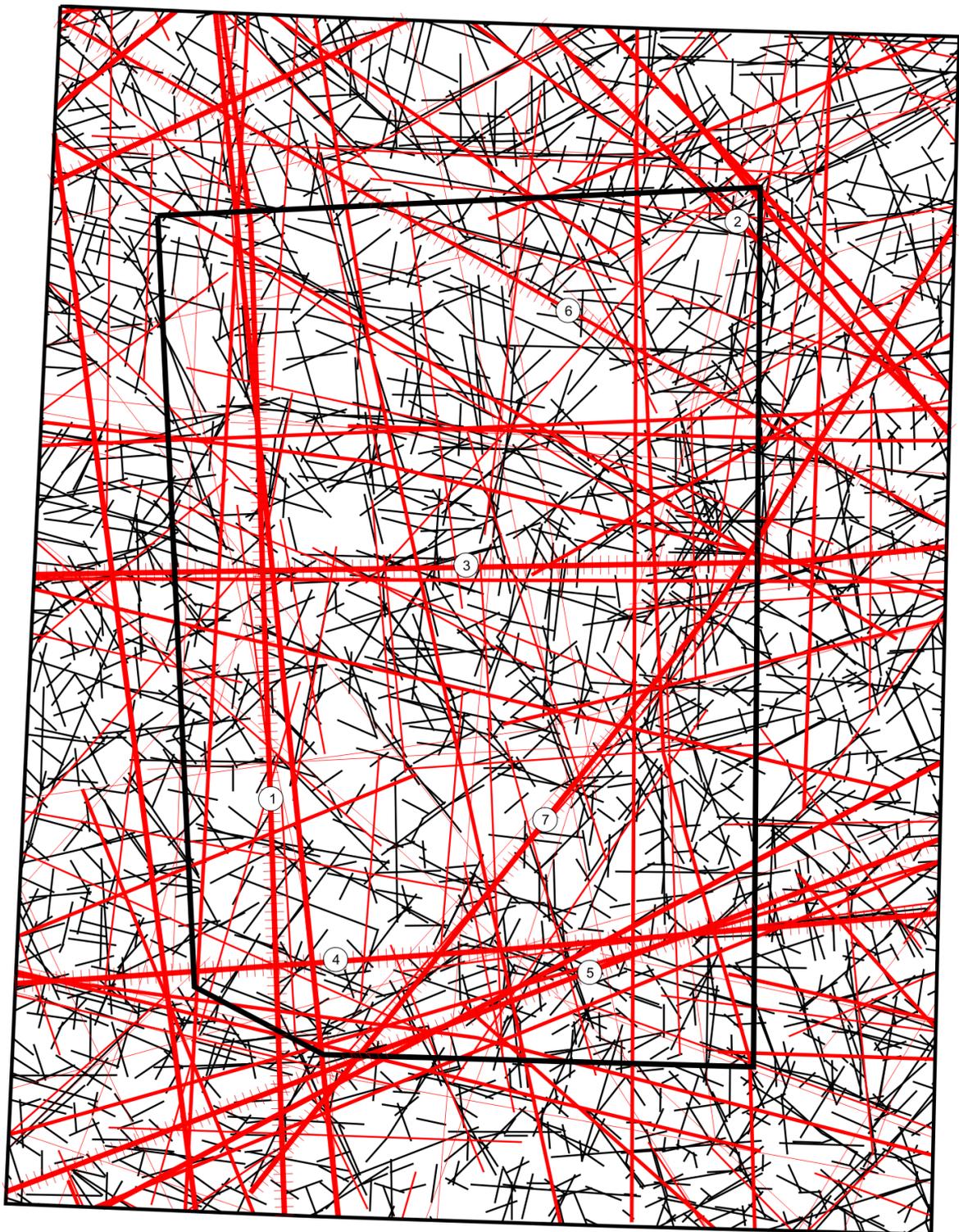
В пределах Пономаревской площади (4226 км²) в результате дешифрирования КС выявлена сеть прямолинейных линеаментов различных направлений и протяженности. Всего выделено суммарно 1131 прямолинейных линеаментов (рис. 3).

По протяженности прямолинейные линеаменты подразделены на 5 таксономических рангов. Результаты дешифрирования сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Картирование линеаментов Пономаревской площади по дешифрированию космоснимков

Ранги линеаментов	Протяженность прямолинейных линеаментов, км	Масштаб дешифрирования КС	Количество линеаментов
региональные большой протяженностью	> 200	1:10 000 000 1:5 000 000	10
региональные значительной протяженностью	100-200	1:2 500 000	23
зональные	25-100	1:1 000 000 1:500 000	87
локальные	5-25	1:200 000	152
короткие	1-5	1:100 000	859



2 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
км км

Линеamentное поле Пономаревской площади по результатам дешифрирования космических снимков (И.С.Копылов, 2011)

Прямолинейные линеаменты



по КС масштаба 1:200 000 и мельче



региональные линеamentные зоны



по КС масштаба 1:50 000-1:100 000

Рис. 3. Линеamentное поле Пономаревской площади
(уменьшение с масштаба 1:200 000)

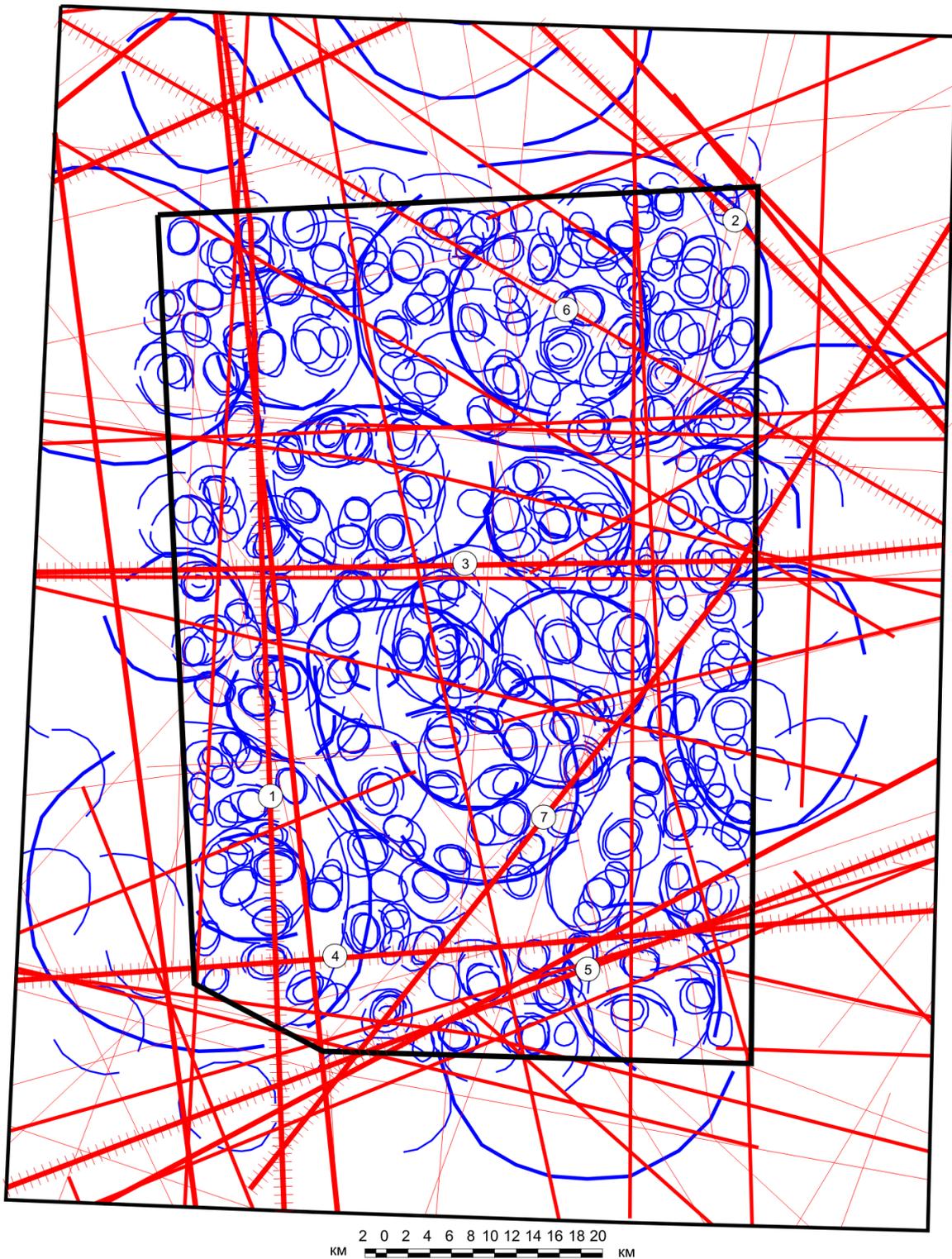


Рис. 4. Кольцевые структуры и линеаменты Пономаревской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

Установлены региональные прямолинейные линеаменты восьми систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия субмеридиональных (особенно в западной и восточной частях) и северо-восточных линеаментов (особенно в юго-восточной части) а также северо-западные (особенно в северо-восточной части площади) и широтные линеаменты. В целом, отмечается регматическая сеть, состоящая из двух систем региональных линеаментов, уходящих далеко за пределы рассматриваемой территории. Диагональная система имеет преимущественное направление $310-330^\circ$ и $45-60^\circ$; ортогональная система – 270 и $350-10^\circ$.

Прямолинейные линеаменты предположительно отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных и флексурно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в палеозойском осадочном чехле и фундаменте. Проявление таких структур в строении земной поверхности обусловлено возрождением блоковых движений в современный тектонический этап развития земной коры. Региональные линеаменты, как правило, контролируют элементы тектонического строения территории – первого и второго порядка и выступают границами неотектонических блоковых структур в осадочном чехле - макроблоков, мезоблоков и крупных локальных блоков. В пределах Пономаревской площади прослеживается 7 региональных прямолинейных линеаментных зон – предполагаемых трещинно-разрывных структур, сформированные серией региональных линеаментов протяженностью свыше 300 км. Все они играют существенную роль в геологическом строении территории. Выделены следующие линеаментные зоны:

– линеаментная зона №1 меридионального простирания (общая протяженность 1110 км), пересекает всю площадь в западной ее части по линии п. Сергиевский – Кышка. Показанный на карте строения поверхности кристаллического фундамента (Кассин и др., 1985ф), [2] меридиональный глубинный разлом по фундаменту, проходящий в западной части площади через п. Сергиевский уверенно отобразился в материалах дешифрирования. Вдоль него проходит предполагаемая восточная граница продолжения Кочевского вала. Является региональной сопряженной границей между локальными блоками I порядка и крупными кольцевыми структурами;

– линеаментная зона №2 северо-западного простирания (общая протяженность 897 км) занимает небольшой фрагмент в северо-восточной части площади;

– линеаментная зона №3 широтного простирания (общая протяженность 522 км) пересекает всю площадь в центральной ее части по линии с. Юксеево - Чазево. Является границей между Лологским и Среднекосинским мезоблоками, а также между Нижнекосинской и Бачмановской кольцевыми структурами I порядка;

– линеаментная зона №4 субширотного простирания (общая протяженность 358 км) пересекает всю площадь в южной ее части по линии с.

Сеполь – Усть-Кокколь. Контролирует Косинскую структурно-эрозионную депрессию в южной части;

– линеаментная зона №5 северо-восточного простирания Аз. 60° (общая протяженность 357 км) пересекает площадь в юго-восточной ее части по линии с. Булдыри – Усть-Кокколь. Является границей между Косинским и Кондасским макроблоками;

– линеаментная зона №6 северо-западного простирания Аз. 310° (общая протяженность 334 км) пересекает площадь в северо-восточной ее части по линии с. Наумово-Маскали. Контролирует Нижнекосинскую кольцевую структуру I порядка;

– линеаментная зона №7 северо-восточного простирания Аз. 60° (общая протяженность 301 км) пересекает площадь в юго-восточной ее части по линии с. Красная Курья – Пуксиб. Является границей между группой локальных блоков I порядка, контролирует Косинскую структурно-эрозионную депрессию;

Линеаменты зонального и локального рангов во многом контролируют общую ориентацию локальных структур. На отдельных участках Пономаревской площади зональные и локальные линеаменты контролируют группировку и расположение ландшафтных аномалий. Отмечается их заметная структуроконтролирующая роль, также они часто являются границами неотектонических блоковых структур первого и второго порядка порядков.

Учитывая современный уровень представлений о природе линеаментов, структурообразующие линеаменты, разграничивающие блоковые структуры с различными неотектоническим режимом и суммарными амплитудами новейших тектонических движений, гипсометрией, расчленённостью и другими морфометрическими и геоморфологическими показателями, строением осадочного чехла, а также зоны сгущения линеаментов трактуются, как геодинамические активные зоны с повышенной деформированностью, трещиноватостью и проницаемостью геологической среды. При проведении дешифрирования КС Пономаревской площади особое внимание было уделено картированию локальных и коротких линеаментов – мегатрещин, изучение количественного распределения которых имеет наиболее важное значение для поисков локальных положительных структур. Наибольшая густота мегатрещиноватости наблюдается в пределах локальных положительных структур, в местах максимального перегиба слоев – на периклиналях, узких сводах, на участках различных структурных осложнений, обусловленных неотектоническими движениями. Разрывы, возникшие в новейшее время, или молодые подвижки, возникшие по древним разрывам, почти всегда, так или иначе, отражаются в строении рельефа. Построена карта геодинамических активных зон по степени плотности линеаментов и мегатрещин (рис. 5).

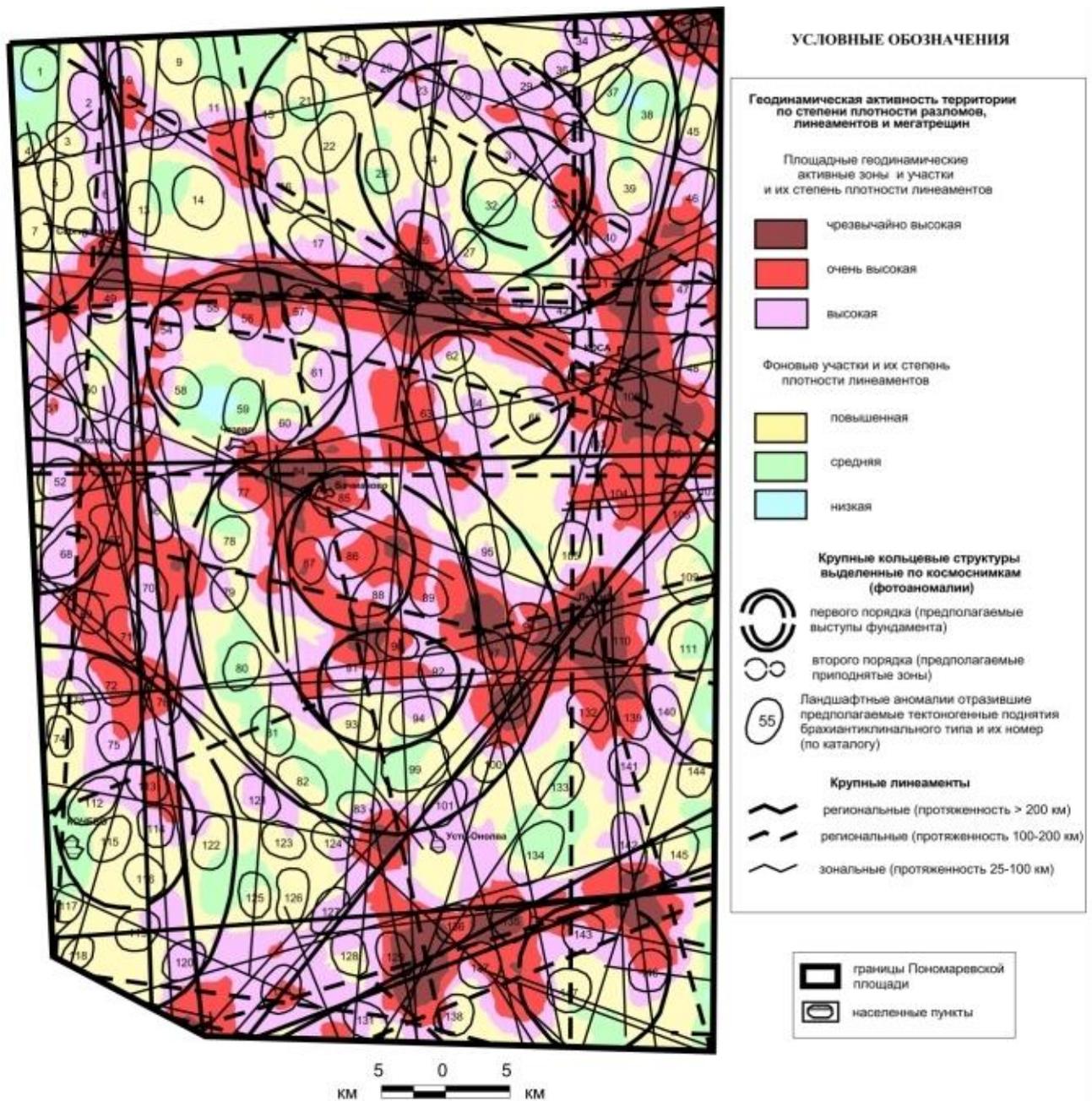


Рис. 5. Карта геодинамических активных зон Пономаревской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

Неотектонические блоковые структуры

По геоморфолого-неотектоническому районированию [8, 17] Пономаревская площадь относится к Восточно-Европейской равнине, Восточно-Русской провинции, Камской подпровинции, области слабых и умеренных поднятий равнины Северного и Среднего Прикамья. Большая часть относится к району слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины, небольшая юго-восточная часть относится к району умеренных сводовых поднятий Верхнекондасских Увалов с суммарной амплитудой новейших поднятий в 150–200 м (Бабак, Николаев, 1983; Жуков и др., 1983ф). В геоструктурном отношении это устойчивые части плиты,

последовательно вовлекаемые в дифференцированные поднятия на протяжении позднего мезозоя и кайнозоя.

На рассматриваемой территории проведен линеаментно-блоковый анализ с детальностью исследований соответствующий масштабу картирования 1:200 000. Выделение блоковых структур производилось в соответствии с принципами линеаментной тектоники [3]. Границами блоковых структур послужили отрезки протяжённых прямолинейных линеаментов, контролирующих геологические структуры, неотектонические блоки. Все неотектонические блоки характеризуются определенными орографическими уровнями поверхностей рельефа.

В качестве основы для неотектонического районирования на структурно-блоковой основе до уровня выделения геоблоков взята карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР масштаба 1:1 500 000, под редакцией В.И. Бабака и Н.И. Николаева (1983) [1].

Границы региональных неотектонических блоковых структур (мегаблоки, макроблоки, мезоблоки) проведены в соответствии с картой неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья масштаба 1:500 000 («Составление карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья». ООО «ПермНИПИнефть», ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», 2006ф) с небольшим уточнением их положения. Как было отмечено выше, границами крупных (региональных) неотектонических блоковых структур в осадочном чехле являются линеаменты регионального и зонального рангов, а границами малых (локальных) неотектонических блоковых структур являются локальные линеаменты.

Согласно вышеприведенному неотектоническому районированию, территория Пономаревской площади расположена в пределах Восточно-Европейской материковой платформы, Русской плиты, Вятско-Камского геоблока и Камского мегаблока. В пределах региональной геоструктуры Камского мегаблока на рассматриваемой территории выделяются фрагменты двух макроблоков, которые разделены на несколько мезоблоков. Мезоблоки в свою очередь «разбиты» на локальные структуры – блоки разного порядка. Задачей линеаментно-блокового анализа при детальности исследований масштаба 1:200 000 являлось выделение локальных блоков первого порядка.

На изученной территории выделено 17 локальных блоков I порядка, которые обычно разделяются на 4-5 блоков II порядка (рис. 6).

Территория Пономаревской площади «разбита» в юго-восточной части двумя крупными региональным линеаментам северо-восточного простирания, на два макроблока: северный, занимающий основную часть площади - Косинский (I) и южный - Кондасский (II) макроблоки.

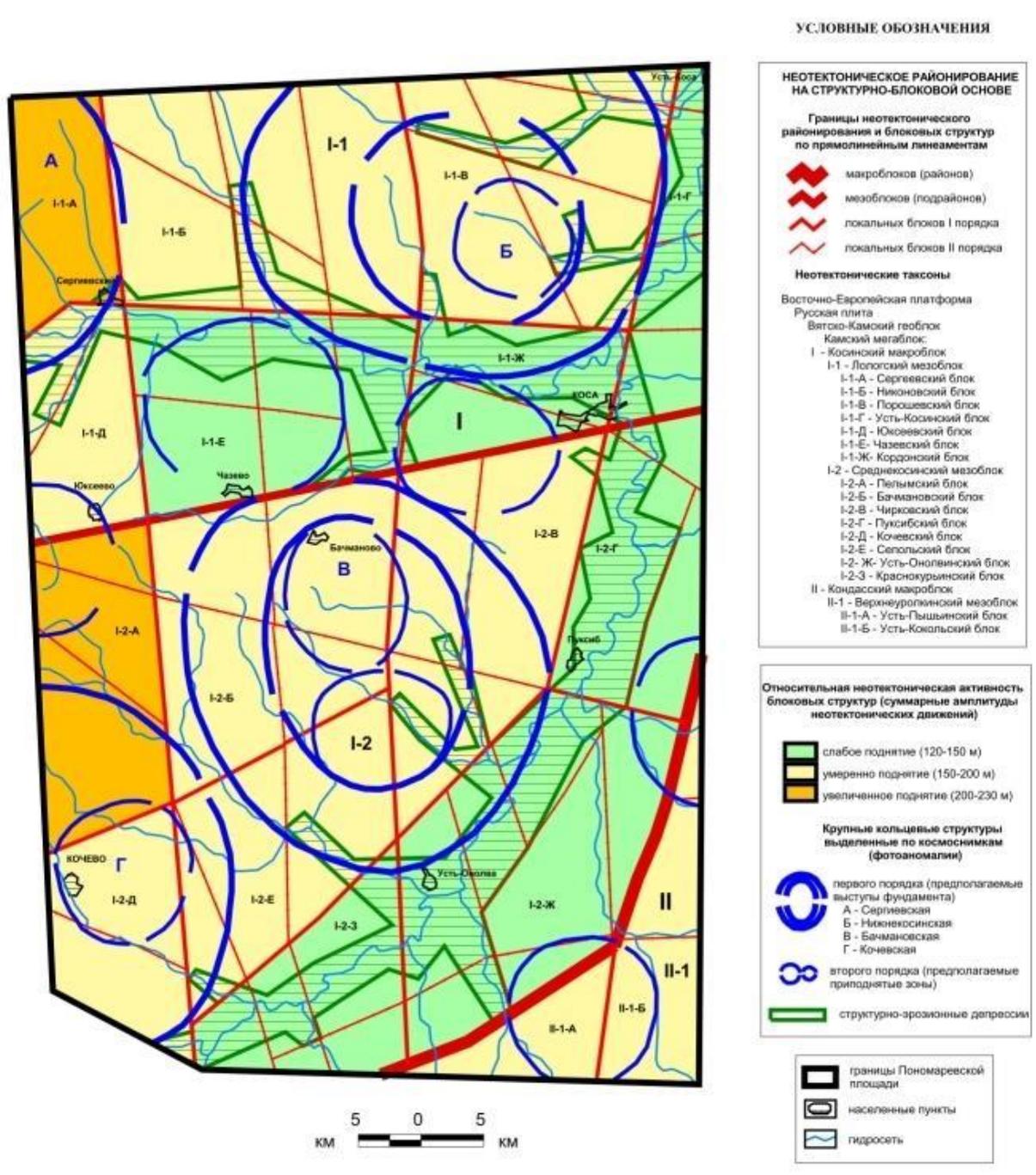


Рис. 6. Карта неотектонических блоковых структур Пономаревской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

Косинский (I) макроблок занимает большую часть Пономаревской площади (северную, центральную, западную и восточные части). Макроблок разделен субширотным линейаментом на два мезоблока: Лологский (I-1) и Среднекосинский (I-2) мезоблоки.

Лологский мезоблок, занимающий практически всю северную половину Пономаревской площади, разделен линейаменами на семь блоков: Сергиевский (I-1-А), Никоновский (I-1-Б), Порошевский (I-1-В), Усть-Косинский (I-1-Г), Юксеевский (I-1-Д), Чазевский (I-1-Е), Кордонский (I-1-Ж) блоки первого порядка.

Среднекосинский мезоблок, занимающий большую часть южной половины Пономаревской площади, разделен линеаментами на восемь блоков: Пелымский блок (I-2-А), Бачмановский (I-2-Б), Чирковский, (I-2-В), Пуксибский (I-2-Г), Кочевский (I-2-Д), Сепольский (I-2-Е), Усть-Онолвинский (I-2-Ж), Краснокурьянский (I-2-З) блоки первого порядка.

Кондасский (II) макроблок занимает небольшую юго-восточную часть Пономаревской площади. Ему соответствует фрагмент Верхнеуролкинского (II-1) мезоблока, который разделен на данном участке на два блока: Усть-Пышшинский (II-1-А) и Усть-Кокольский (II-1-Б) блоки первого порядка.

Неотектонические блоки разного таксономического ранга характеризуются общими или близкими чертами геологического и геоморфологического строения в пределах каждого блока и относительно устойчивыми тенденциями направления и интенсивности новейших вертикальных неотектонических движений относительно соседних блоковых структур). Форма блоков самая различная, чаще всего многоугольники, преимущественно 3-4-5 угольники неправильной формы, площадью в среднем: блоки I порядка – 300-400 км², блоки II порядка – 70-100 км².

Проведен анализ степени неотектонической активности локальных блоковых структур. Локальные блоки различаются дифференцированными неотектоническими относительными движениями и энергией рельефа, характером его горизонтальной и вертикальной расчленённости, а также интенсивностью проявления эрозионно-денудационных и аккумулятивных процессов. По неотектоническим критериям (суммарные амплитуды неотектонических движений – А и энергии рельефа – Е) все локальные блоки подразделены на 3 группы:

- 1) испытывающие слабое поднятие (А = 120-150 м, Е = 30-50 м) – 6 блоков (Усть-Косинский, Чазевский, Кордонский, Пуксибский, Усть-Онолвинский, Краснокурьянский);
- 2) испытывающие умеренное поднятие (А = 150-200 м, Е = 50-80 м) – 9 блоков (Никоновский, Порошевский, Юксеевский, Бачмановский, Чирковский, Кочевский, Сепольский, Усть-Пышшинский, Усть-Кокольский);
- 3) испытывающие увеличенное поднятие (А = 200-230 м, Е = 80-100 м) – 2 блока (Сергиевский и Пелымский).

Кольцевые структуры и локальные ландшафтные аномалии

Дешифрированием аэрокосмоснимков на Пономаревской площади выделено более 1 тыс. кольцевых и дугообразных линеаментов (рис. 4).

В результате их обработки выделены кольцевые структуры трех порядков: 4 кольцевые структуры первого порядка, 9 кольцевых структур второго порядка и 147 кольцевых структур третьего порядка – локальных ландшафтных аномалий.

Крайне неравномерная и слабая геолого-геофизическая изученность территории усложняет интерпретацию результатов аэрокосмогеологических исследований.

Кольцевые структуры первого порядка представляют собой крупные кольцевые фотоаномалии. Предполагается, что кольцевыми структурами отображены выступы в кристаллическом фундаменте, на участках которых, вследствие унаследованного развития структур в новейшее время, возникли неотектонические поднятия.

Выделены 4 кольцевые структуры первого порядка – Сергиевская (А), Нижнекосинская (Б), Бачмановская (В) и Кочевская (Г). Все они представляют собой овалы меридионального простирания размером 30-33 x 25-28 км.

В западной части Пономаревской площади выделяются крупные фрагменты кольцевых структур первого порядка: на севере - Сергиевская (32 x 28 км), на юге – Кочевская (32 x 28 км), в пределах которой выделяется еще кольцевая структура второго порядка. Между ними выделяется также кольцевая структура второго порядка. Эта группа кольцевых структур отражает в целом крупную валообразную зону – вероятное продолжение Кочевского вала.

В северной и северо-восточной части рассматриваемой площади выделяется Нижнекосинская кольцевая структура первого порядка в виде двух колец – внешнего (33 x 25 км) и внутреннего (18 x 16 км) кольца и вложенной в нее кольцевой структуры второго порядка; по внешнему кольцу выходит за пределы Пономаревской площади.

В центральной части площади выделяется Бачмановская кольцевая структура первого порядка в виде внешнего (32 x 27 км) и внутреннего кольца (22 x 16 км). Последняя включает две меридионально расположенные кольцевые структуры второго порядка. Кольцевые структуры первого порядка играют контролируемую роль в ориентировке цепей и групп ландшафтных аномалий в пределах своих площадей.

Кольцевые структуры второго порядка имеют изометричную форму или овал субмеридионального или северо-восточного простирания, размером 9-12 км в поперечнике. Они осложняют кольцевые структуры первого порядка или располагаются между ними, предположительно отображают приподнятые валообразные зоны или поднятия осадочного чехла. Выделены 9 кольцевых структур второго порядка: 4 – в пределах кольцевых структур первого порядка, и 5- расположенных между ними.

В пределах Пономаревской площади выделено 147 кольцевых структур третьего порядка – локальных ландшафтных аномалий (ЛА) – предполагаемых поднятий в осадочном чехле (рис. 7, табл. 2).

Форма малых кольцевых структур – чаще округлая, реже эллипсовидная. Строение их чаще простое, они картируются одной окружностью. Реже встречаются «телескопированные» структуры, когда кольца разного диаметра «вложены» друг в друга.

В целом, установлены локальные ЛА с размерами от 2,6 x 2,0 до 6,0 x 4,0 км. Средний размер ЛА в диаметре составляет 3-4 км. Площади ЛА составляют от 4,0 до 16,0 км², в среднем 8-9 км².

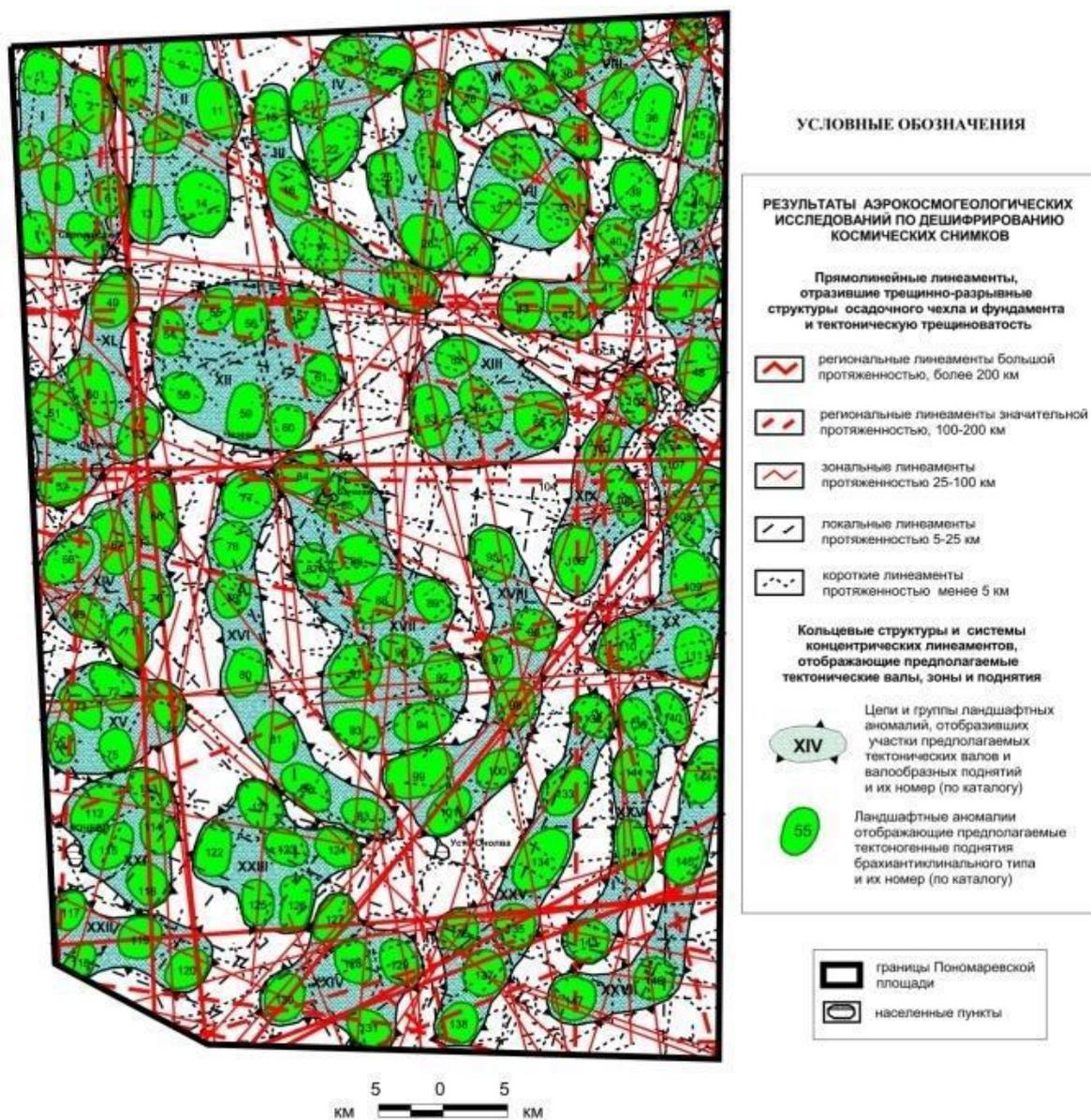


Рис. 7. Карта результатов аэрокосмогеологических исследований Пономаревской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

Пространственная ориентировка локальных ЛА преимущественно субмеридиональная, в целом процент аномалий с северным, север-северо-восточным и север-северо-западным простиранием составляет 72%. Наблюдается группировка ЛА в небольшие цепи, линейные зоны или небольшие группы согласно регионального структурно-тектонического положения крупных структур.

Ландшафтные аномалии, отражающие положительные пликативные структуры различного генезиса, в целом, характеризуются довольно близкими геоиндикационными признаками. Критерии для надёжного отождествления выявленных ЛА со структурами различной природы в осадочном чехле установить затруднительно в связи с отсутствием на Пономаревской площади участков, изученных сейсморазведкой и бурением, которые можно было бы принять, как эталонные.

Таблица 2

Каталог ландшафтных аномалий Пономаревской площади

№ ЛА	Группировка (цепь или группа ЛА)	Название ЛА	Размер (км), ориентировка	Балл плотности линейных элементов	Первоочередность изучения
1	2	3	4	5	6
1	Сергиевская (I)	Сергиевская - 1	3,5 x 2,9 (С)	1-2	III
2		Сергиевская - 2	4,8 x 3,0 (ССЗ)	4	II
3		Сергиевская - 3	3,2 x 2,4 (СЗ)	3	III
4		Сергиевская - 4	2,6 x 2,0 (ССВ)	2-3	III
5		Сергиевская - 5	3,4 x 2,6 (С)	3	III
6		Сергиевская - 6	3,2 x 2,8 (С)	3-4	II
7		Сергиевская - 7	3,2 x 2,7 (С)	3	III
8		Сергиевская - 8	3,8 x 2,7(СЗ)	3-5	II
9	Никоновская (II)	Никоновская - 1	3,9 x 3,3 (С)	2-3	III
10		Никоновская - 2	4,8 x 2,7 (С)	4-5	I
11		Никоновская - 3	4,6 x 3,3 (С)	2-5	II
12		Никоновская - 4	3,5 x 2,7 (СВ)	4	II
13		Никоновская - 5	4,3 x 2,6 (С)	2-3	III
14		Никоновская - 6	5,0 x 4,0 (С)	2-3	III
15	Вардантовская (III)	Вардантовская - 1	4,0 x 2,4 (С)	2-4	II
16		Вардантовская - 2	4,4 x 3,0 (ССЗ)	3-4	II
17		Вардантовская - 3	4,7 x 3,7 (СЗ)	3-4	II
18		Вардантовская - 4	4,5 x 3,6 (СЗ)	5-6	I
19	Наумовская (IV)	Наумовская - 1	3,5 x 2,9 (З)	3-4	II
20		Наумовская - 2	4,4 x 2,5 (СВ)	4	II
21		Наумовская - 3	3,4 x 3,0 (С)	2-3	III
22		Наумовская - 4	5,2 x 3,1 (СВ)	3	III
23	Пятигорская (V)	Пятигорская - 1	3,7 x 3,0 (СВ)	4-5	II
24		Пятигорская - 2	4,7 x 3,1 (ССЗ)	3	III
25		Пятигорская - 3	3,5 x 2,7 (С)	2-3	III
26		Пятигорская - 4	4,7 x 3,4 (СЗ)	4-6	I
27		Пятигорская -5	3,2 x 2,7 (ССЗ)	2-4	II
28	Барановская (VI)	Барановская - 1	4,4 x 2,6 (С)	3-4	II
29		Барановская - 2	4,9 x 2,8 (СЗ)	3-4	II
30		Барановская - 3	3,6 x 2,6 (СЗ)	4-5	II
31	Порошевская (VII)	Порошевская - 1	3,7 x 3,7	3-4	II
32		Порошевская - 2	4,0 x 3,6 (СВ)	2-3	III
33		Порошевская - 3	6,0 x 3,4 (СВ)	3-6	I
34	Нижнесымская (VIII)	Нижнесымская - 1	3,6 x 2,2 (ССЗ)	4	II
35		Нижнесымская - 2	2,7 x 2,4 (С)	3-4	II
36		Нижнесымская - 3	3,0 x 2,6 (СЗ)	3-4	II
37		Нижнесымская - 4	4,2 x 2,5 (ССВ)	1-3	III

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
38		Нижнесымская - 5	4,8 x 2,7 (ССВ)	1-3	III
39	Нижнекосинская (IX)	Нижнекосинская - 1	4,6 x 3,4 (ССВ)	2-4	II
40		Нижнекосинская - 2	3,2 x 2,8 (ССВ)	4-5	I
41		Нижнекосинская - 3	3,6 x 3,0 (С)	5	I
42		Нижнекосинская - 4	4,2 x 2,8 (ССЗ)	3-4	II
43		Нижнекосинская - 5	4,0 x 3,1 (ССВ)	3-5	II
44	Солымская (X)	Солымская - 1	3,3 x 2,3 (С)	5-6	I
45		Солымская - 2	4,0 x 2,5 (ССВ)	2-4	II
46		Солымская - 3	4,7 x 2,8 (ССВ)	3-5	II
47		Солымская - 4	5,6 x 3,2 (СВ)	4-6	I
48		Солымская - 5	4,9 x 3,0 (ССВ)	3-5	II
49	Юкеевская (XI)	Юкеевская - 1	4,3 x 3,2 (ССВ)	4-6	I
50		Юкеевская - 2	5,7 x 3,0 (ССЗ)	3-4	II
51		Юкеевская - 3	5,1 x 3,3 (ССЗ)	4-5	II
52		Юкеевская - 4	3,6 x 3,0 (СЗ)	3-5	II
53		Юкеевская - 5	4,1 x 2,8 (СЗ)	4-5	II
54	Чазевская (XII)	Чазевская - 1	3,6 x 2,5 (С)	4-5	II
55		Чазевская - 2	3,6 x 2,7 (ССВ)	3-5	II
56		Чазевская - 3	3,7 x 2,6 (ССВ)	4-6	I
57		Чазевская - 4	3,8 x 2,7 (ССВ)	4-6	I
58		Чазевская - 5	3,7 x 2,9 (ССЗ)	2-4	II
59		Чазевская - 6	4,4 x 2,8 (ССВ)	1-3	III
60		Чазевская - 7	3,3 x 2,8 (С)	2-4	II
61		Чазевская - 8	3,3 x 2,4 (С)	3-4	II
62	Сосновская (XIII)	Сосновская - 1	3,3 x 2,8 (СВ)	3-5	II
63		Сосновская - 2	4,8 x 3,0 (С)	4-5	I
64		Сосновская - 3	4,4x 2,8 (ССЗ)	3-4	II
65		Сосновская - 4	4,4 x 3,9 (С)	3-4	II
66	Отопковская (XIV)	Отопковская - 1	5,1 x 2,6 (С)	3-5	II
67		Отопковская - 2	5,1 x 2,6 (ССЗ)	5	I
68		Отопковская - 3	4,7 x 2,6 (ССВ)	4-5	II
69		Отопковская - 4	3,6 x 2,7 (СЗ)	5	I
70		Отопковская - 5	4,2 x 2,7 (ССЗ)	4-5	II
71		Отопковская - 6	4,4 x 2,9 (ССЗ)	4-5	I
72	Пельмская (XV)	Пельмская - 1	4,3 x 2,5 (ССЗ)	4-5	I
73		Пельмская - 2	4,1 x 2,4 (ССЗ)	3-4	II
74		Пельмская - 3	3,2 x 2,0 (С)	3	III
75		Пельмская - 4	4,3 x 2,9 (СВ)	1-3	II
76		Пельмская - 5	3,9 x 2,7 (ССЗ)	4-5	I
77	Абрамовская (XVI)	Абрамовская - 1	4,8 x 3,9 (СВ)	3-5	II
78		Абрамовская - 2	3,7 x 3,0 (ССВ)	2-3	III
79		Абрамовская - 3	3,6 x 3,0 (ССВ)	3-4	II
80		Абрамовская - 4	3,8 x 2,8 (ССВ)	2-3	III
81		Абрамовская - 5	4,0 x 3,1 (С)	2-3	III
82		Абрамовская - 6	4,5 x 2,6 (СЗ)	2-3	III
83		Абрамовская - 7	3,5 x 2,2 (СЗ)	2-5	II

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
84	Бачмановская (XVII)	Бачмановская - 1	4,0 x 3,1 (CB)	5-6	I
85		Бачмановская - 2	4,8 x 3,8 (CB)	4-6	I
86		Бачмановская - 3	4,4 x 3,5 (CB)	4-5	I
87		Бачмановская - 4	3,7 x 2,5 (C)	4-6	I
88		Бачмановская - 5	4,6 x 3,2 (CB)	4-5	I
89		Бачмановская - 6	3,6 x 2,7 (CC3)	4-5	I
90		Бачмановская - 7	3,4 x 2,3 (C3)	4-6	I
91		Бачмановская - 8	4,2 x 3,7 (CB)	4-6	I
92		Бачмановская - 9	3,4 x 2,8 (C)	4-5	II
93		Бачмановская - 10	3,9 x 2,6 (C3)	3-4	II
94		Бачмановская - 11	4,4 x 3,0 (CB)	3-4	II
95	Маратинская (XVIII)	Маратинская - 1	4,2 x 3,1 (C)	3-4	II
96		Маратинская - 2	3,5 x 2,9 (CC3)	4-6	I
97		Маратинская - 3	3,1 x 2,4 (C)	5-6	I
98		Маратинская - 4	3,7 x 2,9 (C)	5-6	I
99		Маратинская - 5	5,4 x 3,4 (CB)	2-3	III
100		Маратинская - 6	3,6 x 2,4 (CB)	3-5	II
101		Маратинская - 7	4,3 x 2,6 (CB)	3-4	II
102	Чирковская (XIX)	Чирковская - 1	3,7 x 2,5 (C)	6	I
103		Чирковская - 2	3,9 x 2,3 (CB)	4-5	I
104		Чирковская - 3	4,5 x 2,2 (CC3)	5	I
105		Чирковская - 4	5,0 x 3,3 (C)	3-5	II
106	Пуксибская (XX)	Пуксибская - 1	4,3 x 2,9 (C)	5-6	I
107		Пуксибская - 2	5,3 x 2,2 (CC3)	4-5	I
108		Пуксибская - 3	4,7 x 3,7 (CC3)	4-6	I
109		Пуксибская - 4	4,6 x 3,9 (C)	2-3	III
110		Пуксибская - 5	4,6 x 3,5 (CB)	4-6	I
111		Пуксибская - 6	4,1 x 3,0 (C)	2-3	III
112	Кочевская (XXI)	Кочевская - 1	4,0 x 2,8 (CB)	2-4	III
113		Кочевская - 2	3,7 x 2,9 (C3)	4-5	I
114		Кочевская - 3	3,4 x 2,8 (CB)	3-5	II
115		Кочевская - 4	3,9 x 3,0 (CB)	2-3	III
116		Кочевская - 5	3,0 x 2,7 (CB)	3	II
117	Сепольская (XXII)	Сепольская - 1	3,2 x 2,2 (CCB)	2-3	III
118		Сепольская - 2	3,0 x 2,2 (CCB)	3	III
119		Сепольская - 3	3,4 x 3,2 (CCB)	3-4	II
120		Сепольская - 4	3,6 x 2,6 (CCB)	4	II
121	Ошовская (XXIII)	Ошовская - 1	4,0 x 3,1 (CB)	3-4	II
122		Ошовская - 2	4,3 x 2,7 (CCB)	2-4	II
123		Ошовская - 3	3,5 x 2,4 (C3)	3-4	II
124		Ошовская - 4	3,5 x 2,5 (C3)	3-4	II
125		Ошовская - 5	3,6 x 2,5 (C)	2-3	III
126		Ошовская - 6	4,4 x 2,2 (CCB)	3	III
127	Краснокурьянская (XXIV)	Краснокурьянская - 1	4,0 x 2,5 (CCB)	3-4	II
128		Краснокурьянская - 2	3,6 x 2,6 (CC3)	3-4	II

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
129		Краснокурьянская - 3	3,6 x 2,8 (ССЗ)	4-6	I
130		Краснокурьянская - 4	3,9 x 3,1 (ССВ)	4-5	I
131		Краснокурьянская - 5	3,9 x 2,6 (СЗ)	3-4	II
132	Лопанская (XXV)	Лопанская - 1	3,7 x 2,6 (СЗ)	4-5	I
133		Лопанская - 2	4,4 x 3,2 (ССВ)	2-3	III
134		Лопанская - 3	5,5 x 3,3 (ССВ)	2-4	III
135		Лопанская - 4	3,7 x 3,2 (С)	5-6	I
136		Лопанская - 5	3,2 x 2,6 (ССВ)	4-6	I
137		Лопанская - 6	3,7 x 3,3 (ССВ)	4-6	I
138		Лопанская - 7	3,4 x 2,6 (ССВ)	3-5	II
139	Лолымская (XXVI)	Лолымская - 1	3,9 x 2,3 (ССЗ)	4-6	I
140		Лолымская - 2	3,9 x 2,0 (ССЗ)	3-4	II
141		Лолымская - 3	3,4 x 3,0 (ССВ)	3-4	II
142		Лолымская - 4	4,8 x 2,4 (ССЗ)	4-5	II
143		Лолымская - 5	3,3 x 3,2 (ССВ)	4-5	II
144	Усть-Коккольская (XXVII)	Усть-Коккольская - 1	4,7 x 2,6 (ССЗ)	3-4	II
145		Усть-Коккольская - 2	4,0 x 2,8 (ССЗ)	2-4	II
146		Усть-Коккольская - 3	3,3 x 3,1 (ССВ)	4-5	I
147		Усть-Коккольская - 4	3,5 x 3,2 (ССВ)	3-4	II

Учитывая известные сведения по геологии северо-западной части Пермского Приуралья, можно предполагать, что выявленные ЛА могут соответствовать тектоногенным поднятиям брахиантиклинального типа и структурным мысам. Однако полностью не исключается возможность отображения некоторыми из аномалий (особенно – аномалий с изометричной формой) структур, ядра которых осложнены небольшими шельфовыми биогермами позднедевонского возраста.

Поскольку территория Пономаревской площади располагается в пределах одной крупной структуры – Камского свода и на ней отсутствуют образования более низких таксонов (валы, валообразные зоны и др.) описание ландшафтных аномалий проводится в соответствии с нашим блоковым строением.

В северной части Пономаревской площади в пределах Лологского мезоблока установлены 13 групп и цепей ландшафтных аномалий: Сергиевская (I), Никоновская (II), Варгантовская (III), Наумовская (IV), Пятигорская (V), Барановская (VI), Порошевская (VII), Нижнесымская (VIII), Нижнекосинская (IX), Сольмская (X), Юксеевская (XI), Чазевская (XII), Сосновская (XIII).

Сергиевская (I) группа ЛА располагается в северо-западном углу Пономаревской площади, в основном в пределах Сергиевского локального блока, Сергиевской кольцевой структуры первого порядка, в пределах предполагаемого продолжения Кочевского вала. Контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из восьми ЛА (№№ 1-8) субмеридионального простирания.

Никоновская (II) группа ЛА располагается в пределах одноименного локального блока восточнее Сергиевской группы ЛА. С запада и востока контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из шести ЛА (№№ 9-14) преимущественно субмеридионального простирания.

Вардантовская (III) цепь ЛА располагается восточнее Никоновской группы ЛА, в основном в пределах Никоновского локального блока. Цепь имеет северо-западное простирание, контролируемое положением Нижнекосинской кольцевой структуры первого порядка. Состоит из четырех ЛА (№№ 15-18) субмеридионального и северо-западного простирания.

Наумовская (IV) группа ЛА располагается северо-восточнее Вардантовской цепи ЛА, в пределах Никоновского локального блока. Группа имеет северо-восточное простирание, контролируемое Нижнекосинской кольцевой структурой первого порядка. Состоит из четырех ЛА (№№ 19-22) субмеридионального и северо-восточного простирания.

Пятигорская (V) группа ЛА располагается восточнее Наумовской группы ЛА, на границе и пределах Никоновского и Порошевского локальных блоков. Группа имеет субмеридиональное простирание, контролируемое Нижнекосинской кольцевой структурой первого порядка, находится в западной ее части. Состоит из пяти ЛА (№№ 23-27) субмеридионального и северо-восточного простирания.

Барановская (VI) цепь ЛА располагается северо-восточнее Пятигорской группы ЛА, на границе и в пределах Порошевского локального блока. Цепь имеет северо-западное простирание, контролируемое Нижнекосинской кольцевой структурой первого порядка, находится в северной ее части. Состоит из трех ЛА (№№ 28-30) субмеридионального и северо-западного простирания.

Порошевская (VII) группа ЛА располагается южнее Барановской цепи ЛА, в пределах Порошевского локального блока. Группа контролируется Нижнекосинской кольцевой структурой первого порядка, находится в ее центральной части. Состоит из трех ЛА афтных аномалий (№№ 31-33) субмеридионального и север-северо-восточного простирания.

Нижнесымская (VIII) группа ЛА располагается северо-восточнее Барановской цепи ЛА, в пределах Порошевского локального блока. Группа имеет северо-западное простирание, контролируемое Нижнекосинской кольцевой структурой первого порядка, находится в северо-восточной ее части. Состоит из пяти ЛА (№№ 35-38) субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простирания.

Нижнекосинская (IX) цепь ЛА располагается юго-восточнее Порошевской группы ЛА, в пределах Порошевского локального блока. Группа имеет северо-восточное простирание, контролируемое Нижнекосинской кольцевой структурой первого порядка, находится в юго-восточной ее части. Состоит из пяти ЛА (№№ 39-43) субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простирания.

Солымская (X) цепь ЛА располагается восточнее Нижнесымской группы ЛА и Нижнекосинской цепи ЛА, в пределах Усть-Косинского локального блока. Цепь имеет субмеридиональное простирание, контролируется системой зональных и локальных линеаментов субмеридионального и северо-восточного простирания. Состоит из пяти ЛА (№№ 44-48) субмеридионального и северо-восточного простирания.

Юкеевская (XI) группа ЛА располагается в западной части Пономаревской площади, южнее Сергиевской группы ЛА в основном в пределах Юкеевского локального блока. Группа имеет субмеридиональное простирание, контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из пяти ЛА (№№ 49-53) субмеридионального простирания с небольшим направлением к западу и востоку. На этом участке предполагается продолжение Кочевского вала.

Чазевская (XII) группа ЛА располагается восточнее Юкеевской группы ЛА, в пределах Чазевского локального блока. Группа имеет округлую форму, совпадает с кольцевой структурой второго порядка, контролируется системой региональных широтных линеаментов. Состоит из восьми ЛА (№№ 54-61) субмеридионального и север-северо-восточного простирания.

Сосновская (XIII) группа ЛА располагается восточнее Чазевской группы ЛА, на границе двух мезоблоков – Лологского (Кордонский локальный блок) и Среднекосинского (Чирковский локальный блок). Группа ЛА имеет округлую форму, совпадает с кольцевой структурой второго порядка, контролируется системой региональных широтных линеаментов. Состоит из четырех ЛА (№№ 62-65) субмеридионального и север-северо-западного простирания.

В центральной и южной частях Пономаревской площади в пределах Среднекосинского мезоблока Косинского макроблока установлены 13 групп и цепей ЛА: Отопковская (XIV) Пелымская (XV) Абрамовская (XVI) Бачмановская (XVII) Маратинская (XVIII) Чирковская (XIX) Пуксибская (XX) Кочевская (XXI) Сепольская (XXII) Ошовская (XXIII) Краснокурьянская (XXIV) Лопанская (XXV) Лолымская (XXVI).

Отопковская (XIV) группа ЛА располагается в западной части Пономаревской площади, южнее Юкеевской группы ЛА, в основном в пределах Пелымского локального блока. Группа имеет субмеридиональное простирание, контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из шести ЛА (№№ 66-71) субмеридионального простирания. ЛА 68 северо-восточного простирания контролируется положением кольцевой структуры второго порядка. В пределах Отопковской группы ЛА предполагается продолжение Кочевского вала.

Пелымская (XV) группа ЛА располагается в западной части Пономаревской площади, южнее Отопковской группы ЛА в пределах одноименного локального блока, контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из пяти ЛА (№№ 72-76). Поскольку данная группа ЛА приурочена также к северной части Кочевской

кольцевой структуры первого порядка, ориентировка аномалий № 72, 73, 76 северо-западная, контролируется положением этой кольцевой структуры, у двух других аномалий № 69, 71 – субмеридиональная. Пелымская группа ЛА возможно располагается на продолжении Кочевского вала.

Абрамовская (XVI) цепь ЛА находится восточнее Отопковской и Пелымской групп ЛА, в пределах Бачмановского и Сепольского локальных блоков. Цепь имеет в целом субмеридиональное простирание, контролируется системой региональных и зональных линеаментов различного направления. Состоит из семи ЛА (№№ 77-83). Ориентировка аномалий определяется положением Бачмановской кольцевой структуры первого порядка. Цепь располагается в западной ее части и изгибается с запада на северо-восток. ЛА 77 северо-восточного простирания, ЛА 78, 79, 80, 81 – субмеридиональные, ЛА 82 и 83 – северо-западные.

Бачмановская (XVII) группа ЛА располагается восточнее Абрамовской цепи ЛА на стыке и в пределах четырех локальных блоков: Бачмановского, Чирковского, Сепольского и Усть-Онолвинского. Состоит из 11 ЛА (№№ 84-94). Данная группа ЛА расположена в центральной части Бачмановской кольцевой структуры первого порядка, и ориентировка аномалий определяется положением ее внешних и внутренних колец. ЛА 84, 85, 86, 88, 91, 94 северо-восточного простирания, ЛА 87, 92, – субмеридиональные, ЛА 89, 90, 93 – северо-западные.

Маратинская (XVIII) цепь ЛА располагается восточнее Бачмановской группы ЛА в пределах Чирковского и Усть-Онолвинского локальных блоков. Цепь имеет в целом субмеридиональное простирание, контролируется системой региональных и зональных линеаментов различного направления. Состоит из семи ЛА (№№ 95-101). Ориентировка аномалий определяется положением Бачмановской кольцевой структуры первого порядка. Цепь располагается в восточной ее части и изгибается с востока на северо-запад. ЛА 95 и 96 север-северо-западного простирания, ЛА 97 и 98 – субмеридиональные, ЛА 99-101 – северо-восточные.

Чирковская (XIX) цепь ЛА располагается восточнее Маратинской цепи ЛА в пределах Чирковского и Пуксибского локальных блоков. Цепь имеет север-северо-восточное простирание, контролируется системой региональных и зональных линеаментов этого направления. Состоит из четырех ЛА (№№ 102-105). Все ЛА соответствуют общему направлению цепи, кроме ЛА 104 – северо-западного направления

Пуксибская (XX) группа ЛА располагается восточнее Чирковской цепи ЛА в пределах Пуксибского локального блока. Группа имеет в целом субмеридиональное простирание, контролируется системой региональных и зональных линеаментов. Состоит из шести ЛА (№№ 106-111), выходит за пределы Пономаревской площади. В контур Пуксибской – 2 ЛА (№ 107), выходящей за пределы Пономаревской площади попадают две выявленные структуры – Вумская и Львовская. Пуксибская – 1 ЛА (№ 106) также частично

попадает в контур намеченной структуры по данным ОАО КамНИИКИГС и ОАО Пермнефтегеофизика.

Кочевская (XXI) группа ЛА располагается в юго-западной части Пономаревской площади, южнее Пелымской группы ЛА в пределах Кочевского и частично – Пелымского локальных блоков, контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из пяти ландшафтных аномалий (№№ 112-116). Поскольку данная группа ЛА располагается также в центральной части Кочевской кольцевой структуры первого порядка, ориентировка аномалий контролируется положением этой кольцевой структуры. ЛА 112 и 115 имеют северо-восточное простирание, ЛА113 и 116 северо-западное, а ЛА 114 – субмеридиональное. В пределах Кочевской группы ЛА предполагается продолжение Кочевского вала. Ландшафтные аномалии Кочевская – 1 (№ 112) и Кочевская – 4 (№ 115) частично попадают в контур намеченной структуры по данным ОАО КамНИИКИГС и ОАО Пермнефтегеофизика.

Сепольская (XXII) группа ЛА располагается в юго-западном углу Пономаревской площади, южнее Кочевской группы ЛА в пределах Кочевского локального блока, контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из четырех ЛА (№№ 117-120). Располагается также в южной части Кочевской кольцевой структуры первого порядка, ориентировка аномалий контролируется положением этой кольцевой структуры. Все ландшафтные аномалии имеют северо-восточное простирание.

Ошовская (XXIII) группа ЛА располагается восточнее Кочевской группы ЛА, преимущественно в пределах Сепольского локального блока, контролируется системой локальных линеаментов различных направлений. Состоит из шести ЛА (№№ 121-126). Располагается между двух кольцевых структур первого порядка – Кочевской и Бачмановской, поэтому, ориентировка аномалий контролируется также их положением: три аномалии №№ 121, 123, 124 имеют северо-западное простирание, а три других №№ 122, 125, 126 – субмеридиональное.

Краснокурьянская (XXIV) группа ЛА располагается в южной части Пономаревской площади, южнее Ошовской группы ЛА, преимущественно в пределах Краснокурьянского локального блока. Контролируется системой локальных линеаментов различных направлений. Состоит из пяти ЛА (№№ 127-131). Три аномалии №№ 128, 129, 131 имеют северо-западное простирание, а две другие аномалии №№ 127, 130 – северо-восточное.

Лопанская (XXV) цепь ЛА располагается восточнее Краснокурьянской группы и Маратинской цепи ЛА, в пределах Усть-Онолвинского локального блока. Контролируется региональными линеаментами северо-восточного направления. Состоит из семи ЛА (№№ 132-138). Все аномалии имеют северо-восточное простирание согласное с общим направлением цепи, кроме ЛА 132, имеющей северо-западное простирание.

Лолымская (XXVI) цепь ЛА располагается в юго-восточной части Пономаревской площади, восточнее Лопанской цепи ЛА, в пределах Усть-

Онолвинского локального блока. Контролируется региональными линеаментами север-северо-восточного направления. Состоит из пяти ЛА (№№ 139-143). Все аномалии имеют субмеридиональное простираание с небольшим отклонением к западу или востоку.

Усть-Коккольская (XXVII) цепь ЛА располагается в юго-восточном углу Пономаревской площади, восточнее Лолымской цепи ЛА, в пределах Усть-Онолвинского локального блока (Кондаский макроблок – Верхнеуролкинский мезоблок). Контролируется региональными линеаментами северо-восточного направления. Состоит из четырех ЛА (№№ 144-147). Все аномалии имеют север-северо-восточное простираание.

Оценка перспективности участков и объектов по данным аэрокосмогеологических исследований

На основании комплексной интерпретации результатов аэрокосмогеологических исследований на Пономаревской площади, имеющих геолого-геофизических данных и буровых работ, опыта многолетних АКГИ в различных районах Пермского Приуралья, в условиях отсутствия эталонных участков все 147 закартированных ландшафтных аномалий подразделены на три группы по степени перспективности и первоочередности изучения (рис. 8, табл. 2). В основу подобного подразделения аномалий нами взяты: повышенная трещиноватость и плотность линеаментов, неотектоническая активность, увеличенная энергия рельефа, расположение объектов на крупных кольцевых структурах, предполагаемых валообразных поднятиях.

К объектам первой очереди изучения отнесены 44 аномалии: Никоновская – 2, Вартановская – 4. Пятигорская – 4, Порошевская – 3, Нижнекосинская – 2, Нижнекосинская – 3, Солымская – 4, Солымская – 5, Юксеевская – 1, Чазевская – 3, Чазевская – 4, Сосновская – 2, Отопковская – 4, Отопковская – 2, Отопковская – 6, Пелымская – 1, Пелымская – 5, Бачмановская – 1, Бачмановская – 2, Бачмановская – 3, Бачмановская – 4, Бачмановская – 5, Бачмановская – 6, Бачмановская – 7, Бачмановская – 8, Маратинская – 2, Маратинская – 3, Маратинская – 4, Чирковская – 1, Чирковская – 2, Чирковская – 3, Пуксибская – 1, Пуксибская – 2, Пуксибская – 3, Пуксибская – 5, Кочевская – 2, Краснокурьянская – 3, Краснокурьянская – 4, Лопанская – 1, Лопанская – 4, Лопанская – 5, Лопанская – 6, Лолымская – 1, Усть-Коккольская – 3.

К объектам второй очереди изучения отнесены 71 аномалии: Сергиевская – 2, Сергиевская – 6, Сергиевская – 8, Никоновская – 3, Никоновская – 4, Вартановская – 1, Вартановская – 2, Вартановская – 3, Наумовская – 1, Наумовская – 2, Пятигорская – 1, Пятигорская – 5, Барановская – 1, Барановская – 2, Барановская – 3, Порошевская – 1, Нижнесымская – 1, Нижнесымская – 2, Нижнесымская – 3, Нижнекосинская – 1, Нижнекосинская – 4, Нижнекосинская – 5, Солымская – 1, Солымская – 2, Солымская – 3, Юксеевская – 2, Юксеевская – 3, Юксеевская – 4, Юксеевская – 5, Чазевская –

1, Чазевская – 2, Чазевская – 5, Чазевская – 7, Чазевская – 8, Сосновская – 1, Сосновская – 3, Сосновская – 4, Отопковская – 1, Отопковская – 3, Отопковская – 5, Пелымская – 2, Пелымская – 4, Абрамовская – 1, Абрамов+ская – 3, Абрамовская – 7, Бачмановская – 9, Бачмановская – 10, Бачмановская – 11, Маратинская – 1, Маратинская – 6, Маратинская – 7, Чирковская – 4, Кочевская – 3, Кочевская – 5, Сепольская – 3, Сепольская – 4, Ошовская – 1, Ошовская – 2, Ошовская – 3, Ошовская – 4, Краснокурьянская – 1, Краснокурьянская – 2, Краснокурьянская – 5, Лопанская – 7, Лолымская – 2, Лолымская – 3, Лолымская – 4, Лолымская – 5, Усть-Кокольская – 1, Усть-Кокольская – 2, Усть-Кокольская – 4.

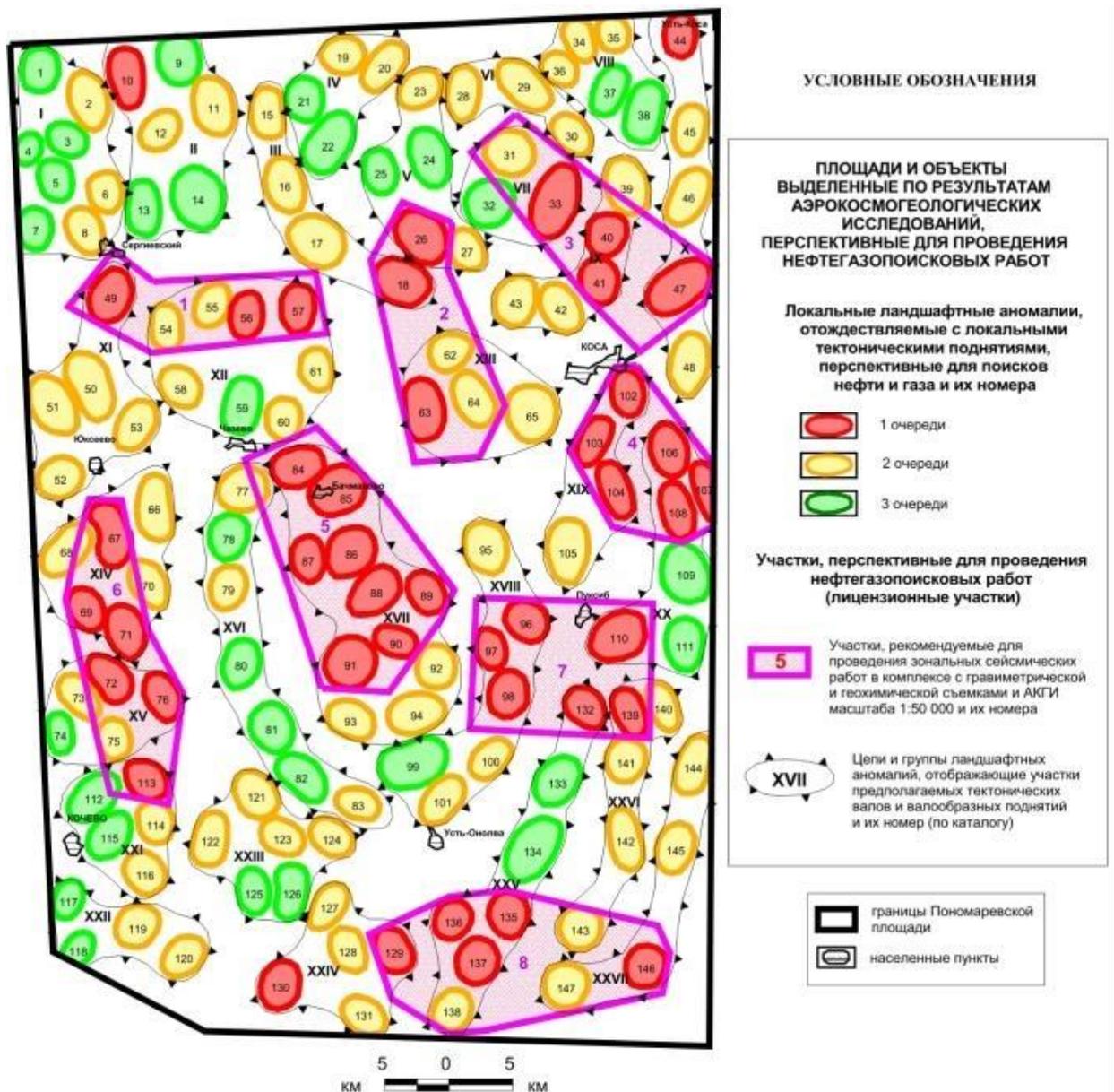


Рис. 8. Карта перспективных участков и рекомендаций по данным аэрокосмогеологических исследований Пономаревской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

К объектам третьей очереди изучения отнесены 32 аномалии: Сергиевская – 1, Сергиевская – 3, Сергиевская – 4, Сергиевская – 5, Сергиевская – 7, Никоновская – 1, Никоновская – 5, Никоновская – 6, Наумовская – 3, Наумовская – 4, Пятигорская – 2, Пятигорская – 3, Порошевская – 2, Нижнесымская – 4, Нижнесымская – 5, Чазевская – 6, Пелымская – 3, Абрамовская – 2, Абрамовская – 4, Абрамовская – 5, Абрамовская – 6, Маратинская – 5, Пуксибская – 3, Пуксибская – 5, Кочевская – 1, Кочевская – 4, Сепольская – 1, Сепольская – 2, Ошовская – 1, Ошовская – 5, Ошовская – 6, Лопанская – 2, Лопанская – 3 [24].

Заключение

В результате анализа материалов АКГИ на Пономаревской площади рекомендуются **8 участков** для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками и детальными АКГИ масштаба 1:25 000 (рис. 8).

Площади участков: 1 – 100 км², 2 – 128 км², 3 – 145 км², 4 – 103 км², 5 – 195 км², 6 – 133 км², 7 – 147 км², 8 – 191 км².

Общие критерии для их выбора, следующие:

- высокие геологические предпосылки для поисков;
- наличие перспективных ландшафтных аномалий, отобразивших предполагаемые тектонические поднятия (и возможно - структур облекания рифов);
- наличие кольцевых структур первого или второго порядка, предположительно отображающих приподнятые валообразные зоны или поднятия осадочного чехла;
- повышенная неотектоническая активность;
- высокая вероятность развития в пределах изученной территории зон высокой трещиноватости, (которые могут служить путями миграции углеводородов и повышать коллекторские свойства палеозойских отложений);
- приуроченность локальных ландшафтных аномалий к крупным субширотным линейным зонам, которые могут служить отражением нарушений осадочного чехла. Последние в свою очередь могут служить тектоническими экранами для структурных мысов на Камском своде, раскрывающихся к северу.

В свете изложенных критериев представляют особый интерес ландшафтные аномалии № 84 (Бачмановская - 1) и № 85 (Бачмановская - 2), расположенные на предполагаемом продолжении Кудымкарского вала.

Библиографический список

1. Бабак В.И., Николаев Н.Н. Карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечернозёмной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000. М.: ГУГК. 1984.
2. Кассин Г.Г., Шеринев К.С. Разломы Среднего Приуралья // Разломы земной коры Урала и методы их изучения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С.84-88.
3. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейной тектоники. М.: Недра. 1986. 140 с.

4. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
5. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
6. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
8. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
11. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.
12. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.
13. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
14. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа – история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 13-24.
15. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Пермь, 2017. С. 178-186.
16. Копылов И.С. Прогнозирование нефтегазоносных объектов комплексом геохимических и аэрокосмогеологических методов // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 4 (53). С. 16-17.
17. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
18. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 38-47.
19. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 321-328.
20. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
21. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
22. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.
23. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
24. Копылов И.С., Хурсик В.З. Аэрокосмогеологические исследования на Пономаревской площади (Камский наложенный свод). ГИ УрО РАН. Пермь, 2011. 34 с.

И.С. Копылов, А.В. Коноплев, В.А. Наумов, В.В. Голдырев, В.Н. Брюхов
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

СОЗДАНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СОПУТСТВУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ

Экономика Пермского края испытывает острый дефицит по ресурсам различных видов общераспространенных полезных ископаемых, особенно по строительным материалам. Широкомасштабные поиски их целесообразно проводить на современной прогнозной дистанционной основе путем проведения специализированных аэрокосмогеологических исследований. Разработан методический подход по созданию современной дистанционной основы территории Пермского края на основе проведения аэрокосмогеологических исследований для прогнозирования и разработки рекомендаций по выбору перспективных направлений, площадей и объектов поисков общераспространенных полезных ископаемых, а также сопутствующих минералов и элементов. Составлена рабочая программа научных исследований.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, общераспространенные полезные ископаемые, строительные материалы, космические снимки, геоиндикационное дешифрирование, структурное дешифрирование, методика, программа, Пермский край.

I.S. Kopylov, A.V. Konoplev, V.A. Naumov, V.V. Goldyrev, V.N. Bryukhov
Perm State University, Perm, Russia

ESTABLISHING A DISTANCE BASE FOR THE PERM KRAI TERRITORY FOR FORECASTING AND SEARCHING FOR GENERAL MINERALS AND RELATED MINERALS AND ELEMENTS

The economy of the Perm Territory is experiencing an acute shortage of resources of various types of common minerals, especially construction materials. It is advisable to carry out large-scale searches for them on a modern predictive distance basis through specialized aerospace geological research. A methodological approach has been developed to create a modern remote basis for the territory of the Perm Territory based on aerospace geological research to predict and develop recommendations for the selection of promising directions, areas and objects of prospecting for common minerals, as well as related minerals and elements. A research work program has been drawn up.

Key words: aerospace geological research, widespread minerals, building materials, satellite images, geo-indicative interpretation, structural interpretation, methodology, program, Perm Territory.

Сущность проблемы и анализ причин ее возникновения

Экономика Пермского края в связи с интенсивным развитием инфраструктуры в целом (градостроительство, дорожное строительство,

нефтяная и газовая, химическая, металлургическая, аграрная и др. промышленности) и отдельных центральных и южных районов края, испытывает острый дефицит по ресурсам различных видов общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ), особенно по строительным материалам (пески, гравийно-песчаные смеси ГПС, гравий, карбонатное сырье, гипсы, ангидриты, облицовочное сырье, кирпичные глины и др.) (рис. 1). Кроме того, большой объем ресурсов ОПИ необходим для реализации федеральных программ проектирования и строительства железных дорог в северной части Пермского края по Белкомуру [31] и в Березниковско-Соликамском промузле [4, 24-26] в связи с природно-техногенными провалами в зоне Верхнекамского месторождения калийных солей.

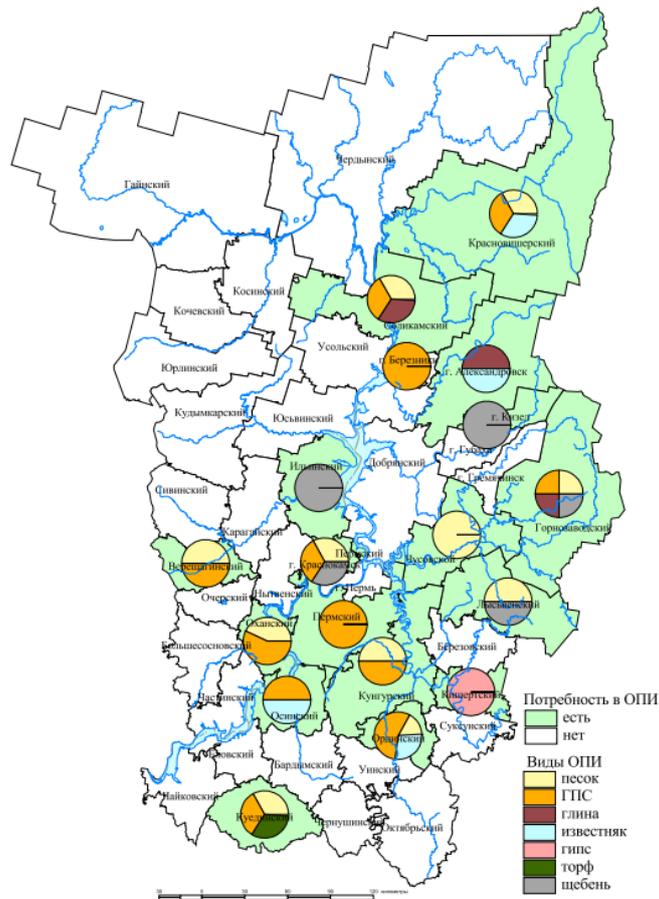


Рис. 1. Потребность в общераспространенных полезных ископаемых [1]

Широкомасштабные поиски ОПИ на территории Пермского края экономически и геологически целесообразно проводить на современной прогнозной дистанционной основе путем проведения специализированных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ). Несмотря на достаточно длительное (более 60 лет) применение дистанционных методов в геологической практике Пермского края при геологическом, гидрогеологическом, геоэкологическом, инженерно-геологическом картировании; нефтепоисковых работах, металлогенических, геодинамических и др. исследованиях [2-34], при поисках ОПИ дистанционные методы практически не применялись.

В последние годы, в связи с получением новейших цифровых спектрональных снимков с космических спутников и с развитием компьютерных технологий и методик по их обработке, появилась уникальная возможность эффективно прогнозировать ОПИ и выявлять их месторождения, а также проводить поиски сопутствующих минералов и элементов (россыпных алмазов, золота, платины, марганца, урана, полиметаллов и др.). Научная и профессиональная подготовка аэрокосмогеологов в Приуралье осуществляется на кафедре поисков и разведки полезных ископаемых геологического факультета Пермского университета (ПГНИУ), в Пермской аэрокосмогеологической школе [14, 15, 22]. Практически вся территория Пермского края изучена различными видами АКГИ [2-4, 6-12, 16-20, 29, 32] (рис. 2).

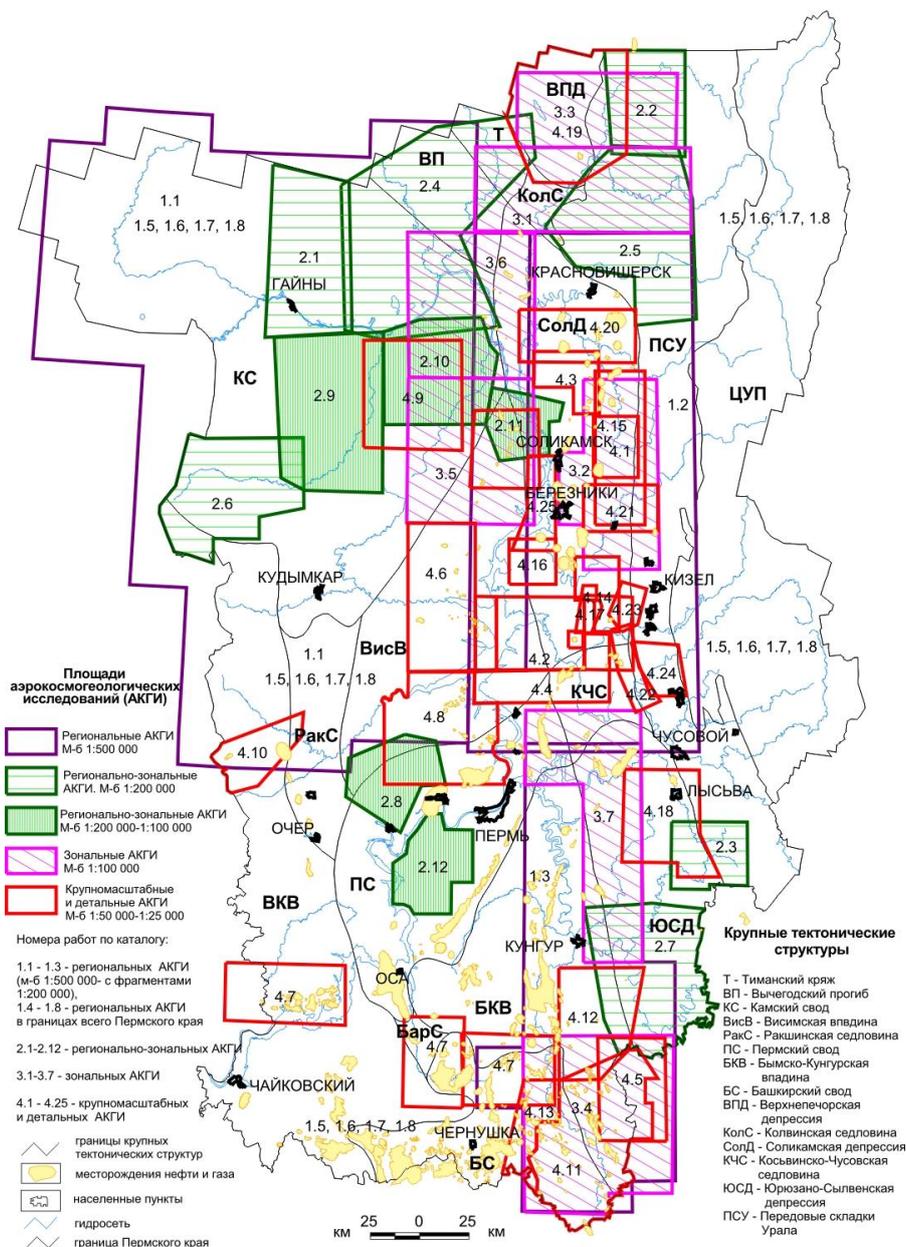


Рис. 2. Карта площадей аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья [14, 15]

Краткое описание научно-исследовательских работ (НИР), описание предполагаемых решений

Целевое назначение работы – создать современную дистанционную основу территории Пермского края на основе проведения аэрокосмогеологических исследований для прогнозирования и разработки рекомендаций по выбору перспективных направлений, площадей и объектов поисков общераспространенных полезных ископаемых, а также сопутствующих минералов и элементов.

Состав работ и выполнение геологических задач:

- уточнение геологического, тектонического и неотектонического строения территории Пермского края на основе комплексного регионально-зонального (с врезками крупномасштабного) дешифрирования новейших цифровых космических снимков (КС) и полевых маршрутных исследований. Изучение узлов повышенной тектонической проницаемости – линейных, кольцевых, очаговых и др. в сопряжении с геолого-геофизической информацией;

- проведение геоиндикационного дешифрирования КС с выделением природно-территориальных комплексов (ПТК) различного уровня, с зонированием распространения ОПИ (строительные, карбонаты, гипсы и ангидриты, торф и др.). Детализация работ в районах, испытывающих потребность в тех или иных ОПИ: в районах, где развита строительная инфраструктура, проектируется или ведется дорожное строительство (в т.ч. - Белкомур), имеется потребность в песке и ГПС для содержания, строительства и ремонта автодорог (Пермский, Верецагинский, Красновишерский, Соликамский, Чердынский, Гайнский, Косинский и др.); в районах, где имеется потребность в известняке и гипсе (Горнозаводской, Кунгурский, Кишертский, Ординский и др.);

- проведение структурно-геологического дешифрирования КС – выявление сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, установление их контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных формаций, тел и месторождений.

- проведение геоморфологического дешифрирования и структурно-геоморфологических исследований – картирование и выявление потенциально перспективных объектов на поиски россыпных минералов (эрозионно-структурные, эрозионно-карстовые депрессии, участки древних русловых и склоновых потоков, участки с повышенной мощностью рыхлых отложений и др.);

- морфонеотектонический и линеаментно-геодинамический анализы для выявления геодинамически активных участков – вероятных мест переотложенных и смещенных рудных тел [5, 13, 21];

- обработка материалов АКГИ, дешифрирование цифровых КС и составление картографической основы в ГИС-технологиях с использованием программных продуктов ArcGis и ArcView.

Основным результатом работы должен быть комплект карт территории Пермского края масштаба 1:500 000 с врезками масштаба 1:100 000, в т.ч.:

- **прогнозная аэрокосмогеологическая карта на общераспространенные полезные ископаемые.** На ней будет проведено районирование и зонирование по ОПИ, будут отображены региональные и зональные геологические закономерности (геологические формации, ПТК различного ранга, линеаменты отождествляемые с тектоническими нарушениями фундамента и осадочного чехла, зоны высокой трещиноватости пород, кольцевые структуры, контролирующие месторождения ОПИ);

- **карта объектов и участков, перспективных для поисков общераспространенных полезных ископаемых.** На ней будут выделены перспективные объекты и участки для постановки поисковых работ на ОПИ и сопутствующих минералов и элементов;

- **геодинамическая карта месторождений общераспространенных полезных ископаемых.** На ней будут установлены участки с опасными геологическими процессами, выделены аварийно-опасные участки и зоны, которые необходимо учитывать при проведении проектно-изыскательских работ, природоохранных мероприятий, эксплуатации объектов городского и дорожного строительства, проведении горных работ, и в других сферах хозяйственной деятельности. Основное практическое назначение – поддержка принятия управленческих решений по безопасной эксплуатации промышленных объектов в условиях экологически сбалансированного хозяйственного освоения территории Пермского края.

Соответствие НИР системе стратегических приоритетов социально-экономического развития региона

Проектируемая работа соответствует стратегическим приоритетам социально-экономического развития Пермского края, способствуя обеспечению его ресурсами общераспространенных полезных ископаемых, а также задачам программы «Развитие и использование минерально-сырьевой базы Пермского края на 2021-2025 годы и на перспективу до 2030 года».

Библиографический список

1. Коноплев А.В., Копылов И.С. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые. Отчет по госконтракту № 162 от 09.06. 2005 г. ЕНИ, Пермь, 2005. 131 с.

2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

3. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.

5. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
6. Копылов И.С. Геология и геодинамика центральной части города Перми // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2021. № 4 (41). С. 280-287.
7. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // В сборнике: *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей*. Екатеринбург, 2011. С. 196-198.
8. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С.148-158.
9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
10. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.
11. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
12. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 66-94.
13. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. *Перм. гос. нац. исслед. ун-т*. Пермь, 2019. 131 с.
14. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа – история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 13-24.
15. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа - характеристика основных результатов региональных и нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 13-40.
16. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 93. С. 468-484.
17. Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 210-217.
18. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазоносности // В сборнике: *Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология*. Пермь, 2015. С. 109-110.
19. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 38-47.
20. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 321-328.
21. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
22. Копылов И.С., Коврижных С.Б., Наумова О.Б., Попов А.Г. Аэрокосмические методы в геологии - учебнометодический курс в Пермском университете // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 101-111.
23. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
24. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1. С. 431.

25. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.
26. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 63-76.
27. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.
28. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 95-100.
29. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 77-84.
30. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
31. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 3.
32. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 145-158.
33. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техно- природных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэро- космогеологических исследований // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 5-6. С. 76-77
34. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75.

Е.Ю. Ликотов
гор. Калуга, Россия

ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПЕРЕКОСОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАК ЧАСТЬ МЕТОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

Показано выявление проявлений действия тектонических перекосов земной поверхности в формировании речных долин и россыпей. Оно началось с дешифрирования аэрофотоснимков, при котором был выявлен первичный их дешифровочный признак: выпуклые перегибы изображений поверхности с оптическим эффектом коробления снимков. Подтверждение и конкретные результаты действия тектонических перекосов установлены специальными геоморфологическими исследованиями. Обосновано действие тектонических перекосов земной поверхности в качестве механизма формирования речных долин (ведущего для изученных долин).

Ключевые слова: тектонические перекосы земной поверхности, дешифровочные признаки, продольные профили водотоков, извилистость и миграции русла, ширина поймы, распределение озёр, изменение простираания долин.

E.Yu. Likotov
Kaluga, Russia

DECODING SIGNS OF TECTONIC DISTORTIONS OF THE EARTH'S SURFACE AS PART OF THE METHODOLOGICAL SYSTEM THEIR IDENTIFICATION

It is shown that the manifestations of the action of tectonic distortions of the earth's surface in the formation of river valleys and placers are revealed. It began with the decryption of aerial photographs, which revealed their primary decryption feature: convex kinks of surface images with the optical effect of warping the images. Confirmation and concrete results of the action of tectonic distortions have been established by special geomorphological studies. The effect of tectonic distortions of the Earth's surface as a mechanism for the formation of river valleys (leading for the studied valleys) is substantiated.

Keywords: tectonic distortions of the earth's surface, deciphering features, longitudinal profiles of watercourses, meandering and migrations of the channel, floodplain width, distribution of lakes, changes in the stretch of valleys.

Введение

Тектонические перекосы земной поверхности (далее – ТП) – особый тип тектонических движений наряду с вертикальными, горизонтальными и тектоническим покоем. Действие их заключается в косых пластических деформациях или в блоковых – без изменения планового и, главное, высотного положения проекции центра тяжести блока на земную поверхность.

На территории действия перекоса (даже при нулевых вертикальных и горизонтальных амплитудах перемещения проекции центра тяжести блока или участка пластических деформаций) меняются абсолютные и относительные высоты поверхности, уклоны продольных профилей водотоков, происходят закономерные миграции русел, формирование надпойменных террас и речных долин в целом.

ТП действуют повсеместно и постоянно в силу пространственной неоднородности и временной изменчивости свойств тектонических движений – одного из внешних условий (тектонических) формирования рельефа.

Указаниям на существенную рельефообразующую роль ТП – не менее 70 лет [1]. Действие их предметно рассмотрено и защищено в качестве механизма формирования речных долин [13] различных порядков [10-12, 14, 15, 19, 8], в исследованных долинах – ведущего. Тем не менее даже указания на участие ТП в формировании речных долин продолжают оставаться редкими в литературе [20, 9, 26, 34].

Методика и ход получения первых результатов исследований

Проявления ТП в современном рельефе были обнаружены нами сначала при дешифрировании аэрофотоснимков в виде выпуклых перегибов изображений поверхности и сопряжённых с ними вогнутых, простирающихся поперёк долин. Аэрофотоснимки под стереоскопом на участках выпуклых перегибов выглядят деформированными, будто под ними проложили канат значительной толщины (0,5-1см). Автор постоянно просматривал дешифрируемые аэрофотоснимки на предмет их деформированности – они всегда были ровными.

Для проверки достоверности сделанных наблюдений мы прибегли к методу экспертных оценок. Стереопары просматривали не только геоморфологи, но и представители других специальностей – как знакомые, так и незнакомые с дешифрированием аэрофотоснимков. И все они самостоятельно (без наших подсказок) замечали выпуклые перегибы изображений поверхности на одних и тех же участках очередной стереопары аэрофотоснимков.

Таким образом, *первичный дешифровочный признак проявлений ТП в современном рельефе – выпуклые и сопряжённые с ними вогнутые перегибы изображений поверхности на аэрофотоснимках.*

Проявления действия тектонических перекосов в строении и формировании рельефа, рыхлых образований и россыпей. Направления, методы и результаты исследований

Выявление проявлений ТП, как и других вариантов участия тектонических движений в рельефообразовании, сделало необходимым проведение специальных геоморфологических исследований в различных направлениях и различными методами на предмет подтверждения этого и установления конкретных проявлений действия ТП в формировании рельефа, в частности – речных долин и их элементов. Полученные данные помогли не

только заверить проявления ТП, но и выявить связанные с их действием закономерности формирования речных долин.

Исследования проводятся по следующим направлениям (и соответствующими им методами):

1) анализ степени участия основных внешних условий формирования рельефа (климатических, литологических, тектонических) в формировании изучаемых речных долин;

2) выявление проявлений действия ТП в строении а) рельефа; б) рыхлых отложений (далее – РО);

3) типизация ТП;

4) установление частных и общих закономерностей формирования речных долин и россыпей, связанных с действием ТП.

Анализ степени участия основных внешних условий формирования рельефа (климатических, литологических, тектонических) в формировании изучаемых речных долин.

Прежде чем начинать его, необходимо обратить внимание на одно важное обстоятельство, далеко не всегда в должной мере учитываемое при геоморфологических исследованиях. Существенную рельефообразующую, в данном случае – долиноформирующую, роль внешние условия формирования рельефа играют не в виде своих состояний, а в виде своих **изменений**. Эти изменения характеризуются пространственной неоднородностью и временной изменчивостью состояний внешних условий формирования рельефа. Начальные характеристики этих свойств следующие.

Район специальных исследований ТП – север Амуро-Зейской равнины, центральная часть междуречья рр. Зeya и Селемджа. Северная его граница – субширотный участок р. Нинни (левый приток р. Дeп), восточная – р. Нора (правый приток р. Селемджа), южная – широта устья р. Гарь (правый приток р. Орловка, правого притока р. Селемджа), западная – субмеридионального простирающегося участка р. Дeп (левый приток р. Зeya) и, ниже её устья - р. Зeya. Исследуемые долины малых рек – до VI порядка, чаще – III-IV (по классификации А.Н. Стралера-Н.А. Ржаницына [29]) Их формирование рассматривается на послераннеплейстоценовом этапе развития (послебелогорском – по названию регионально распространённой белогорской свиты (N₂-Q_{1b1}) и лишь некоторые его черты, непосредственно характеризующие действие ТП – на более ранних.

Климатические условия формирования речных долин пространственно однородны. Изменения их во времени оцениваются нами [13] по сводным работам [2, 31, 36], по работам специалистов-палинологов [24, 23, 7, 25] и по данным спорово-пыльцевого анализа отобранных нами проб рыхлых отложений (аналитики – Г.С. Мальцева и В.П. Шарова). По изменению состава растительности они не были монотонными; скорее, они развивались в режиме неравномерно-пульсационном. Но амплитуда их была относительно невелика – в течение всего послераннеплейстоценового времени изучаемая территория оставалась в зоне тайги, климат оставался гумидным. Интересно, что

практически все растительные сообщества древности отмечены нами при обследовании того или иного бассейна реки III-IV порядка, т.е. именно в пределах изучаемых долин.

Это подтверждается и исследованиями в сопредельном Восточном Забайкалье, где также установлено отсутствие резких (катастрофических) изменений климата, связи их с материковыми оледенениями, общепринятого [28] порядка чередования климатических фаз плейстоценовых ритмов [21].

Годовое количество осадков, прямо влияющее на водность потоков, составляло 400-700 мм и в плиоцене [36], и в плейстоцене [2], таково оно и сейчас [33].

Широко распространённая не только линейно, но и на площади исследований каолининовая кора выветривания с нижней границей возраста мел-палеоген [5], по данным минералогического анализа слагающих её глин, несущих следы гидротермальной переработки [32] имеющая, следовательно, эндогенное (гидротермальное), а не экзогенное происхождение, не может быть показателем значительных климатических изменений.

Приведённые данные предшествующих исследований и анализа отобранных нами проб свидетельствуют о незначительных климатических изменениях, которые не могли существенно влиять на формирование долин.

Литологические условия формирования речных долин характеризуются широким (на период их формирования - «плащеобразным») распространением озёрно-аллювиальных существенно алевроито-глинисто-галечных отложений белогорской свиты ($N_2^3-Q_{1b1}$), которые слагают аккумулятивные междуречья до абс. высоты 365-420 м [5] и горными выработками вскрываются в днищах долин (максимальная абс. высота – до 250-290 м). В них, обладающих однородной противозерозионной устойчивостью [3], врезались реки на рассматриваемом послераннеплейстоценовом (послебелогорском) этапе развития. Поэтому литологические условия формирования изучаемых долин однородны и не играют существенную долиноформирующую роль: не служат причиной формирования выявленных при дешифрировании аэрофотоснимков особенностей их строения.

Тектонические условия формирования долин, при широком развитии как долгоживущих древних тектонических структур, так и более молодых неотектонических, отличаются развитием территории на геоморфологическом этапе развития [6]: начиная с поздней юры-раннего мела – в платформенном режиме с незначительными – 12-15 м (рассчитанными по данным Г.А. Постоленко [27]) - амплитудами тектонических движений за изучаемый период формирования долин, а также густой сетью разрывных нарушений.

Морфологические данные также подтверждают слабую активность тектонических движений в характере проявлений взаимных перемещений блоков. Анализ строения уклонов продольных профилей водотоков выявляет редкость флексуорообразных изгибов профилей – свидетельств действия блоковых перемещений. Значительно чаще на пересечении тальвегов и зон разломов отмечаются резкие перегибы продольных профилей, которые

пространственно совпадают с фиксируемыми на аэрофотоснимках выпуклыми и вогнутыми перегибами земной поверхности. Изменения уклонов продольных профилей на перегибах (по нашим данным) - 30-40% и до 183%, возможно, и более – намного больше величин до 16-20%, обусловленных неравномерными изменениями транспортирующей способности потоков по их длине. Тем самым устанавливается формирование выявленных резких перегибов продольных профилей под действием ТП.

Таким образом, данные исследований основных (климатических, литологических, тектонических) внешних условий формирования рельефа, долиноформирующей роли их и их изменений показывают, что резкие перегибы продольных профилей водотоков в изучаемых долинах – результат действия ТП.

Проявления действия тектонических перекосов в строении рельефа.

При выявлении действия ТП вдоль долины вначале выявляются перегибы земной поверхности путём дешифрирования аэрофотоснимков, нанесения их положения на построенный в крупном (в наших исследованиях – 1:25000) масштабе продольный профиль с вычислением частных его уклонов и их относительных изменений сверху вниз по долине. Вдоль профиля строятся графики коэффициента извилистости русла, ширины поймы, и получаем комплексный продольный профиль водотока.

Проявления ТП устанавливаются в следующих случаях. 1. Положению отдешифрированных выпуклых перегибов соответствуют выпуклые перегибы продольного профиля водотока (с увеличением уклонов более 16%), участки уменьшения извилистости русла и ширины поймы – на участках перегибов и ниже их по долине. 2. Положению вогнутых перегибов соответствуют вогнутые перегибы продольного профиля водотока (с уменьшением уклонов более 16%), участки уменьшения извилистости русла и ширины поймы - выше и ниже перегибов.

Изменения строения рельефа и РО речных долин под действием ТП, подобные исследованным на севере Амуро-Зейской равнины, на основании анализа распределений вдоль долин извилистости русел и ширины пойм предполагаются и в долинах малых и средних рек других регионов страны, в частности – р. Ветлуга (левый приток р. Волги), рек в средней части бассейна р. Оки (Рессета, Ресса, Серена, Упа, Суходрев).

В долине р. Амур вдоль долины выявлено взаимодействие (борьба) разнонаправленных перекосов, вызывающее формирование кривунов – врезанных излучин особого подтипа [15]. Оно специально рассмотрено для Корсаковских кривунов (185-140 км выше Благовещенска) и выражено не в виде изменений уклонов продольного профиля реки (как для долин малых рек севера Амуро-Зейской равнины), а в изменениях простираения не только русла р. Амур, но и её долины (на отрезке протяжённостью примерно 45 км – не менее 7 раз) и диагностируется серией гипсометрических профилей, данными геологического и геоморфологического картографирования [8]. Результатами этой работы, в частности, установлено, что узкие и на первый взгляд

недолговечные перешейки между кривунами не будут прорезаны рекой при существующих взаимодействиях ТП. Так ТП обеспечивают и стабильное пространственное положение кривунов, и постоянное интенсивное врезание крупной полугорной р. Амур.

Формирование кривунов под действием ТП отмечено для рек бассейна р. Амур: р. Ольдой (левый приток р. Амур) и на составляющих её рр. Бол. Ольдой и Мал. Ольдой, на р. Уркан (правый приток р. Зея) [15, 19].

Изменение простираения долин под действием ТП с формированием долинных излучин отмечено для рр. Лена и Вилюй [34].

Вполне возможно, что действию ТП обязано противотечение р. Свяга (правый приток р. Волги) по отношению к главной реке [19].

ТП поперёк долин рек через однонаправленные миграции русел приводят к формированию комплексов надпойменных террас на одном борту долины и отсутствию их на другом, как это выявлено в долине р. Ср. Ларба на южном макросклоне Станового хребта [16], на Корсаковских и Черпельских кривунах р. Амур, обеспечивают размыв крутых коренных склонов на одном борту долины и сохранность легко размываемого аллювия в пределах поймы – на другом, что наблюдается, например, на р. Мая Алданская (на её повороте с юга на север, в районе узла слияния с левым притоком – р. Батомга) и на р. Тура (левый приток р. Тобол) в районе гор. Тюмень.

Проявления действия тектонических перекосов в строении рыхлых отложений.

Они обнаруживаются анализом распределения вдоль долин мощностей РО – как общих, так и по отдельным горизонтам, соотношений реальных мощностей каждого разновозрастного горизонта РО с нормальной мощностью аллювия в эпоху его формирования, соотношения уклонов продольных профилей линий контактов между отдельными горизонтами с вычисленными уклонами профилей стока на рассматриваемом участке. Скорости течения древних водотоков получены с учётом положения Н.И. Маккавеева [20] о руслообразующих наносах и скоростей трогания обломков различных размеров [4] и по размерам руслообразующих обломков, выявленных на графиках грансостава обломков в каждом из изученных горизонтов РО [13].

Для реализации методики необходимо наличие двух (или нескольких) разрезов РО вдоль долины, характеризующих коррелируемые (по возрасту, генезису, особенностям строения и формирования) РО, имеющих жёсткую гипсометрическую и плановую топографическую привязку.

В результате корреляции горизонтов РО соединением между соответствующими друг другу контактами строятся линии продольных профилей древних тальвегов. Вычисляются их уклоны и фиксируются их изменения во времени.

Далее ТП выявляются двумя методическими направлениями.

В первом по мощности отдельных, определённого спорово-пыльцевым методом возраста, горизонтов аллювия относительно его нормальной мощности (в понимании Е.В. Шанцера [35]) определяется направление действия

флювиального процесса (врезание или наращивание высоты дна долины). Если при этом врезанию соответствует увеличению уклонов продольного профиля, то налицо действие перекосов, направление падения которых согласно падению продольного профиля и продольному уклону долины в целом. Значительное (десятки и сотни процентов) уменьшение уклонов продольного профиля показывает действие ТП с падением противоположным направлению продольного уклона долины.

Второе направление выявления ТП в строении РО – сопоставление хода и величины изменений уклонов реальных древних и современного продольных профилей с одной стороны и изменений уклонов профилей стока (в понимании П.С. Иовановича [22]): гипотетических профилей, формирующихся только под действием водных потоков) – с другой. Вычисление уклонов продольных профилей стока производится из формулы Шези: $i=v^2/c^2H$, где i – уклон продольного профиля, v – скорость течения, c – постоянная Шези, равная (по нашим вычислениям) 22, H – средняя глубина потока. При несоответствии знака i , в меньшей степени, величин временных изменений уклонов продольных профилей (реального и профиля стока) устанавливается сам факт действия ТП, их тип, направление действия и его изменения.

Все эти методические приёмы реализованы нами при исследованиях строения и состава РО долин малых рек севера Амуро-Зейской равнины [13]. Участки изученных долин характеризуются данными о строении, составе, генезисе РО в разрезах, имеющих жёсткую топографическую привязку (на стандартных топопланах). Получены реальные величины уклонов продольных профилей на участках долин между разрезами и вычислены величины уклонов профилей стока на этих же участках. Их сравнение показало, что реальные уклоны продольных профилей в 2-12 раз (иногда – и более) больше вычисленных. С учётом приведённых выше данных анализа внешних условий формирования изученных долин можно заключить, что лишь ТП могут быть причиной формирования продольных профилей с таким значительными уклонами i , с учётом существенно крупного механического состава РО (кроме тонкого у верхнего горизонта озёрных отложений) – высокой транспортирующей способности древних водотоков.

На послераннеплейстоценовом этапе развития долины формировались в условиях врезания водотоков, т.к. мощности горизонтов РО флювиального генезиса, слагающих их, меньше (много меньше) нормальных для каждого из них и лишь в редких случаях приближаются к нормальным.

Участки долин (в целом – субмеридионального простираения), на которых удалось изучить строение продольных профилей древних тальвегов и установить (независимо от дешифрирования аэрофотоснимков) действие ТП, расположены чётко ниже (по долинам) выявленных при дешифрировании аэрофотоснимков выпуклых перегибов земной поверхности.

Типизация тектонических перекосов.

Полученные данные о строении и формировании речных долин, продольных профилей действующих в них водотоков, слагающих долины РО

позволяет провести типизацию *продольных* (по отношению к направлению долин, в которых они действуют) перекосов. По отношению к направлению долины выделяется два типа продольных ТП: с относительным опусканием 1) нижнего и 2) верхнего (по долине) края участка. Характер изменений геоморфологических характеристик днищ долин, мощностей РО и направлений концентрации полезных компонентов (далее – ПК) россыпей (при его наличии) показан ниже (табл. 1).

Таблица 1

Типизация продольных тектонических перекосов по изменениям геоморфологических характеристик днищ долин, мощностей РО и концентрации ПК россыпей вдоль долин при ТП

Характеристика долин, рыхлых отложений и полезных компонентов	Типы перекосов	
	1-й	2-й
Уклоны продольного профиля потока	Увеличение	Уменьшение
Скорости течения (транспортирующая способность потока)	Увеличение	Уменьшение
Коэффициент извилистости русла	Уменьшение	Увеличение
Ширина поймы	Уменьшение	Увеличение
Частота встречаемости озёр (при минимальной транспортирующей способности потоков)	Меньше	Больше
Мощности РО (суммарные и/или отдельных горизонтов)	Уменьшение	Увеличение
Состояние концентрации ПК	Увеличение	Уменьшение (разубоживание, захоронение)

По направлению своего действия относительно направления долины ТП, в которой они действуют, подразделяются на три типа: продольные, поперечные и диагональные. Продольные ТП независимо от водных потоков изменяют уклоны их продольных профилей и другие свойства строения долин (табл. 1) и специально изучены в долинах малых рек центральной части междуречья Зеи и Селемджи [13]. Поперечные ТП обеспечивают направленные миграции русла с подрезанием рекой крутого коренного склона, сложенного скальными породами с высокой противоэрозийной устойчивостью (в понимании Г.В. Бастракова [3]) на одном из бортов и сохранением в рельефе широких пойменных массивов массивов, сложенных РО с низкой противоэрозийной устойчивостью – на противоположном. Их действие отмечено выше для рр. Мая Алданская и Тура. Диагональные ТП действуют под косыми углами по отношению к направлению долины и наименее доступны исследованиям, результаты которых пока отсутствуют в литературе. Не исключено, что именно диагональные ТП приводят к формированию кривунов, в частности – Корсаковских на р. Амур.

Перекосы упомянутых трёх типов делятся каждый на два подтипа: с относительным 1) опусканием и 2) поднятием нижнего (по падению плоскости ТП) края участка ТП.

Частные и общие закономерности формирования речных долин и россыпей, связанные с действием тектонических перекосов земной поверхности.

Изменения уклонов продольных профилей современных и древних водотоков позволяет проследить действие ТП вдоль изученных участков долин.

Общая картина их, имеющих, конечно, и индивидуальные особенности, следующая. Уклоны участков продольных профилей древних тальвегов между несколькими горизонтами РО возрастом от начала второй половины среднего плейстоцена (Q_2^1) до начала-конца второй половины позднего плейстоцена (Q_3^3 - Q_3^4) или увеличивались (до +647%), или незначительно уменьшались (до -11%). Водотоки при этом более или менее активно врезались, размывая отложения белогорской свиты (N_2 - Q_1 bl), формируя существенно гравийно-галечные отложения мощностями меньшими (много меньшими) нормальных, редко – соответствующих им. (При врезании под преобладающим действием водных потоков уклоны продольных профилей со временем уменьшаются.) Так действуют ТП 1-го типа: с относительным опусканием нижнего (по долине) края их участка.

Они выводили вниз формирующиеся горизонты РО из сферы действия водных потоков, обеспечивая сохранность их (нередко – вмещающих россыпи), накопление РО значительных суммарных мощностей (до 15-29 м), производивших ошибочное впечатление аккумулятивных толщ.

И лишь позднее, в конце второй половины позднего плейстоцена-в начале голоцена (Q_3^4 - Q_4^1), наблюдается монотонное уменьшение уклонов продольных профилей водотоков, иногда значительное (до -179%). Формируются озёрные отложения мощностью до 5,0 м (генезис определён по вивианиту термическим анализом глин (аналитик В.И. Малкова). Так действуют ТП 2-го типа: с относительным поднятием нижнего (по долине) края их участка.

Это направление ТП в изученных долинах сохраняет до сих пор. В результате его действия был создан подпор течению рек субмеридионального простирания в субширотной зоне протяжённостью первые десятки километров, что и служит причиной формирования озёрных отложений практически одинакового строения и состава [13].

Поперечные ТП вызывают направленные миграции русел. Если ТП действует в одном направлении, то миграции односторонние (согласные направлению ТП, практически не меняющие своё направление). Именно в этом случае комплексы («лестницы») надпойменных террас формируются лишь на одном из бортов долины, как в долине р. Сред. Ларба. Если ТП меняют своё направление, то согласно этим изменениям меняют направления и миграции русел.

Наиболее геоморфологически результативны взаимодействия двух поперечных ТП (первого подтипа) на одном участке реки, как в долинах рр. Мая Алданская (в районе узла её слияния с левым притоком – р. Батомга) и р. Тура (на участке в пределах гор. Тюмень). В обоих этих случаях один из них отесняет русло от левого борта долины к правому, не допуская левосторонних

горизонтальных его миграций и обеспечивая сохранение пойменных массивов в левой части днища долины. Второй, действующий на правом борту долины так же с относительным опусканием нижнего края, как и действующий с левого борта, «притягивает» русло к крутому коренному правому склону долины, обеспечивая постоянный размыв его рекой. Взаимодействие ТП стабилизирует положение русла и вызывает «литологический феномен»: размыв устойчивых к нему скальных пород, слагающих крутые коренные склоны, и сохранение от размыва неустойчивых к размыву РО, слагающих поймы, как и самих пойменных массивов. Также оно объясняет известный закон Бэра-Бобинэ, согласно которому левые берега рек – пологие, а правые – крутые (то же относится и к коренным склонам (бортам) долин).

Взаимодействия ТП всех выявленных типов приводят к формированию кривунов. При этом однообразно меняются простирания не только русла, но и долины в целом, как это наилучшим образом выражено на Корсаковских кривунах р. Амур.

Участие ТП в россыпеобразовании не ограничивается изменениями концентраций ПК – от увеличения его содержания до разрушения россыпей (табл. 1). Наиболее значимо оно при формировании т.н. ныряющих россыпей. Серия интенсивно действующих переменного направленных продольных ТП (то 1-го, то 2-го типа) (табл.1) приводит к деформации уже сформировавшегося пласта (пластов). Деформации настолько сильные, что на одних участках, соответствующих выпуклым перегибам земной поверхности, пласт остаётся в сфере эрозионной деятельности водного потока и перерабатывается им (с концентрацией ПК), а на других участках, соответствующих вогнутым перегибам земной поверхности, подвергается захоронению, нередко – в зонах древних погребённых эрозионных врезов. По результатам горных работ [30] ныряющие россыпи выявляются в долинах малых рек горной системы Джугджур.

Исследованные изменения строения и формирования речных долин и их элементов, слагающих их РО и вмещаемых ими россыпей позволяют установить и рассматривать ещё один из основных механизмов формирования речных долин: действие ТП. Он состоит в **непосредственных (без участия водотоков) изменениях уклонов продольных профилей** и, вместе и в связи с ними – скоростей течения и транспортирующей способности потоков, в направленных (как вертикальных, так и горизонтальных) миграциях русел, причём – не только и не столько во взаимосвязи с эрозионной деятельностью водотоков, сколько **независимо** от неё. **Вместе же они являются основными механизмами формирования речных долин** – вследствие повсеместности и постоянства своего действия везде, где только есть русловые водные потоки. Относительная автономность [18] действия ТП отчётливо проявляется в долинах рек независимо от их современной транспортирующей способности [8, 13, 14, 19].

В целом же **механизм формирования речных долин состоит во взаимодействии ТП, флювиальных (эрозионной деятельности водных**

потоков) и всех других рельефообразующих процессов, действующих в речных долинах.

Заключение

Специализированными геоморфологическими исследованиями в различных регионах страны установлено повсеместное и постоянное участие тектонических перекосов земной поверхности в формировании речных долин и их элементов, рыхлых отложений и россыпей в качестве одного из основных механизмов их формирования. Пополнено целостное содержание механизма формирования речных долин, который представляет собой взаимодействие всех развитых в речных долинах рельефообразующих процессов (при функционально преобладающих флювиальных [17]) и ТП. Причём ТП действуют не только в режиме взаимодействия, но и относительно автономно: независимо от эрозионной деятельности водотоков и их характеристик, от других процессов и внешних условий формирования рельефа. Их взаимосвязи не препятствуют этому.

Ход и результаты проведённых исследований показывают важное, довольно редко отмечаемое и еще реже применяемое свойство дешифрирования аэрофотоснимков. Оно в состоянии быть не только элементом подготовительного этапа исследований, не только инструментом заверки уже полученных результатов исследований. Дешифрирование аэрофотоснимков в исследованиях ТП и их долиноформирующей роли – заглавный из основных этапов исследований, на котором были получены первичные признаки ТП и по ним ТП были впервые выявлены в их пространственном положении и направлениях действия. Таким образом, дешифрирование аэрофотоснимков, особенно – в системе с другими методами исследований, применимо в качестве одного из основных (а не вспомогательного).

Библиографический список

1. Апродов В.А. Диагональная речная эрозия и её роль в формировании рельефа // Докл. АН СССР. Новая серия. 1950. Т.65. №3. С. 427-430.
2. Ахметьева Н.П. Палеогеография Нижнего Приамурья. М.: Наука, 1977. 111 с.
3. Бастраков Г.В. Эрозионная прочность горных пород // Геоморфология. 1977. №2. С.52-55.
4. Богомоллов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. М.: Стройиздат, 1972. 647 с.
5. Геоморфология Амура-Зейской равнины и низкогорья Малого Хингана / Отв. ред. С.С. Воскресенский. М.: Изд-во МГУ, 1973. Ч.1. 275 с.; Ч.2. 97 с.
6. Герасимов И.П., Мещеряков Ю.А. Геоморфологический этап в развитии Земли // Новые пути в геоморфологии и палеогеографии. М.: Наука, 1976. С.245-256.
7. Гричук М.П. О ритмах накопления аллювия в долинах рек и ритмах изменения климата в плейстоцене и голоцене // Продольный профиль рек и их террасы. М.: МФГО, 1978. С.18-32.
8. Гусев М.Н., Ликуттов Е.Ю. Особенности формирования врезанных излучин в верхнем течении р. Амур // Геоморфология. 1990. №4. С.63-71.
9. Карташов И.П. Основные закономерности геологической деятельности рек горных стран (на примере Северо-Востока СССР). М.: Наука, 1972. 184 с.

10. Ликутов Е.Ю. Тектонические перекосы земной поверхности и их роль в формировании речных долин и россыпей // Прикладная геоморфология и неотектоника юга Восточной Сибири (тезисы докладов). Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1988. С.35-36.
11. Ликутов Е.Ю. О механизме формирования речных долин (на примере центральной части междуречья Зеи и Селемджи) // Геоморфологическое строение и развитие зон перехода от континентов к океанам: Тезисы докладов Всесоюзного совещания – XX Пленума Геоморфологической комиссии АН СССР, 9-14 октября 1989 г. Владивосток: ТИГ ДВО АН СССР. С. 60-61.
12. Ликутов Е.Ю. Тектонические перекосы земной коры и их роль в формировании речных долин и россыпей // Геоморфология. 1991. №1. С. 79-85.
13. Ликутов Е.Ю. Особенности строения и закономерности формирования долин малых рек центральной части междуречья Зеи и Селемджи / АмурКНИИ ДВО РАН. Благовещенск, 1993. 230 с. Деп. в ВИНТИ 04.03.93, №531-В93.
14. Ликутов Е.Ю. Проявления действия тектонических перекосов в строении долин рек различных порядков // Гидрология и геоморфология речных систем: Материалы и тезисы научной конференции. Иркутск: ИГ СО РАН, 1997. С.55-56.
15. Ликутов Е.Ю. Кривуны – врезанные излучины особого подтипа на реках бассейна р. Амура и их экологическая функция // Четырнадцатое пленарное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Уфа, 14-16 сентября 1999 г.): Материалы и краткие сообщения. Уфа, 1999. С. 151-152.
16. Ликутов Е.Ю. Геоморфологический очерк южного макросклона Станового хребта // Геоморфология. 2003. №4. С. 72-87.
17. Ликутов Е.Ю. Генезис речных долин (по результатам функционального анализа процессов их формирования) // Вестник Тюменского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2014. №4. С.98-106.
18. Ликутов Е.Ю. Принцип относительной автономности в рельефообразовании, его становление и действие // Успехи современного естествознания. 2016. №4. С.141-144.
19. Ликутов Е.Ю. Действие тектонических перекосов земной поверхности – один из основных механизмов формирования речных долин. Проблемы их выявления и исследований // Третьяковские чтения-2021: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: мат-лы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (8 апреля 2021, г. Ульяновск) / под. ред. И.Н.Тимошиной, Е.Ю. Анисимовой, Е.А. Артемьевой и др. Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2021. С. 225-227.
20. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
21. Малаева Е.М. История горных лесов и проблема перигляциальных ландшафтов плейстоцена на юге Восточной Сибири и в Монголии // Вестник Моск. ун-та. Сер.5. География. 1987. №4. С.58-66.
22. Марков К.К. Основные проблемы геоморфологии. – М.: Географгиз, 1948. – 343 с.
23. Махова Ю.А., Тер-Григорян Е.В. История развития растительности и флоры на севере Амуро-Зейской равнины с позднего олигоцена до голоцена // Геоморфология Амуро-Зейской равнины и низкогорья Малого Хингана. М.: Изд-во МГУ, 1973. Ч.1. С.83-104.
24. Мячина А.И. К вопросу о границе третичных и четвертичных отложений Амуро-Зейской депрессии. (Предварительные данные) // Материалы Всес. Совещ. по изуч. четвертичного периода. М., 1961. С.305-310.
25. Палеогеографические условия времени формирования террас в позднем плейстоцене в Верхнем и Нижнем Приамурье / М.П. Гричук, И.А. Каревская, В.А. Костомаха и др. // Региональная геоморфология районов нового освоения. М.: МФГО, 1979. С. 27-34.
26. Поздняков А.В. Динамическое равновесие в рельефообразовании. М.: Наука, 1988. 207 с.
27. Постоленко Г.А. Морфоструктуры и структурная обусловленность типов рельефа Амуро-Зейского плато // Геоморфология Амуро-Зейской равнины и низкогорья Малого Хингана. М.: Изд-во МГУ, 1973. Ч.1. С.240-255.

28. Равский Э.И. *Осадконакопление и климаты Внутренней Азии в антропогене*. М.: Наука, 1972. 336 с.
29. Ржаницын Н.А. *Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети*. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 238 с.
30. Рязанов Р.М., Лукутов Е.Ю. *Отчет о результатах поисковых и разведочных работ на россыпное золото в бассейнах рек Джаны, Маймакана и Киранкана в 1981-84 гг. (Джангинский участок)*. Хабаровск, 1984. 184 с.
31. Синицын В.М. *Введение в палеоклиматологию*. – 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Недра, 1980. 248 с.
32. Сокольский А.П. *Генезис глин и суглинков междуречий // Геоморфология Амуро-Зейской равнины и низкогорья Малого Хингана*. М.: Изд-во МГУ, 1973. Ч.1. С.120-128.
33. *Справочник по климату СССР*. Вып.25. Ч.4: *Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров*. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 276 с.
34. Тимофеев Д.А. *Долинные излучины и их происхождение // Геоморфология*. 2010. №3. С.3-8.
35. Шанцер Е.В. *Аллювий рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит*. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 275 с. (Тр. / Геол. ин-т АН СССР; Вып. 135).
36. Ясаманов Н.А. *Древние климаты Земли*. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 293 с.

М.В. Рогозин

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия
rog-mikhail@yandex.ru;

ГИПОТЕЗА «ТОНКИХ» ЭНЕРГИЙ ЗЕМЛИ: ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ НОВОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Пермском крае (заповедник «Вишерский», Верецагинско-Васильевские увалы, леса г. Пермь) изучали контрастные по геодинамической активности территории. Применяли геоструктурометрический анализ космоизображений и сплошное картирование деревьев в программе ArcMap-ArcWiev на четырех площадях размером от 0,6 до 3,5 га, а также на маршрутах протяженностью до 1 км. Обследовали также феномены в растительном мире и вблизи них биолокацией находили центры геоактивных зон размером 1, 3, 8, 16, 32, 55, 76 и 110 м. Анализ полученных за 6 лет работы 14 основных выводов и далее их синтез позволил сделать общее заключение, что формирование крупных деревьев, их биогрупп, успешный рост деревьев на скалах почти без почвы, цепочек деревьев на болотах и в подгольцовом поясе, образование кольцевых структур из скал и растений а также других феноменов происходит в поясах комфорта 1–2 младших зон размером 1 и 3 м при их сочетании с поясами комфорта 1–3 старших зон размером 8, 16, 32, 55, 76 и 110 м. Вблизи каждого природного феномена наблюдалось 3–5 таких зон. Выдвинута гипотеза, что их благоприятное действие на растения вызвано синергетикой зон между собой и с излучениями Солнца, которая усиливает физиологические процессы у растений и скрепляют горные породы, препятствуя их разрушению. Так как в биолокационных исследованиях А.М. Горелова 17 видов деревьев излучали электромагнитные волны в двух диапазонах «тонких» энергий (70–180 КГц и 400–1000 ТГц), то и усиливающие их «тонкие» энергии Земли следует искать в этом же диапазоне. Предложено проверить гипотезу, изучая термометрию почвы, её химический состав и микробиологическую активность в 15–20 точках синергетики.

Ключевые слова: неотектоника, геодинамические активные зоны, биолокация, растительность, древостой.

M. V. Rogozin

Perm State University, Perm, Russia

THE HYPOTHESIS OF THE "SUBTLE" ENERGIES OF THE EARTH: TOUCHES TO THE PORTRAIT OF A NEW DIRECTION OF RESEARCH

In Perm Krai (Vishersky Nature Reserve, Vereshchaginsko-Vasilyevsk uvaly, forests of Perm), territories contrasting in geodynamic activity were studied. Geostrurometric analysis of space images and continuous mapping of trees in the ArcMap- ArcWiev program were used on four areas ranging in size from 0.6 to 3.5 hectares, as well as on routes up to 1 km long. Phenomena in the plant world were also examined and centers of geoactive zones of the size were found near them by biolocation. 1, 3, 8, 16, 32, 55, 76 and 110 m. The analysis of 14 main conclusions obtained over 6 years of work and further their synthesis allowed us to draw a general conclusion that the formation of large trees, their biogroups, successful growth of trees on rocks with almost no soil, tree chains in swamps and in the subholtz belt, the formation of ring structures from rocks and plants and other phenomena occurs in comfort zones 1-2 "junior" zones of 1 and 3 m in size when combined with comfort zones 1-3 "senior" zones of 8, 16, 32, 55, 76 and 110 m. 3-5 such zones were observed near each natural phenomenon. It is hypothesized that their beneficial effect on plants is caused by the synergetics of zones between themselves and with solar radiation, which enhances the physiological processes in plants and binds rocks, preventing their destruction. Since in A.M. Gorelov's biolocation studies 17 species of trees emitted electromagnetic waves in two ranges of "subtle" energies (70-180 kHz and 400-1000 THz), then the "subtle" energies of the Earth that amplify them should be sought in the same range. It is proposed to test the hypothesis by studying the thermometry of the soil, its chemical composition and microbiological activity at 15-20 points of synergetics.

Key words: neotectonics, geodynamic active zones, biolocation, vegetation, stand of trees

В настоящее время высказывается ряд гипотез о природе энергий Земли, формирующих геологические структуры различного генезиса [3, 5] и энергии эти мы видим чаще всего как разрушающие силы. Но тогда должны быть и силы созидающие, которые горы сохраняют и «молчание» горных вершин – самое интригующее. Для сильных энергий Земли есть карты гравитационных полей, аномалий магнитного поля, сейсмоактивности, геодинамической активности и другие [4, 7, 10]. Однако действие слабых сил почти не изучено, и часть их можно отнести, по-видимому, к «тонким» энергиям.

О тонких энергиях Человека в интернете масса публикаций. Но и наша Земля – «энергетически живой» мега-организм и энергий у неё множество, поэтому отказать ей в наличии тонких и слабых энергий было бы несправедливо. Их измерение, однако, наталкивается на сильные помехи. Типичная помеха – сигнал геомагнитного поля Земли в датчиках магнитометра [3]. Однако вполне может быть, что даже самые совершенные магнитометры не смогут улавливать сигналы этих тонких энергий, частоты которых очень высокие. Не углубляясь в их физические особенности отметим, что растения «знают» и используют эти тонкие энергии, и лесоводы всё чаще склоняются к тому, что неоднородности в структуре лесных насаждений обусловлены благоприятными и неблагоприятными местами в биотопе [6, 11, 13, 16]

Между тем, у сосны обыкновенной в числе 17 видов растений в условиях Полесья и лесостепи Украины биолокационным методом обнаружены собственные излучения электромагнитного поля в двух диапазонах: 70–180 КГц и 400–1000 ТГц; они стабильны во времени и, в отличие от напряженности и протяженности биополя, остаются неизменными в течение всего сезона [2, с. 71]. В этом направлении, названном *эниологией*, у растений изучается множество энергетических параметров [2, 4, 23]. Предполагается, что растения являются источником излучений различной природы и что морфообразование связано с волнами 70–200 КГц, физиологические процессы – с волнами 400–700 ТГц, а коммуникации между растениями обеспечивают поля ещё более высоких вибраций в терагерцевом диапазоне [2, с. 74].

Нами установлено, что в точках выхода благоприятных энергий Земли растут деревья-лидеры, а патогенные излучения (узлы сетей Хартмана и Курри) формируют уродливые и слабые, и в 100 % случаев – пораженные грибными болезнями деревья [16, с. 204]. Следует, однако, упомянуть о том, что прежде чем всесторонне работать в «энергетическом» направлении мы написали четыре типично лесных монографии, из которых сошлемся на последнюю [14], где критически проанализировано множество работ по лесной селекции, лесным культурам, таксации, моделированию хода роста, конкуренции и структуре древостоев, истории рубок ухода. Наши собственные результаты по этим позициям основывались на сотнях модельных деревьев, десятках пробных площадей и измерениях более сотни тысяч растений в потомствах от 1400 материнских деревьев сосны и ели. В этих книгах мы доказали и объяснили действие ряда новых законов (помимо закона естественного изреживания) показывающих, как работает древостой и его члены-деревья, и какие модели

древостоев адекватны. Этот анализ позволил понять, что на фоне потока новой информации о лесах нет значимых работ по её обобщению. Их отсутствие отражает кризис в лесных науках, разделённых на научные специальности; необходим их синтез и новая парадигма, для которой на основе действия в лесных насаждениях шести законов выдвинуто 20 новых положений [14].

Геодинамическую активность измеряют плотностью так называемых линеаментов и разделяют территории по их плотности на шесть рангов, оперируя площадями в несколько км². Линеаменты, т.е. следы на поверхности в виде разломов разного генезиса, имеют минимальный размер в несколько сотен метров. На картах и космоизображениях они трассируют овраги, ручьи и реки, озёра, обрывы, перегибы склонов и депрессии рельефа, словом, всё то, что описывает геоморфология. На территории Пермского края их выделено свыше 49 тыс. и они образуют около 100 геодинамических активных зон с размерами первые километры-десятки километров; при детализации они распадаются на ряд более мелких зон [8, 9]. Существуют и кольцевые структуры размером от нескольких сотен метров до километров [7, 12, 18, 21].

Цель исследования: описать экспериментальные факты и природные феномены в лесных экосистемах и объяснить их с энергетической точки зрения с выдвижением ряда гипотез.

Объекты и методика работ

Предлагаемая статья обобщает результаты наших исследований за 6 лет (2016-2021 гг.) в заповеднике «Вишерский», на Верещагинско-Васильевских увалах и вблизи г. Перми. Изучались насаждения на контрастных по геодинамической активности территориях с использованием методов, применяемых в геологии [5, 7, 10, 22] и картированием нескольких тысяч деревьев в программе ArcMap-ArcView на четырех площадях размером от 0,6 до 3,5 га, а также на маршрутах протяженностью до 1 км.

Поскольку наблюдения, заключения и выводы в контексте выдвигаемых в конце гипотез выступают в качестве фактов, то здесь они так и названы. В определённой мере это нужно для понимания сути гипотез, в которые эти факты должны уложиться. При этом каждый отдельный факт был бы недостаточен для их выдвижения. В первой половине статьи описаны факты из наших прежних работ, и каждый имеет порядковый номер и название. Перед этим даётся описание истории их получения, а если пояснения небольшие, они идут сразу после его названия. Во второй половине статьи приводятся описания последних природных феноменов, обнаруженных в 2021г. и вытекающие из их анализа новые выводы (факты). Методика работы с этими фактами – логический анализ, далее синтез и выдвижение гипотез, в которые они укладываются. Так как исследования проводились по разным методикам, то по мере изложения для них будут даваться отсылки к соответствующим работам.

Результаты и их обсуждение

В книге «Лесные экосистемы и геобиологические сети» [13] впервые в качестве нового абиотического фактора мы изучали влияние геоактивных зон на деревья и на наследуемость быстроты роста их потомством. Исследования в

этом необычном направлении начались после того, как мы вполне убедились в неспособности известных концепций лесоведения точно определить *силу (или долю) влияния* фитоценологических факторов на рост дерева, а также их невозможность объяснить существование биогрупп в лесных насаждениях. Кроме того, таксация и лесная генетика принимали как факт и не могли объяснить резкие различия в размерах деревьев в однородном насаждении. В этой книге на рост более 700 деревьев на площади 0,62 га исследовали влияние 414 геоактивных зон, классифицированных на шесть типов с размерами от 0,55 до 16,0 м, из которых 331 были благоприятными и 83 – патогенными. К моменту её написания уже был известен метод контактной фотографии [1], объективно подтверждавший выход патогенных излучений в рентгеновском диапазоне в сети Хартмана. Работы проводились в три этапа.

Первый этап исследований (2006–2015 гг.)

Всё началось с того, что в лесах Очёрского района мы встретили старые сосны в возрасте около 300 лет, вблизи которых всегда находили геоактивные зоны размером 1,0 м. Размер зон определяли биолокацией. Описание метода, его критика оппонентами и наша ответная критика есть в нашей монографии [13]. Приведём из неё три факта.

Факт 1 – зоны влияют на наследуемость и урожайность деревьев. Парадоксально, но снижали наследуемость у сосны только благоприятные зоны, тогда как при сочетании их с патогенными зонами она повышалась, и корреляция между высотами матерей и потомства возрастала до $r = 0,47 \pm 0,18$. На таком же сочетании зон была выше в 1,85 раза и урожайность сосны, что объясняется реакцией деревьев на патогенные зоны как на стресс, стимулирующий урожайность. Потомство от родителей, выросших на геоактивных зонах, развивалось лучше и в 18 лет превышало потомство от матерей, выросших на нейтральных местах, на $5,3 \pm 0,9\%$. У другой породы – ели финской – её плюсовые деревья (37 шт.) росли только на благоприятных зонах. Далее мы вырастили их потомство в числе потомства 483 плюсовых деревьев. Их измерение в возрасте 21 год показало, что растущие на патогенных зонах потомства снижали высоту на 15–17 %, тогда как на благоприятных зонах они были выше на 4 %, а деревья-лидеры на них встречались в 1,4 раза чаще в сравнении с нейтральными местами.

Факт 2 – повышение геодинамической активности территорий увеличивает плечи миграции геоактивных зон. Под миграцией понимается перемещение зон и их сетей с возвратом в исходное положение в течение года. Так, в Ильинском районе в междуречье рек Обва и Гаревая территория была относительно спокойной и по аэрокосмогеологическим исследованиям 2008–2010 гг. И. С. Копылова и В. З. Хурсик [8, 9] плотность линеаментов здесь была понижена; из шести рангов геодинамической активности участок находился на пятом месте. Другой участок в кв. 18 в Нижне-Курьинском лесничестве вблизи г. Пермь относился уже к третьему (высокому) рангу геодинамической активности. Поэтому и плечи миграции зон здесь оказались больше в 2–3 раза:

37–58 см против 12–27 см на Ильинском участке. В последующие годы этот вывод подтвердился ещё на трёх участках [15].

Факт 3 – Самые крупные деревья Пермского края и их био группы (сосна, ель, кедр, лиственница, липа, тополь белый и рябина) формировались на геоактивных зонах размером 1, 3 и 8 м и на их сочетаниях. Для этих деревьев-рекордсменов есть фото и координаты [13, с. 113–124]. Самым необычным из этих феноменов была био группа из кедра и берёзы в п. Ильинский рядом с усадьбой Роговых, где в 1976 г. высадили несколько кедров сибирских (*Pinus sibirica* Du Tour). Один из них «попал в плен» к берёзе (рис. 1).

Спустя 40 лет кедр остался жив, так как находился на зонах размером 1 и 8 м; биолокация в 2021 г. обнаружила здесь ещё одну зону размером 32 м на расстоянии 11,8 м. Эта био группа вызывает неподдельное удивление как некое чудо природы, совершенно необъяснимое с лесоводственных позиций.

Синтез трёх первых фактов позволил сделать заключение, что в структуре древостоев нет места случайному расположению крупных деревьев и их био групп, а их размеры, долголетие и наследуемость роста связаны с нахождением внутри геоактивных зон. Поэтому в практике лесоводства эти зоны необходимо учитывать при выращивании леса, сознательно формировать неравномерную структуру древостоя и сохранять деревья-лидеры и био группы как центры накопления запаса древесины в лесных экосистемах. Впервые подобные рекомендации в 1995 г. обосновал И. С. Марченко [11].

Второй этап исследований (2016–2018 гг.)

В этот период параллельно с «энергетическими» мы работали и по классическим лесным направлениям, в которых была поставлена цель – выяснить силу влияния факторов ценоза на размер дерева. Для этого в 184-летнем насаждении сосны 1 класса бонитета полнотой 0,80–1,01 на площади 2,16 га мы провели картирование 736 деревьев. Исследовали влияние деревьев друг на друга в зависимости от расстояния между ними, влияние густоты микро- и макроценозов и влияние площади питания. Были построены десятки полей корреляции с определением силы влияния этих признаков по показателю аппроксимации. Результаты опубликованы в монографии [14].

Было установлено, что в био группах сохранилось 40,4 % деревьев, и средние диаметры стволов в них и по насаждению отличались недостоверно. В условных микроценозах (площадках 10×10 м) их густота в 120 лет повлияла на отпад деревьев к 184 годам с силой всего лишь 4,7%, а на средний диаметр с силой 10,1%. Площадь питания дерева повлияла на диаметр его ствола с ещё меньшей силой, равной 7,7%.

Напротив, на уровне макроценоза (древостоя) на пробных площадях по 0,12 га их густота в 120 и 170 лет повлияла на диаметр ствола с силой 43 и 53 %. Эти данные доказывали подавляющее влияние густоты древостоя, в отличие от густоты в микроценозе, где её влияние было ослаблено до 7,7–10,1 % или в 4–6 раз. Столь малое влияние конкуренции на рост отдельного дерева в совокупности с влиянием генотипа дерева, равным по литературным

источникам примерно 30 % [19, 24] позволило утверждать, что лесоведению известно лишь 40 % сил, влияющих на размер дерева.



Рис. 1. Кедр и береза на благоприятных зонах размером 1, 8 и 32 м. На стволике кедра видны повреждения козами. Фото 2014 г. (по [13]).

Также в этом насаждении изучалось 18 плюсовых деревьев (деревья с превышением диаметра на 30% и более). Для определения возраста брали керны древесины, и в выборке из 40 деревьев он колебался от 173 до 195 лет, в том числе у 9 попавших в неё плюсовых деревьев от 174 до 194 лет. При этом у трёх плюсовых деревьев возраст был минимален (174–176 лет). Вероятно, их выдающиеся размеры могли быть обусловлены как генетически, так и тем, что

в биотопе есть исключительно благоприятные места, где деревья поселились позднее на 19–21 год и не только догнали своих соседей-конкурентов, но и перегнали их [14, с. 121]. Вполне возможно, такие места связаны с выходом благоприятных излучений Земли, которые неотделимы от микроусловий этих мест.

По результатам классических лесных исследований из этой монографии [12] были сформулированы факты 4 и 5.

Факт 4 – в однородном насаждении локальные биотические факторы (площадь питания дерева, расстояния до соседей) в совокупности с влиянием генотипа обуславливают рост отдельного дерева примерно на 40 %. Остальные 60 % следует отнести к влиянию неизвестных факторов.

Факт 5 – в насаждениях сосны есть исключительно благоприятные места, где деревья селятся позднее на 19–21 год и к возрасту 174–176 лет не только догоняют, но и перегоняют своих старших соседей и достигают выдающихся размеров. Одинаково вероятно, что их размер может быть обусловлен как их генотипом, так и влиянием микроусловий, в том числе благоприятных энергий Земли.

В этот период по «энергетическому» направлению с целью выделения геодинамических активных зон проводился линеаментный и морфоструктурный анализы [5, 7, 12] на двух территориях: в заповеднике «Вишерский» и в долине р. Кама вблизи г. Пермь. Изучалось влияние малых геоактивных зон на кедр сибирский, ель сибирскую и финскую, сосну обыкновенную и липу сердцелистную. Опубликована монография [16], из которой мы приведём факты №№ 6–12.

Факт 6 – образование на зонах размером 1 и 3 м кольцевых структур растений. Так, на северном склоне г. Мунин-Тумп и хребте Лопьинский на высотах 600 м и выше были обнаружены кольца диаметром 0,7 м из стеблей чемерицы Лобеля (*Verátrum lobeliánum* Bernh.) и кольца диаметром 2,4–3,0 м из папоротника щитовника мужского (*Dryopteris filixmas* L.), [16, с. 68].

Факт 7 – сети из зон размером 1 и 8 м сопряжены с разломами мантийного заложения в 80 % случаев. В долинах рек Вишеры и Лопьи анализ 11 треков, проложенных по сторонам ячеек сетей, образованных зонами размером 8 м и 1 м показал, что их направление контролируют разломы разрывной тектоники и центры флюидизатно-эксплозивных структур размерностью в несколько километров. При этом направление треков может плавно меняться практически на 90°, и на такие изменения влияет аналогичное изменение указанных разломов мантийного заложения [16, с. 94–96].

Факт 8 – крупные деревья разных пород предпочитают и разные сочетания 3–4 типов геоактивных зон, при обязательном участии зон размером 1 м. Анализ сотен деревьев, растущих на разных типах зон показал, что самые крупные деревья кедра, сосны, липы, ели сибирской и финской в 100 % случаев вырастали на зонах размером 1 м при её локализации внутри других зон нескольких типов [16, с. 62].

Факт 9 – внутри пространства сети из зон размером 1 м в условиях холодной и затяжной весны в лесном питомнике грунтовая всхожесть семян ели увеличилась в 7 раз [14, с. 108]. Это показывает, что не только сами зоны размером 1 м, но и пространство внутри полос шириной от 5 до 15 м, соединяющих эти зоны в цепи, благоприятно для деревьев. Ранее [13] у ели финской эти полосы-цепи из зон 1 м также улучшали рост её потомства.

Факт 10 – структура благоприятных зон включает три пояса: ингибирования (центр зоны) пояс депрессии (средняя часть) и пояс комфорта на периферии. В центрах зон деревья погибают, а в поясе комфорта вырастают деревья-лидеры, участвующие в эволюции вида. Данные получены на сотнях деревьев сосны в возрасте 184 года и в поясах комфорта зон размером 1 и 3 м сосна увеличивала сохранный в 39 раз, а если зоны были рядом, то диаметр ствола возрастал в среднем до 134 % [16, с. 130–139; с. 180].

Факт 11 – отсутствие благоприятных зон приводит к образованию окон и прогалов в спелом насаждении сосны в 94 % случаев, тогда как наличие патогенных зон было причиной их образования лишь в 39 % случаев [16, с. 200].

Факт 12 – успешный рост деревьев кедра на скалах, а также сосны на бесплодной территории иламонакопителей обусловлен их поселением в поясах комфорта младших геоактивных зон размером 1, 3 и 8 м в сочетании со старшими зонами размером от 16 до 55 м [16, с. 213–227].

На третьем этапе исследований (с 2019 г. и по настоящее время) пришло понимание того, что геодинамические активные зоны с размерами в сотни и тысячи метров велики для их сопоставления с растительными структурами. Поэтому мы начали использовать технологию геоструктурометрического анализа (ГСМА) космоснимков, разработанную на основе научного открытия Ю. И. Фивенского № 02-д/02 «Малые кольцевые структуры (МКС) рыхлых отложений земной коры». МКС удалось выявить после наблюдений за снежным покровом. Оказалось, что при таянии снега на полях земля освобождалась от снега неравномерно кольцами и полукольцами диаметрами в десятки и сотни метров. Была высказана гипотеза, что микросейсмы встряхивают снег в таких кольцах за зиму примерно миллион раз. Снег становится плотнее и сходит позднее подобно тому, как снег на лыжном следе тает медленнее. На них летом видны различия в окраске агрокультур, т.е. МКС влияют на их продуктивность [22]. Как нам кажется, в этом случае Землю можно представить как «энергетически-живой» мега-организм, в котором её микросейсмы пульсируют с частотой 6–10 ударов в минуту.

Наряду с МКС Ю. И. Фивенского существует и иной класс кольцевых структур, очень на них похожих. В них происходит дегазация водорода из недр Земли. Выделение водорода после более чем 40 химических реакций приводит к разрушению озона в стратосфере, и «озоновые дыры» в России в 1991–2000 гг. занимали до 20 % её территории. Сам центр дегазации приурочен к каким-либо геологическим структурам – рифтам, узлам пересечения разломов, кольцевым магматическим массивам [18] Такие депрессии рельефа размером до 250 м, где иногда ощущается слабый запах сероводорода (т.е. их активность

низкая), мы обнаружили по краю одного из болот вблизи г. Краснокамск, а также в лесах долины р. Кама в Кировском районе г. Перми.

На основе ГСМА в Пермском крае выявлено более сотни кольцевых структур. Была дешифрирована Лыпинская флюидизатно-эксплозивная мегаструктура размером 100×200 км, и её контуры выходят за пределы Пермского края, а центр находится в истоках р. Лыпья; наши исследования в заповеднике «Вишерский» попадали в её северо-восточный сектор [12, 16]. Здесь на космоснимках на г. Муниин Тумп позволил выявить до 100 кольцевых структур размером от 30 до 220 м (рис. 2).



Рис. 2. Кольцевые структуры в южной части г. Муниин-Тумп. Координаты № 84: 59°11'47'' в.д., 61°25'59'' с.ш. Светлый тон – скальные обнажения, фиолетовый – места, не покрытые растительностью после стаивания снега.

На рисунке 2 показан юго-западный склон этой горы; он выполаживается на высотах 550–570 м и там есть большая поляна 1500×250 м с редкими деревьями и кустарниками. По ним, а также по изменениям фототона космоснимка были выделены структуры диаметром от 40 до 160 м. Весной почва здесь переувлажнена, а количество осадков достигает 1200 мм в год. Как мы предполагаем, кольцевые фитоструктуры на этой поляне сформировались на геоактивных зонах размером от 32 до 160 м, и фрагменты круговых цепочек деревьев растут на их внешних радиусах там, где в обязательном порядке есть младшие зоны размером 1, 3 и 8 м. Именно на них мы находили все крупные деревья, их биогруппы и кольцевые образования из растений [16]. Геологов же на этом рисунке заинтересует структура № 83 размером около 160 м из скал в виде узкой дуги, переходящая в скальный массив на западе размером до 70 м.

В других местах есть похожие кольцевые образования. Так, на рисунке 3 главным геологом ООО «АНДИ» А. Я. Рыбальченко по скальным обнажениям дешифрирована двойная кольцевая структура № 992 размером 220 м (рис. 3).



Рис. 3. Приподнятый тектонический блок (сланцы, кварцевые песчаники, мраморы) на р. Большой Ниолс. Длина 2,4 км, ширина до 300 м и высота 90 м от подошвы. Отметки высот на севере 400 м, на юге 660 м. Координаты точки № 991: 59°08'3,5'' в.д., 61°24'11,6'' с.ш.

Южнее есть полукольцо из кустарников и можно выделить структуру № 993 диаметром 50 м. На севере этого блока по тем же признакам выделена структура № 991 диаметром 35 м. Было бы весьма интересно проследить в них поселение кедра и обилие других видов растений.

Подобных кольцевых структур много на северном склоне г. Муни-Тумп, и её космоснимок мы уже публиковали [10, 13]. Как мы полагаем, их фрактальность в сравнении с МКС Ю. И. Фивенского, скорее всего, чисто внешняя, так как выборочная проверка их биолокацией в 2021 г. показала, что они расположены на геоактивных зонах с такими же размерами, что и на равнине. То есть размеры геоактивных зон, формирующих эти кольцевые структуры, дискретны, постоянны и не зависят от глубины залегания неоднородностей в литологических горизонтах, в которых, по гипотезе Ю. И. Фивенского [22], происходит разделение сигнала от энергий, образующих МКС, и которые по этой гипотезе должны тогда иметь разные диаметры в горах и на равнине.

По результатам этих наблюдений был сформулирован факт 13.

Факт 13 – в горах на высотах от 600 м и более на геоактивных зонах размером от 1 м до 220 м и более обнаружены цепочки деревьев, кольцевые образования из скал, деревьев и кустарников.

Полевой сезон 2021 г. вообще был богат на природные феномены, и наша задача была в определении геоактивных зон рядом с ними. Так, на реке Большая Мойва есть камень размером 4×5×6 м, где среди лишайников прямо на поверхности успешно поселилась группа молодых кедров (рис. 4).



Рис. 4. Река Большая Мойва. Поселение кедра на камне на зонах размером 1, 3 и 55 м; расстояние от центра последней зоны до центра камня 17,4 м.

В привычном понимании почвы на этом камне нет; местами растет ягель (*Cladonia rangiferina* L.). Мелкозема и гумуса тоже нет – с покатой поверхности их выносит вода. И подобных деревьев на скалах здесь множество. Однако обыденность явлений совсем не значит, что мы можем объяснить их. Например, как почвоведы объясняют рост деревьев на таких скалах? А никак.

Почвы для них там нет – она редуцирована до горизонта A_0 (лесной подстилки). Поэтому изучать там нечего, и такие места их не интересуют.

Тогда получается, что деревьям не очень-то и нужна полноценная почва. Им нужен лишь субстрат, где они могут закрепиться, затем вода, излучение Солнца и... энергии Земли, о которых мы говорим. Недаром сосна успешно заселяют совершенно бесплодные пески без гумуса и образуют лишайниковые типы леса, где кроме сосны не может расти ни одна порода, а далее сосна уже сама формирует под собой почву из собственного опада.

На берегу этой же реки встречаются места, которые можно назвать как «сплошные камни». Возможно, почва там есть в расщелинах, и её можно назвать фрагментарной (рис. 5).



Рис. 5. Река Большая Мойва. Продуктивный кедряч на южном склоне $25\text{--}30^\circ$. Крутизна склона препятствует накоплению мелкозема и почва фрагментарна

Такие места встречаются не так уж редко, но почвоведы опять же обходят их стороной. Трудно объяснить, где тут деревья берут питательные вещества для такого хорошего роста (лишайниковый тип леса, но класс бонитета четвёртый), так как по крутому склону их уносит вода. В то же время если знать, что самые крупные деревья формируются в 89 % случаев на геоактивных зонах размером 1 и 3 м, которые размещены через 5–15 м [13, 16], то всё становится понятным и успешный рост кедр на этом склоне находит своё объяснение в обилии таких зон.

На реке Большая Мойва напротив горы «Ласточкин хвост» мы встретили ещё одно, совершенно необычное и до того ни разу не встечавшееся нам явление. Во время вынужденной остановки появилось время осмотреть обнажившийся в межень берег. С утра светило солнце, но примерно час-полтора назад оно зашло за тучи. Осматривая место, где можно присесть, автор

выбрал небольшой камень, который неожиданно был очень тёплым! Сразу все похожие камни в пределах 30 м были обследованы, но они оказались обычной температуры, кроме ещё одного (рис. 6).



Рис. 6. Тёплые камни на зонах размером 1 и 3 м (центр зоны 1 м указан стрелкой)

Мы пролоцировали эти места и обнаружили следующее. Первый камень находился на трёх зонах размером 1, 3 и 55 м. От них до центра камня расстояния были равны 0,32, 0,38 и 9,2 м. Второй камень находился поблизости и также на зонах тех же типов с расстояниями от них 0,34, 0,33 и 11,2 м. Как ни странно, но эти расстояния были для нас ожидаемы, так как ранее [15, с. 174]

пояса комфорта зон размером 1 и 3 м определились между радиусами 0,31 и 0,48 м, и тёплые камни находились точно между этими радиусами. Напомним, что на них растут самые крупные деревья, а на сочетаниях двух зон – деревья-рекордсмены, где сосна увеличивала диаметр в среднем на 34 % [16, с. 180].

Затем нашёлся и третий тёплый камень, но уже на р. Вишера на обнажившейся отмели. Это была бежевая галька размером 25×12×10 см и от центров зон размером 1, 3 и 55 м она находилась на расстояниях 0,27, 0,30 и 11,2 м, т.е. очень близко к поясам комфорта этих зон. Поэтому феномен «тёплых камней» возникает не случайно. В связи с этим необычным явлением мы выдвинули гипотезу о синергетике геоактивных зон и между собой, и с излучением Солнца в местах, где пояса комфорта младших зон размером 1 и 3 м накладываются и расположены внутри старшей зоны размером 55 м [17].

Гипотезу синергетики можно расширить и включить в неё зоны с размерами 16, 32, 76, 110 м; аргументы для этого появились при обследовании г. Полюд в Красновишерском районе в октябре 2021 г. Здесь для планируемой экотропы мы выявили 23 растительных феномена – рекордные по размерам деревья, необычные биогруппы, деревья на скалах, подрост кедра и крупную парцеллу папоротника-многоножки. Все они размещались на 3–5 геоактивных зонах размером от 1 до 110 м. Покажем только один феномен – кедр сибирский толщиной 70 см, который «зарастил» своим стволом ель диаметром 13 см. Оба имеют возраст не менее 250 лет, а возможно, и около 300 лет, и для ели такой возраст предельный. Центр ствола кедра размещается на следующих расстояниях от геоактивных зон: от зоны 1 м – 55 см; от зоны 3 м – 55 см; от зоны 16 м – 5,7 м; от зоны 55 м – 6,6 м (рис. 7).

Подобное срастание деревьев автор наблюдает вообще лишь второй раз (первый случай показан на рис. 1). С позиций гипотезы подпитки растений энергиями Земли и гипотезы синергетики геоактивных зон формирование таких необычных биогрупп вполне объяснимо: деревья наиболее успешно растут там, где клетки камбия их ствола получают эти энергии в избытке.

Вблизи объектов-феноменов мы лоцировали геоактивные зоны и промеряли расстояния от них до объекта. Так как для нахождения пояса комфорта зон нужны минимум и максимум из сводки этих расстояний, то они и показаны ниже в таблице вместо привычного среднего значения (табл.).

В 100 % случаев все объекты предпочитали в первую очередь зону размером 1 м. В комбинации с ней наиболее часто сочетались зоны размером 3, 8 и 32 м (19, 15 и 16 случаев), затем шли зоны размером 16, 55, 76 и 110 м (по 6–7 случаев). При этом каждый объект формировался на сочетании 3–5 благоприятных зон (в среднем по 4,3 шт.).

По итогам этих наблюдений можно сформулировать факт 14.

Факт 14 – в поясах комфорта зон размером 1 и 3 м при их сочетании с поясами комфорта зон размером 8, 16, 32, 55, 76 и 110 м формируется множество растительных феноменов, в частности, успешно растущие на скалах деревья и необычные биогруппы из разных пород деревьев.



Рис. 7. Кедр сибирский диаметром 70 см и «вырастающая» из него ель.

Зона размером 1 м находится слева, зона размером 3 м – справа за корнем дерева, зона размером 55 м – на переднем плане (белая вешка с листом бумаги).

Координаты:
60°28'20'' с.ш.
57°00'53,1'' в.д.

Таблица

Итоги определения расстояний от центров благоприятных геоактивных зон до растительных объектов-феноменов на г. Полюд

Показатели	Размер геоактивных зон, м								Итого зон, шт.
	1	3	8	16	32	55	76	110	
Итого объектов на зонах, шт.	23	19	15	7	16	6	6	6	98
Максимум расстояния, м	0,57	1,5	3,6	11,7	16,0	16,0	37,0	48,0	
Минимум расстояния, м	0,34	0,4	2,5	2,6	4,7	6,5	18,0	5,3	

Наиболее важным является минимум расстояния от объекта-феномена до центра зоны, так как оно ограничивает пояс депрессии. Это – радиус, с которого начинается позитивное влияние зоны. Радиусы эти по мере возрастания размера зон также увеличиваются от 0,34 до 18,0 м, однако на самой старшей зоне он был меньше (5,3 м), чем на двух предыдущих (6,5 и

18 м), что не позволяет говорить о какой-то чёткой закономерности. Поэтому сразу поясним, что выборки малы, и по ним пока рано делать точные выводы. На больших же выборках из десятков, а лучше сотен значений выводы могут сильно удивить. С этим мы столкнулись на патогенных зонах [16, с. 168].

Вместе с тем из приведённой таблицы для практических целей, например, при создании композиций в ландшафтном дизайне, можно взять как ориентир для зон размером 8 и 16 м радиус 2,6 м, для зоны размером 32 м – 4,7 м, а для зон размером 55, 76 и 110 м – 5,3 м. Начиная с этих радиусов и до границ зоны далее следует найти место сочетания зон размером 1 и 3 м. Такое их сочетание в лесах г. Перми на площади 2,2 га мы встретили 21 раз, т.е. частота синергетических мест – 10 шт./га [16, с. 180].

Зная такую их частоту, гипотезу о синергетике (которую можно представить и как интерференцию электромагнитных волн) можно проверить в полевом эксперименте, и не обязательно в насаждении, где большую часть зон заселяют деревья. Это может быть, например, заброшенная пашня. На рисунке 6 есть подсказки, как организовать такой эксперимент. Например, размещая красные строительные кирпичи попарно внутри и вне поясов комфорта зон размером 1 и 3 м при размещении последних в кольце комфорта зоны размером 55 м (либо зоны размером 32 м), т.е. на расстоянии 9–12 м от их центров. В этих местах, по-видимому, возможны изменения температуры почвы, её влажности, кислотности и других показателей химического, а также микробиологического состава. Для расчёта статистик по термометрии и другим показателям желательно не менее 15–20 повторений опыта на более или менее однородной территории, по которым можно будет выстроить точечные диаграммы и определить на полях корреляций силу влияния расстояний от центров этих зон на тот или иной показатель. Такие данные *впервые* охарактеризуют синергетику на малых геоактивных зонах с химической и физической стороны.

Нужные нам энергии будут в диапазоне «тонких» энергий, т.е. электромагнитных волн, совпадающих с излучениями биополя деревьев в диапазоне от 70–200 КГц и до 1 тыс. ТГц [2, с. 74]. А эти энергии, возможно и даже скорее всего, не будут повышать температуру почвы, так как эти излучения не тепловые. И к этому следует быть готовым.

Найденная нами в долине р. Кама в сосняке вблизи г. Пермь упомянутая встречаемость точек синергетики была 10 шт./га, и там находились буквально все наиболее крупные деревья (3 % от всех деревьев насаждения). Такая их частота оказалась близка к результатам других исследователей [2, с. 102]. В точке, где растёт дерево, причём любых размеров, одновременно действует множество излучений, поэтому А. М. Гореловым [2] было предложено называть его «геогенным» и измерять суммарно с учётом правой и левой поляризации и применять экспертные оценки интенсивности по 5 градациям [2, с. 98]. Оператор биолокации может настроиться и искать нужную интенсивность этого геогенного излучения, т.е. сразу искать места сочетания поясов комфорта нескольких геоактивных зон. После обнаружения первых

тёплых камней на р. Большая Мойва дальнейший поиск таких камней как раз и был настройкой на нужные точки выхода суммарного излучения Земли.

По-видимому, «тонкие» энергии Земли следует искать в диапазоне излучений 70–200 КГц, а затем и в диапазоне 680–900 ТГц, которые будут резонировать с излучениями таких деревьев как береза, дубы, калина, клены, липа, метасеквойя, ольха чёрная, осина, сосна обыкновенная, тополя, ясень [2, с. 70]. Новое направление исследований с изучением среды обитания растений с помощью эниологии и современных дистанционных методов зондирования позволит продвинуть наши знания о лесах на новый уровень, где геофитоценология и лесная биофизика [20] займут, наконец, своё достойное место.

Заключение

Синтез 14 фактов и наблюдений за растениями в горах и на равнине позволил сделать заключение, что формирование выдающихся по размерам деревьев, их биогрупп, успешный рост деревьев на скалах почти без почвы, цепочек деревьев на болотах и в подгольцовом поясе, образование кольцевых структур из скал, деревьев и кустарников происходит в поясах комфорта зон размером 1 и 3 м при их сочетании с поясами комфорта зон размером 8, 16, 32, 55, 76 и 110 м. Вблизи каждого природного феномена число зон может быть от трёх до пяти. Все изложенные факты укладываются в выдвинутую гипотезу о том, что их благоприятное действие на растения вызвано синергетикой зон между собой и с излучениями Солнца в диапазоне «тонких» энергий в килогерцевых и терагерцевых частотах, которая усиливает физиологические процессы у растений и скрепляют горные породы, препятствуя их разрушению.

Благодарности. За финансовую поддержку исследований Автор благодарит директора заповедника «Вишерский» Павла Николаевича Бахарева и Василия Анфимовича Колбина, сотрудников ООО «АНДИ» Михалева В. В. и Рыбальченко А.Я. за методическую, а Филимонова Андрея (п. Золотанка) за техническую помощь в экспедиционных работах.

Библиографический список

1. Агбалян Ю. Г. Глобальная энергетическая сеть Хартмана. Мифы и реальность // *Сознание и физическая реальность*. 2009. № 12. С. 14-20.
2. Горелов А. М. Миколайко В. П., Красноштан И. В. Введение в эниодендрологию. Киев: ФЛП Ямчинский А. В., 2020. 138 с.
3. Гульельми А. В. Ультранизкочастотные электромагнитные волны в коре и в магнитосфере Земли // *Успехи физических наук*. 2007. Том 177. № 12. С. 1257–1276.
4. Гуляев Ю.В. Физические поля биологических объектов. Кибернетика живого: биология и информация. М.: Наука, 1984. С. 111–117.
5. Дурандин А. В. Структурно-тектонический анализ данных дистанционного зондирования Земли // *Геоматика*. 2011. №1. С. 48-51
6. Демаков Ю. П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический ун-т, 2018. 432 с.
7. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья

// Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

9. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.

10. Маракушев А. А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 255 с.

11. Марченко И. С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, 1995. 188 с.

12. Михалев В. В., Рыбальченко А. Я. Флюидизатно-эксплозивные структуры заповедника «Вишерский» и их влияние на растительные сообщества // Геология и полезные ископаемые Западного Урала [Электронный ресурс]. Пермь: ПГНИУ, 2021. Вып. 4(41). С. 11-23.

13. Rogozin M. V. Лесные экосистемы и геобиологические сети [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2016. 171 с.

14. Rogozin M. V. Структура древостоев: конкуренция или партнерство? [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2019. 223 с.

15. Rogozin M. V., Михалев В. В. Структура сетей, образуемых малыми геоактивными зонами и геодинамическая активность территорий // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 188–198.

16. Rogozin M. V., Михалев В. В., Рыбальченко А. Я. Лесные экосистемы и факторы неотектоники. [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2020. 249 с.

17. Rogozin M. V., Михалев В. В. Гипотезы об энергиях Земли и их проявление в природе // Международная научно-практич. конф. «Пермская система земного шара – 180 лет» Пермь, ПГНИУ, 18–23 октября 2021 г. Пермь: ПГНИУ, 2021.

18. Сывороткин В. Л. Глубинная дегазация Земли и геоэкологические проблемы приграничных территорий России // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2013. Т. 3. Вып. 1. С. 15-25.

19. Тараканов В. В., Демиденко В. П., Ишутин Я. Н., Бушков Н. Т. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск: Наука, 2001. 230 с.

20. Тихонова И. В. Четыре опоры к фундаменту современного устойчивого лесоводства // Лесные экосистемы: современные вызовы, состояние, продуктивность и устойчивость. Материалы междунар. научно-практ. конф., посвященной 90-летию Института леса НАН Беларуси (Гомель, 13-15 ноября 2020 г.). Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси. 2020. С. 97–101.

21. Фивенский Ю. И. Малые кольцевые структуры рыхлых отложений земной коры / Научное открытие. Диплом ОТП РАН № 02-д/02 от 22.10.2002.

22. Фивенский Ю. И. Использование материалов аэрокосмических съёмок для изучения земной коры // Геодезия и картография. 2006. №1. С. 44–52.

23. Ханцеверов Ф. Х. Эниология. Т. 1. Международная академия энергоинформационных наук. М.: АМН, 1996. 282 с.

22. Царёв А. П. Программы лесной селекции в России и за рубежом. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. 164 с.

Е.М. Шемякина^{1,2}, К.А. Воробьев^{1,3}

¹Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Высшая техническая школа Георга Агрикола, Бохум, Германия

kirill.vorobyev@stud.thga.de

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматриваются частные дистанционные методы съемки местности и их совокупность для контроля состояния линейных объектов. Представлены способы ведения мониторинга окружающей среды и развития геологических процессов для отдаленных и труднодоступных регионов страны (на примере г. Надым Ямало-Ненецкого автономного округа). Указаны преимущества проведения дистанционных методов, а также представлена их классификация.

Ключевые слова: геологические процессы, дистанционное зондирование, алгоритмы распознавания, аэрокосмический мониторинг, аэрофотосъемка, космическая съемка, дешифрирование.

E.M. Shemyakina^{1,2}, K.A. Vorobyev^{1,3}

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Russia

³Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Germany

THE CURRENT STATE AND PROSPECTS OF USING REMOTE METHODS TO IDENTIFY AND MONITOR HAZARDOUS GEOLOGICAL PROCESSES

The article discusses individual remote methods of surveying the terrain and their combination for monitoring the condition of linear objects. The methods of monitoring the environment and the development of geological processes for remote and hard-to-reach regions of the country are presented (for example, the city of Nadym, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). The advantages of remote methods are indicated, as well as their classification is presented.

Key words: remote sensing, pattern recognition, aerospace monitoring, aerial photography, space photography, decryption.

Россия разнообразна по природно-климатическим, геологическим условиям., что объясняет развитие на территории страны различных экзогенных геологических процессов (ЭГП), оказывающих негативное влияние на объекты инженерно-хозяйственного назначения, природо- и недропользование.

Большая площадь территории и труднодоступность места проявления ЭГП требуют применения дистанционных методов космического мониторинга опасных геологических процессов, оценки рисков, а также целенаправленного изучения техногенного воздействия на природную среду. Своевременная оценка состояния природной среды, прогноз её изменений, моделирование, а также разработка и проведение мероприятий по рациональному природопользованию - являются главными задачами геоэкологических исследований, в том числе мониторинга опасных геологических процессов.

Материалы дистанционного зондирования для мониторинга геологических опасностей начали использовать в 70-х – начале 80-х гг. XX века. Объектами космического мониторинга экзогенных геологических процессов являлись геологические явления, прямо или косвенно отражающиеся на материалах дистанционного зондирования, которые могли бы быть диагностируемы по дистанционным данным [1].

При анализе, обработке данных мониторинга ЭГП дистанционными методами, в некоторых случаях, используются данные, полученные с помощью наземной сети наблюдений. Информация, полученная дистанционными методами, должна характеризоваться полной, что обеспечивало бы грамотное ведение карт геологических опасностей с применением ГИС-технологий. Одним из важных направлений использования материалов дистанционного зондирования Земли является оценка антропогенного воздействия на окружающую среду и возможных природных рисков.

Дистанционные методы исследований по уровню (высотности) съемки классифицируются на несколько видов: космическая съемка; аэрофотосъемка; аэровизуальные исследования; фотодеодолитная съемка; съемка с беспилотных летательных аппаратов.

Методы дистанционного зондирования Земли давно успешно применяются при проведении съёмочных эколого-геологических работ, ведении государственного учета состояния недр, мониторинга развития опасных геологических процессов и для решения прочих важных задач в этой сфере. Материалы космической съемки обеспечивают регулярные наблюдения на отдельных участках проявлений экзогенных геологических процессов. Преимущество дистанционных методов заключается в том, что они не требуют непосредственно прямого контакта с объектом исследования, позволяют оптимизировать полевые исследования. Большая часть работы проходит в камеральных условиях, что ускоряет работу и увеличивает экономическую эффективность в исследованиях и изысканиях.

Дистанционные методы используются на этапе подготовки геоэкологических исследований. Основное их предназначение – ведение аэрокосмического мониторинга как одной из подсистем наблюдений за окружающей средой.

Под аэрокосмическим мониторингом (АКМ) понимается система регламентированных периодических дистанционных наблюдений за

состоянием природной среды и ее пространственно-временными изменениями под влиянием природных и техногенных факторов.

Объектом АКМ является часть природной среды, изменения которой и прямо или косвенно отражаются на материалах дистанционного зондирования. Постоянному наблюдению в системе АКМ подлежат факторы, оказывающие влияние на природную среду.

Главная цель аэрокосмического мониторинга состоит в постоянном наблюдении и контроле за состоянием окружающей среды, использовании получаемых данных для составления локальных и региональных прогнозов ее изменения в пространстве и времени под влиянием факторов. Основными методами получения информации при ведении аэрокосмического мониторинга являются аэрофото- и космическая съемка [3].

Аэрофотосъемка – это получение изображения поверхности Земли при помощи аэрофотоаппаратов, установленных на борту летательного средства, с целью получения пространственных данных. Таким образом получают снимки, где изображен рельеф и виды функционального использования территории. По масштабу аэрофотоснимки подразделяют на сверхкрупномасштабные (1:5000 и крупнее), крупномасштабные (1:10000-1:25000), среднемасштабные (1:50000-1:60000) и мелкомасштабные (1:100000-1:200000) [2].

Космическая съемка одна из разновидностей дистанционных методов проводится с использованием космических летательных аппаратов, при космосъемке увеличивается смещение точек под влиянием кривизны Земли, т.е. в пределах снимка нарушено постоянство масштаба. Для определения масштаба аэрокосмических материалов используется величина пространственного разрешения, т.е. размер наименьшей детали на местности, воспроизведенной на снимке. По пространственному разрешению космические снимки делятся на: очень высокого разрешения (0,3-0,9 м), высокого разрешения (1-40 м), среднего разрешения (50-200 м), низкого разрешения (300-1000 м), очень низкого разрешения (более 10 000 м) [2].

Аэро- и космосъемка проводятся в видимом, инфракрасных, радиоволновом диапазонах длин волн и выполняются при помощи фотографических, телевизионных и оптико-электронных сканирующих систем. Мультиспектральная съемка выполняется в нескольких узких электромагнитных диапазонах. Следовательно, возможно проводить исследования Земли, учитывая ее тепловое поле, температурные аномалии, получать данные независимо от погодных условий в настоящий момент времени. Данный вид информации имеет важное значение для фиксации катастрофических и быстропротекающих процессов и явлений – обвалов, оползней, выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ и т.д.

Извлечение тематических данных с аэрофото- и космических снимков о состоянии и степени изменения природной среды происходит при помощи методов дешифрирования. Что значит обнаружить, распознать, классифицировать и интерпретировать выявленный объект или явление. Под обнаружением понимается установление объекта без определения его

сущности. Выявление объекта с определением качественных и количественных характеристик его сущности является распознаванием. Классифицировать объект – это отнести его к определенному классу и присвоить ему условный знак, а интерпретировать – определить состав объекта и динамику его развития [3].

Таким образом, с помощью космических снимков (рис.1 а, б) можно проводить мониторинг развития геологических процессов, например, за динамикой образования термокарстовых понижений в криолитозоне в связи с антропогенной деятельностью на окружающую среду.

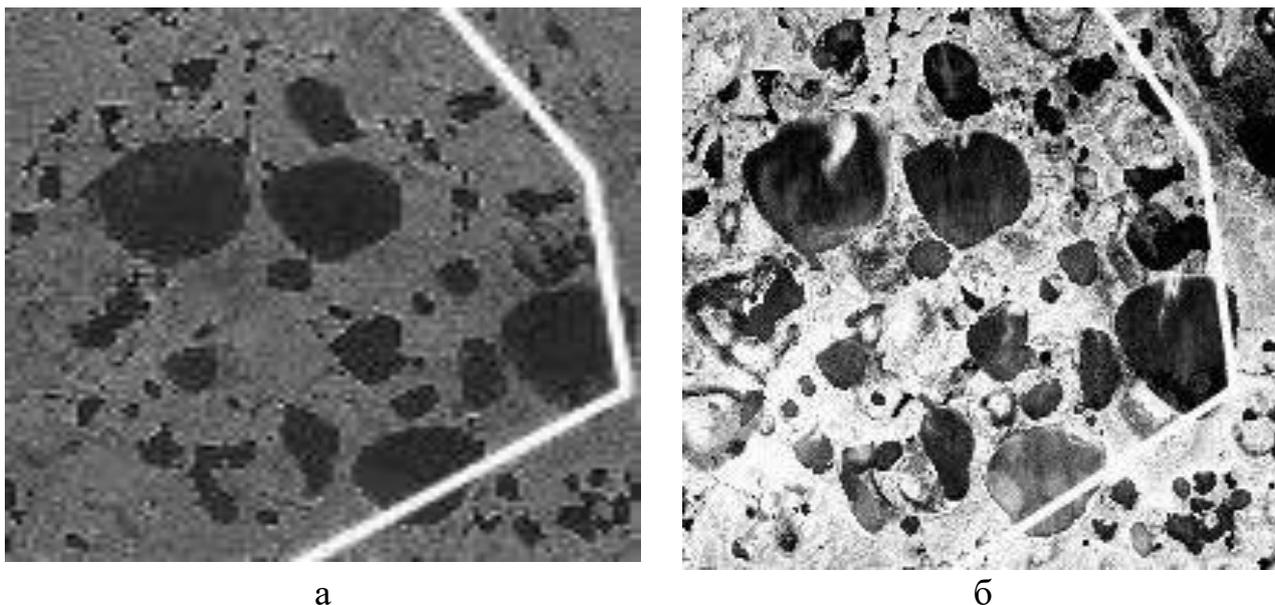


Рис. 1. Район г. Надым (Ямало-Ненецкий автономный округ) снимки:
а) Corona 1968 г., б) WorldView-3 2016 г.

С помощью дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли возможно получить информацию о скорости протекания экзогенных геологических процессов, флуктуации площадей сельскохозяйственных территорий и акваторий водоемов, изменении ландшафтов, в том числе при чрезвычайных ситуациях, распределении растительных сообществ, поиске и разработке месторождений полезных ископаемых.

Дистанционные методы дают возможность достаточно детально, находясь на удалении изучить опасные геологические процессы. Особую ценность этот тип методов представляет для труднодоступных регионов со сложным физико-географическим положением, суровым климатом, в зоне нестабильных военно-политических условий и проч. С помощью аэрокосмического мониторинга доступна возможность перманентного наблюдения за состоянием природной среды и её мониторинга. Неоспоримым преимуществами дистанционных средств наблюдения является возможность беспрепятственно и оперативно принимать решения для устранения проблем.

Библиографический список

1. Михайлов С.И. Применение данных дистанционного зондирования Земли для решения задач в области сельскохозяйственного производства / Земля из космоса. 2011.
2. Сизов А.П., Хабаров Д.А., Хабарова И.А. Новые подходы к разработке методики формирования семантической информации мониторинга земель на основе обработки и анализа картографической информации // Геодезия и аэрофотосъемка, №4, 2018, С.434-441.
3. Экзарьян В.Н., Гусейнов А.Н., Жигалин А.Д., Харькина М.А. Методика геоэкологических исследований / Учебное пособие. Под редакцией В.Н. Экзарьяна. М., 2006. 194 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ
ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
APPLICATION OF AEROSPACE METHODS FOR SOLVING
PROBLEMS OF GEOLOGICAL MAPPING AND SEARCHING FOR
SOLID MINERALS

УДК 550.81:528.8

Е.Н. Барсуков

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

**АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ ДЛЯ ПОИСКОВ УРАНА НА ЗАПАДЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Проведен анализ перспектив применения аэрокосмических методов для поисков урана на западе Пермского края. Проведено дешифрирование космических снимков. Выделены зоны повышенной трещиноватости перспективные для поисков урана.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, поиски урана, Пермский край.

E.N. Barsukov

Perm State University, Perm, Russia

**ANALYSIS OF THE PROSPECTS OF APPLICATION OF AEROSPACE
METHODS FOR SEARCHING FOR URANIUM IN THE WEST OF PERM KRAI**

The analysis of the prospects for the application of aerospace methods for the search for uranium in the west of the Perm Territory is carried out. Interpretation of space images was carried out, zones of increased fracturing, promising for the search for uranium, were identified.

Key words: aerospace methods, search for uranium, Perm region.

Введение

Стратегическое значение уранового сырья для России, его возможный дефицит в ближайшие годы в связи с новой экономической ситуацией в мире, труднодоступность и низкая рентабельность освоения известных месторождений, определяет актуальность исследований по поискам урана в новых регионах. Одним из мероприятий межотраслевой программы «Уран России» является проведение опережающих специализированных прогнозно-поисковых работ на слабо изученных территориях, обладающих признаками промышленной ураноносности [21, 22].

© Е.Н. Барсуков, 2021

Наиболее перспективными на поиски урана в Пермском крае могут считаться 4 аномальных района: Чайковско-Куединский, Верещагинский, Кудымкарский, Косинский, выделенных по содержанию урана в подземных водах и минеральном остатке [25].

Известно [1, 26], что месторождения урана практически повсеместно приурочены к зонам повышенной трещиноватости пород, поэтому основной **целью данной работы** является анализ перспектив проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) на юго-западе Пермского Приуралья и выявление зон, благоприятных на поиски урана по зонам повышенной тектонической трещиноватости (плотности линеаментов) установленной по дешифрированию.

Особое внимание было уделено Чайковско-Куединской площади, расположенной на юго-западе Пермского края. В этом районе располагаются крупные геодинамические активные зоны, обусловленные зонами с повышенной тектонической трещиноватостью [4, 8, 9, 13, 18] (рис. 1). На данной территории по результатам комплексных геологических, гидрогеологических и геохимических работ ранее было выявлено несколько участков с аномальными содержанием урана от $4 \cdot 10^{-4}\%$ до $40 \cdot 10^{-4}\%$ и около 200 радиометрических аномалий, что даёт основание рассматривать его в качестве основного района для поисков урана [4, 11, 14, 16, 25, 27, 29].

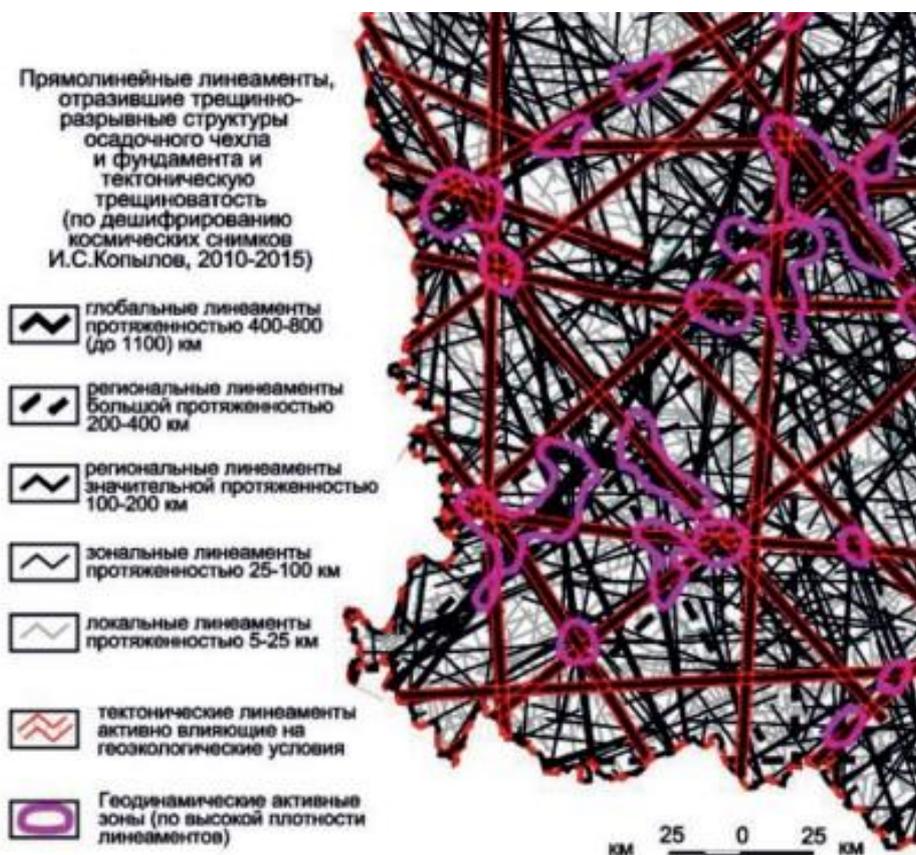


Рис. 1. Геодинамические активные зоны и тектоническая трещиноватость на юго-западе Пермского края [13]

Методика исследований

Территория юго-западной части Пермского Приуралья имеет удовлетворительные природные условия для проведения АКГИ и дешифрирования. В геологическом отношении она расположена на Русской платформе в основном в пределах Верхнекамской впадины с распространением на поверхности верхне-среднепермских отложений (глины, алевролиты, песчаники и др.), перекрытых маломощным слоем четвертичных образований. Имеет различные в т.ч. - сложные гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Территория характеризуется преимущественно лесными ландшафтами с небольшими урбанизированными и техногенными участками (населенные пункты, пашни, разработки нефти и газа, дороги и др.) [5, 6, 12, 17, 18, 20]. Ранее на этой территории проводились различные виды АКГИ в основном для поисков нефти и газа, исследования нефтегазопроводов [23, 24], оценки инженерно-геологических и геоэкологических условий [3, 5, 7, 8].

Для исследования рассматриваемой территории с помощью программного обеспечения были взяты космические снимки (КС) (сервис ERS.CR.USGS.GOV) и цифровые модели рельефа (ЦМР) в растровом виде (сервис MAPS-FOR-FREE.COM) (рис. 1).

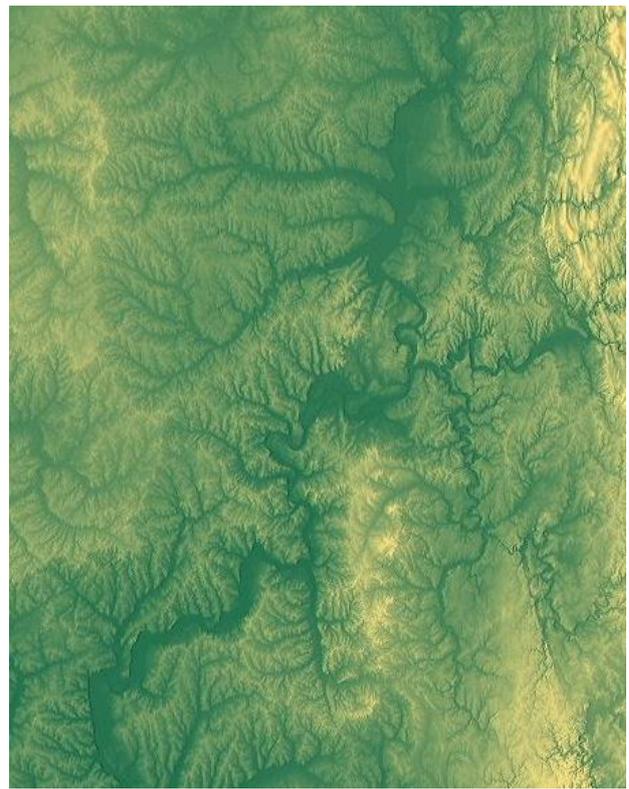
Дешифрирование одного и того же района по разным материалам дает возможность более точно выделить тектонические линеаменты. Например, на КС легче выделяются линеаменты по зонам лучшего развития или угнетения растительности. Некоторые линеаменты, наоборот, из-за растительности, облачности и других факторов легче дешифрируются по ЦМР.

Для повышения точности выделения линеаментов на КС, последние подвергаются корректировке контраста, гистограммы и прочих свойств. В данной работе предварительной обработке были подвергнуты космоснимок и цифровая модель рельефа территории Пермского края. Изображения были преобразованы из цветных в 8-битные полутоновые изображения с помощью программного обеспечения ENVI Classic (рис. 2, 3). Этот метод повышения контрастности изображений базируется на анализе и эквализации гистограмм локальных окрестностей изображения. Контраст каждой части изображения повышается, что связано с изменением формы гистограммы. В результате обработки повышается количество выделяемых линеаментов без потери целостности и протяженности.

Далее оба снимка были представлены в виде слоев одной карты в программном обеспечении ESRI ArcMap, в результате чего, при дешифрировании можно переключать слои, для более точного выделения линеаментов.



а



б

Рис. 2. Космоснимок и цифровая модель рельефа юго-запада Пермского Приуралья

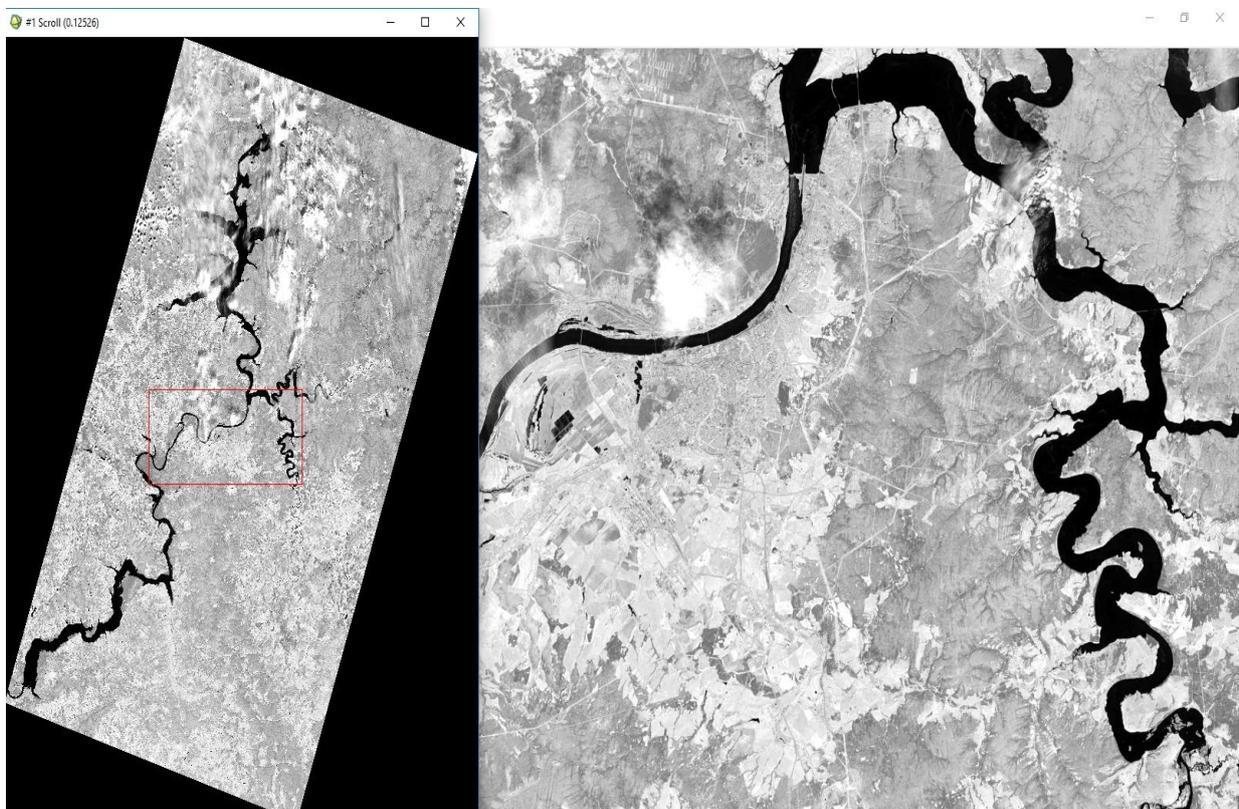


Рис. 3. Предварительная обработка космоснимка

Результаты исследований

Дешифрирование и обработка данных проводились по методикам [2, 9, 15, 19 и др.]; исследования проводились в нескольких масштабах в соответствии со сложившимися стадиями АКГИ (обзорные, региональные, зональные, детальные) [10]. В результате структурного дешифрирования было выделено 520 линеаментов (табл. 1, рис. 4), преимущественно северо-западного и северо-восточного простираний.

Таблица 1

Результаты дешифрирования

Стадия дешифрирования	Масштаб дешифрирования	Протяжённость прямолинейных линеаментов, км	Количество линеаментов
Обзорная	1:1 000 000	20-40 и более	30
Региональная	1:500 000	10-20 и менее	490

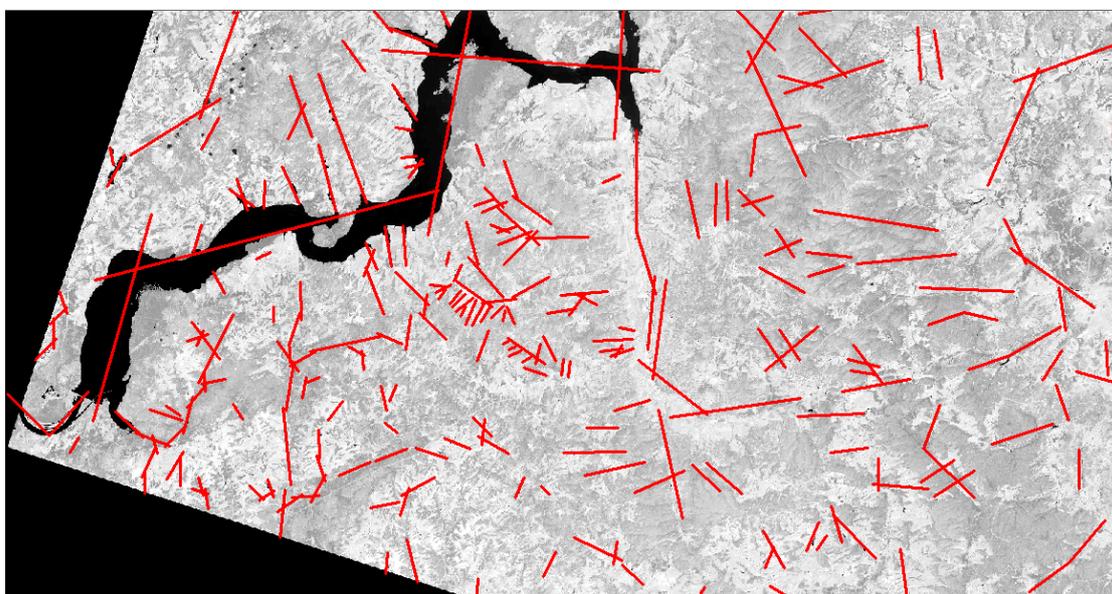


Рис. 4. Схема результатов дешифрирования линеаментов

По результатам дешифрирования был проведен количественный и качественный анализ.

Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов (рис. 45). Задача выполнялась в программном обеспечении ESRI ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент Плотность линий (Line Density). Он вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате было построено поле плотности линеаментов. Количество классов значений плотности выбрано по умолчанию – 9. Плотность линеаментов не равномерная. Фон составляют значения с низкой (зеленый цвет на карте) и средней (желтый цвет) плотностью; наибольшая ее величина (на карте показана розовым и красным цветом) установлена в восточной части изученной территории

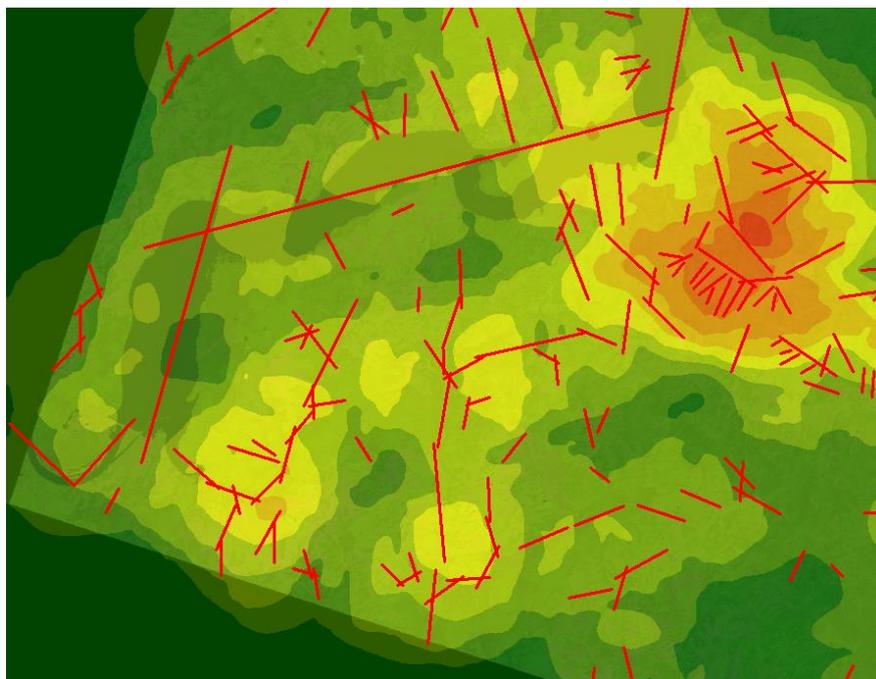
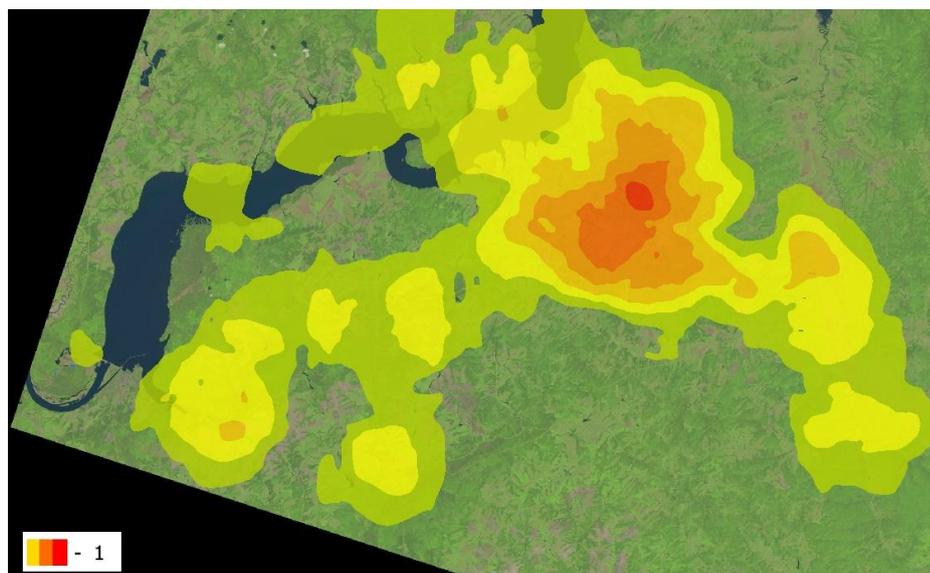


Рис. 5. Поле плотности линеаментов

Далее были выделены максимумы плотности и наложены на космоснимок (рис. 6).



Условные обозначения: 1 - максимумы поля плотности линеаментов.

Рис. 6. Зоны высокой плотности линеаментов

Выделенные максимумы плотности поля линеаментов — это зоны перспективные на поиски месторождений урана по результатам количественного анализа. В выделенных зонах присутствуют геохимические аномалии урана. Поэтому, можно предполагать, о наличии в их пределах рудопроявлений урана.

Качественный анализ был проведён на основе визуального сравнения максимумов плотности линеаментов в исследуемом районе и схемы геохимического районирования на уран (рис. 7).

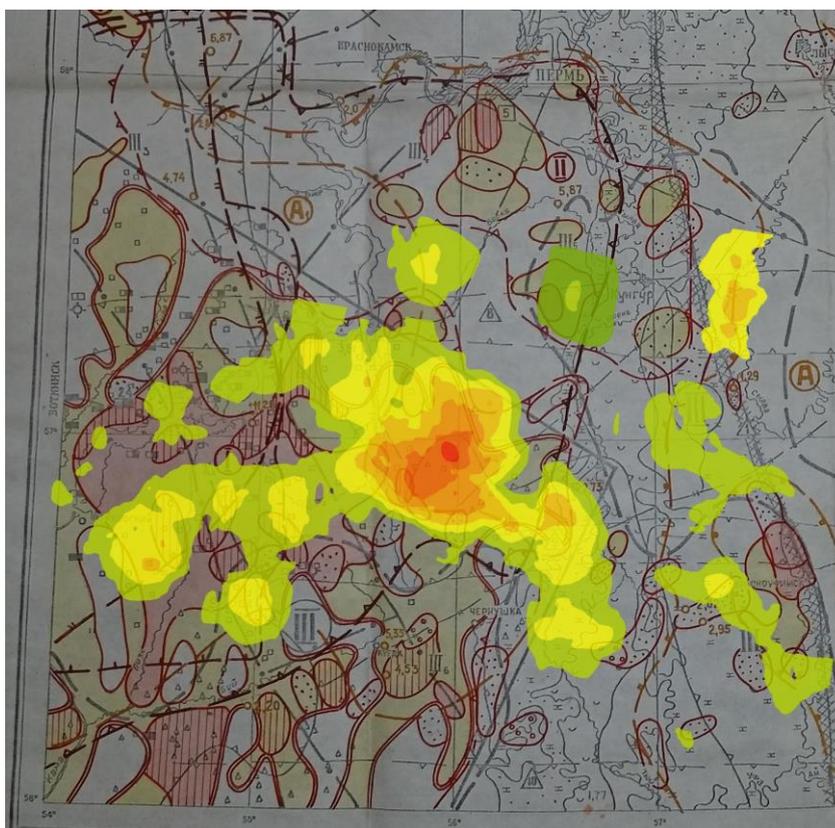


Рис. 7. Схема геохимического районирования [29] с наложенной схемой максимумов плотности линейментов

Рекомендации по дальнейшим поискам урана в Пермском Приуралье на основе комплекса геологических методов с применением АКГИ

Для решения задач по поискам месторождений урана в Пермском Приуралье, рекомендуется провести опережающие региональные специализированные прогнозно-поисковые работы масштаба 1:500 000-200 000, включающих основные методы и виды работ [25]:

- детальный анализ геолого-геофизических, геохимических, гидрогеологических данных и ураноносности региона;
- гидролитогеохимическая съемка масштаба 1:200 000 (Верхнекамская впадина с прилегающими структурами, аномальными участками);
- детальные аэрокосмогеологические, геоморфологические исследования, линейментно-геодинамический анализ с целью выделения участков активизации неотектонических движений и картирования зон глубинных разломов, картирования русел палеодолин;
- уран-изотопные исследования с целью оконтуривания участков поступления глубинных вод и трассирования глубинных разломов [27, 28];
- бурение специализированных скважин глубиной до 200 м с радиогеохимическим исследованием и гамма-каратажом (выборочно — на локализованных участках по результатам комплекса проведенных исследований);
- комплексное минерагеническое изучение. Поскольку урановое

оруденение часто связано с другими полезными ископаемыми (золоторудный, меднорудный, титан-циркониевый, алмазный и др. металлогенические комплексы) рекомендуется попутное их изучение [25].

Заключение

По результатам проведенного анализа на основе дешифрирования КС можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют определить возможные участки, перспективные на поиски урана. В некоторых выделенных перспективных зонах (с повышенной плотностью линеаментов) располагаются геохимические аномалии урана (определенные литогеохимическими методами). Поэтому опережающее использование аэрокосмических методов в общем комплексе прогнозных и поисковых работ даёт возможность сократить как временные, так и материальные затраты.

Библиографический список

1. Иванова Т.А., Грушевой Г.В. Некоторые геоморфологические особенности размещения урановых месторождений на Русской и Скифской плитах // *Разведка и охрана недр*. 2009. № 3. С. 19-24.
2. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. *Основы линеаментной тектоники*. М.: Недра. 1986. 140 с.
3. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. С. 14-19.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.
6. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.
7. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
9. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. *Перм. гос. нац. исслед. ун-т*. Пермь, 2019. 131 с.
10. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов // автореферат дис. доктора геолого-минералогических наук. Пермь. 2014. 48с.
11. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 1. С. 26-37.
12. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
13. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
14. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. *Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing*, 2012. 152 с.

15. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
16. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 3 (24). С. 30-47.
17. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2.
18. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
19. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.
20. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.
21. Машковцев Г.А., Коноплев А.Д., Мигута А.К., Щеточкин В.Н. Перспективы расширения и совершенствования сырьевой базы урана России // *Разведка и охрана недр*. 2012. № 9. С. 62-71.
22. Машковцев Г.А., Мигута А.К., Наумов С.С., Бойцов А.В. Программа «Уран России» и пути ее реализации // *Разведка и охрана недр*. 2005. № 4. С. 16-20.
23. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 5-6. С. 76-77
24. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75.
25. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективы его поисков в Вятско-Камском Приуралье // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2015. № 15. С. 74-79.
26. Суражский Д.Я. Методы поисков и разведки месторождений урана / Под ред. чл.-корр. АН СССР В.И. Смирнова. М.: Атомиздат, 1960. 240 с.
27. Тихонов А.И., Копылов И.С. Изотопно-гидрогеохимический метод и перспективы его использования для поисков коренных месторождений алмазов на территории Пермской области // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. 2004. № 7. С. 187-192.
28. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 4 (25). С. 43-55.
29. Чувиллин В.А., Болсун В.М. и др. Гидролитохимическая съемка масштаба 1:1000000 по стоку малых рек и озер. Листы О-41, О-40, N-41. ГГП «Зеленогорскгеология», Екатеринбург, 1996. 199 с.

**АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО
ОРУДЕНЕНИЯ ВАЛУНИСТОГО РУДНОГО ПОЛЯ
(ЛИСТ Q-60 – АНАДЫРЬ)**

Проведен аэрокосмогеологический анализ территории листа Q-60. На основании изучения имеющихся геологических и дистанционных материалов были уточнены критерии прогнозных и поисковых работ на золото-серебряное эпitherмальное оруденение в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. На примере Валунистого рудного поля были выделены региональные и локальные рудоконтролирующие факторы.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, линеаментный анализ, золото-серебрянное оруденение, месторождение Валунистое, Охотско-Чукотский вулканический пояс.

V.N. Goldyrev, A.G. Gorkovets

Perm State University, Perm, Russia

**AEROSPACE ANALYSIS OF GOLD-SILVER MINERALIZATION OF
THE VALUNISTOE ORE FIELD (SHEET Q-60 - ANADYR)**

An aerospace-geological analysis of the territory of sheet Q-60 has been carried out. Based on the study of the available geological and remote sensing data, the criteria for forecasting and prospecting works for gold-silver epithermal mineralization within the Okhotsk-Chukotka volcanic belt were refined. On the example of the Valunisty ore field, regional and local ore-controlling factors were identified.

Key words: aerospace methods, lineament analysis, gold-silver mineralization, Valunistoe deposit, Okhotsk-Chukotka volcanic belt.

Введение

Проблема прогнозирования золото-серебряных оруденений в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса чрезвычайно сложная. Ее решение связывается с выделением зон разломов, контролирующих расположение вулкано-купольных структур, поиском перспективных структур на золото-серебряное оруденение, выделением предполагаемых рудных узлов и районов. Все эти задачи могут решаться в комплексе с аэрокосмическими методами.

Целью работы является поиски перспективных структур на золото-серебряное оруденение на территории листа Q-60. Задачи: изучить геологическое строение территории комплексом геологических и аэрокосмических методов, выделить линеаменты и кольцевые структуры, провести дешифрирование и комплексный анализ территории, предсказать расположения новых аномалий и выделить перспективные структуры.

В основу исследования были положены результаты полевых и камеральных работ на Канчалано-Амгуэмской лицензионной площади, любезно предоставленные ООО «Рудник Валунистый» (АО «Горно-добывающая компания СИБИРЬ»).

Природные и геологические условия

Площадь листа Q-60 (Анадырь) ограничена координатами $64^{\circ} 00' - 68^{\circ} 00'$ с. ш. и $174^{\circ} 00' - 180^{\circ} 00'$ в.д. Большая часть района территориально принадлежит Анадырскому району Чукотского АО РФ. Северная часть относится к Шмидтовскому, восточная к Иультинскому а юго-западная к Беринговскому административным районам (рис. 1).

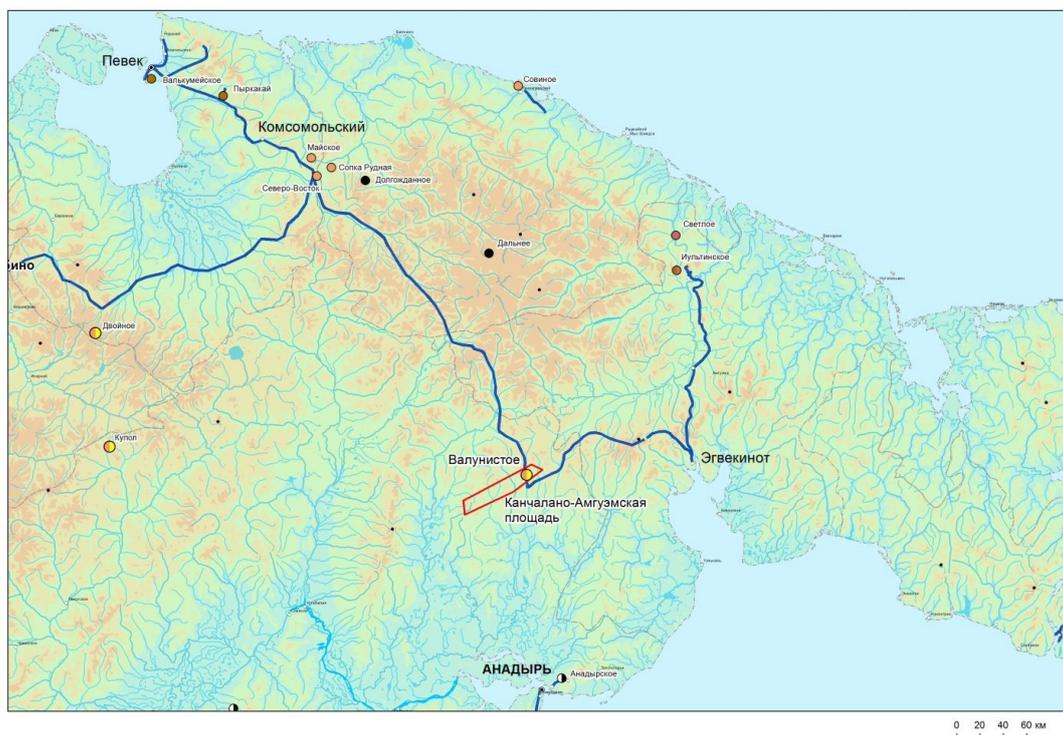


Рис. 1. Обзорная схема района исследований

В орографическом плане территория охватывает северо-восточную часть Анадырского плоскогорья и Чукотское горно-тундровое нагорье, разделяющие бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов. Северная часть Чукотского нагорья представляет собой систему разноориентированных относительно высоких хребтов (Чаантальский, Экитыкинский, Осиновский и юго-восточные отроги Паляваамского хребта), прорезанных широкими сквозными долинами ледникового происхождения. В их осевых частях преобладает среднегорный и низкогорный альпинотипный рельеф с отметками от 1000 до 1800 м (максимальная отметка Чаантальского хребта 1887 м), который сменяется на флангах сильно расчлененным низкогорьем с отметками высот от 800 до 1300 м. Центральную и южную части территории листа занимает Анадырская низменность (более 35 % территории) в обрамлении изометричных горных хребтов, Пекульнейского, Рарыткинского и Золотогорского хребтов. На юго-

востоке в нее вдается Анадырский залив, относящийся к акватории Берингова моря [1].

Ведущее значение в экономике района имеет горнодобывающая промышленность. В настоящее время разрабатывается Анадырское бурогольное месторождение, ведется добыча золота на месторождении «Валунистое» (рис. 2, 3).



Рис. 2. Карта минерагенического районирования листа Q-60 [19]

Валунистое рудное поле располагается в пределах Амгуэмской структурно-формационной зоны Восточно-Чукотского сектора Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП).



Рис. 3. Месторождение Валунистое

Анализ имеющихся материалов по ОЧВП и его обрамлению свидетельствует о его сравнительно слабой изученности. Особенно это относится к северо-восточной части пояса. В тоже время, имеющиеся данные позволяют выделить основные рудоконтролирующие структуры и прогнозно-поисковые признаки (рис. 4).

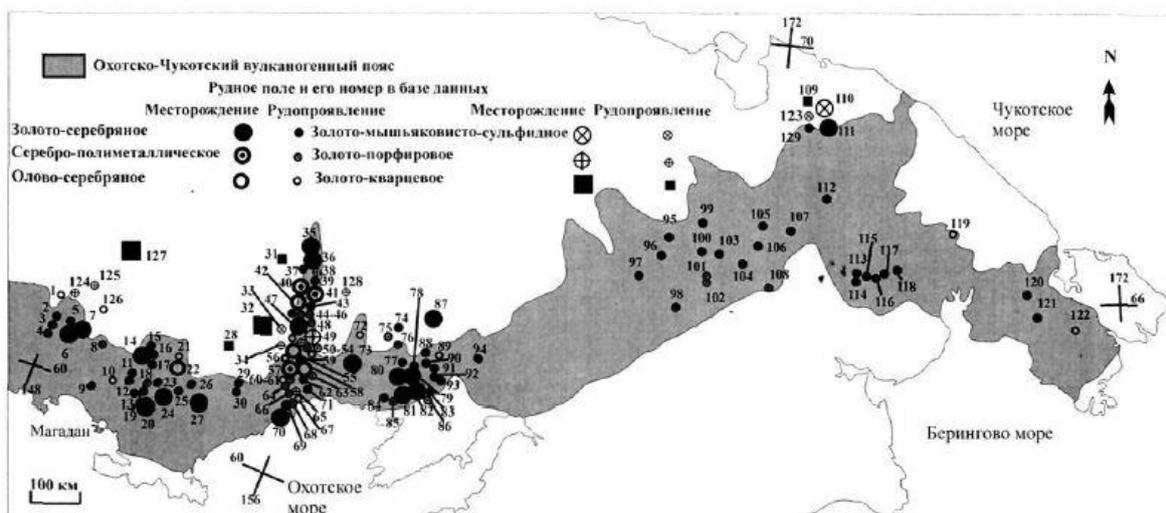


Рис. 4. Золото-серебряные рудные поля в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса [18]

Для обнаружения рудных полей и месторождений в ОЧВП, к внутренней зоне которого приурочено месторождение Валунистое, разработан комплекс критериев прогноза и поисков [2]:

- изометричный вулcano-интрузивный купол (диаметром около 10 км);
- участок пересечения прямолинейного регионального рудоконтролирующего и локального магмоподводящего разломов;
- андезитовая, риолитовая, риолито-дацитовая, андезито-дацитовая продуктивные формации;
- скрытый выступ гранитоидного массива, выраженный отрицательной гравиметрической аномалией, с перепадом значений около 10 мгл;
- преобладающее развитие аргиллизитовых и пропилитовых изменений вмещающих пород, с локальным проявленными скарноидными и грейзеновыми образованиями;
- комплексная (Au, Ag, Pb, Zn, As, Mn, Sn, Mo, Co, Cu, W) литогеохимическая аномалия по потокам рассеяния, диаметром 4-6 км;
- золото-серебряная минерализация кварц-адулярового, кварц-хлорит-сульфидного, родонит-кварцевого, кварц-карбонатного состава.

Методика и результаты исследований

Основными методами аэрокосмических исследований были структурное дешифрирование космических снимков и методы их обработки (линеamentно- и ландшафтно-геодинамический анализы), выполненные по методикам и технологиям, изложенным в работах [2-17].

Основной объект дешифрирования – линеаменты и кольцевые структуры. Линеаменты – это линейные элементы рельефа, имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости в земной коре. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границ ландшафтных структур [5-8].

Методика исследований включала в себя как количественный анализ, так и качественный. Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов. Задача выполнялась в программном обеспечении ArcGIS ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент Плотность линий (Line Density). Он вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате было построено поле плотности линеаментов.

Визуально были выделены зоны, в которых происходит наибольшее скопление структур или пересечение этих структур друг с другом.

Особо необходимо отметить выделенные и уточненные нами крупные кольцевые структуры диаметром от 100 до 400 км. Выделенные структуры, как правило, выражаются в рельефе в виде кольцевого поднятия с опущенной (денудированной) центральной частью. В пределах кольцевого поднятия обычно концентрируется наибольшее число крупных интрузивных и субвулканических образований и/или вулканопольные поднятия, а в центральной части располагаются вулканические депрессии. В более крупном масштабе фрагменты кольцевых нарушений (разломов) обычно «разваливаются» на серии сближенных линейных нарушений. Предположительно, формирование этих структур связано с глубинными магматическими очагами. С прогнозно-поисковой точки зрения существенно то, что описанные структуры контролируют расположение рудных узлов и/или отдельных месторождений. Те и другие зачастую располагаются вдоль основных кольцевых нарушений, часто – вдоль внутренней и внешней границ кольцевого поднятия, в местах пересечения кольцевых и линейных разломов (рис. 5).



Рис. 5. Линеаментное поле и Анадырская кольцевая структура (желтый цвет).

Указанная закономерность (контроль оруденения разломами, ограничивающим вулcano-тектонические структуры) повторяет, в более мелком масштабе, закономерности, установленные в регионе в пределах отдельных рудных узлов и полей. В основе исследований лежит структурное дешифрирование. Размещение золото-серебряного оруденения характерно в контактовых ореолах гранитоидных интрузий. Рудные тела вытягиваются вдоль разрывных нарушений.

Валунистое рудное поле (ВРП) располагается в пределах выделенной нами Анадырской кольцевой структуры с центром в районе Анадырского залива. С учетом вышесказанного, особый интерес представляют собой пересечения кольцевых (дугообразных) нарушений с линейными зонами разломов, контролирующими расположение вулcano-купольных структур, ореолы метасоматических изменений и золото-серебряное оруденение. Применительно к окрестностям ВРП наиболее важную роль играют Канчаланская, Нычегваамская и Амгуемская зоны разломов (рис. б).

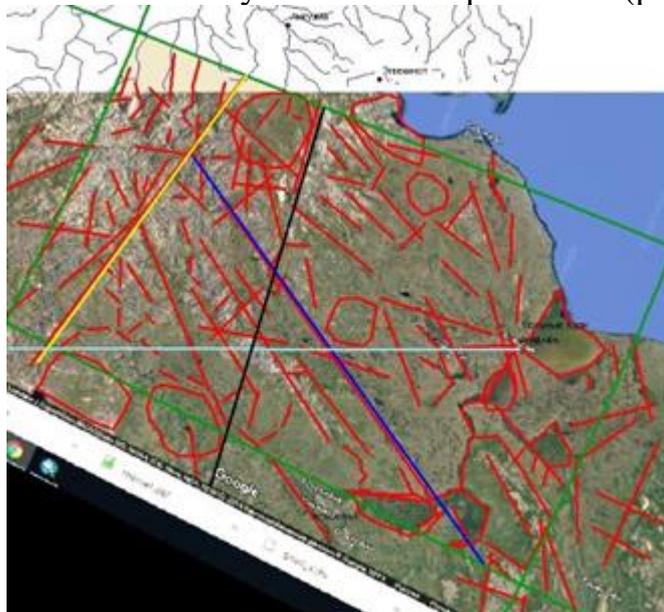


Рис. 6. Основные зоны разломов: Амгуэмская (желтый), Канчаланская (черный), Нычегваамская (синий), Инпынекуульская (голубой).

Это разломы северо-восточного «Канчаланского» направления, разломы субмеридионального – северо-северовосточного «Нычегваамского» направления, а также субширотные разломы «Амгуемского» направления. В своем западном и восточном продолжении Амгуемская зона разломов проходит через рудные узлы месторождений Песчанка, Купол, Арыкеваам, Пепервеемский и ряд других, в том числе прогнозируемых.

Также были проанализированы ранее выявленные факторы и условия золотоносности исследуемых территорий, сопоставлены со схемами геологического строения, на основе чего выделены перспективные зоны. Заметно, что все зоны располагаются на основных разломах. Особенно высока плотность линеаментов в местах пересечения основных разломов.

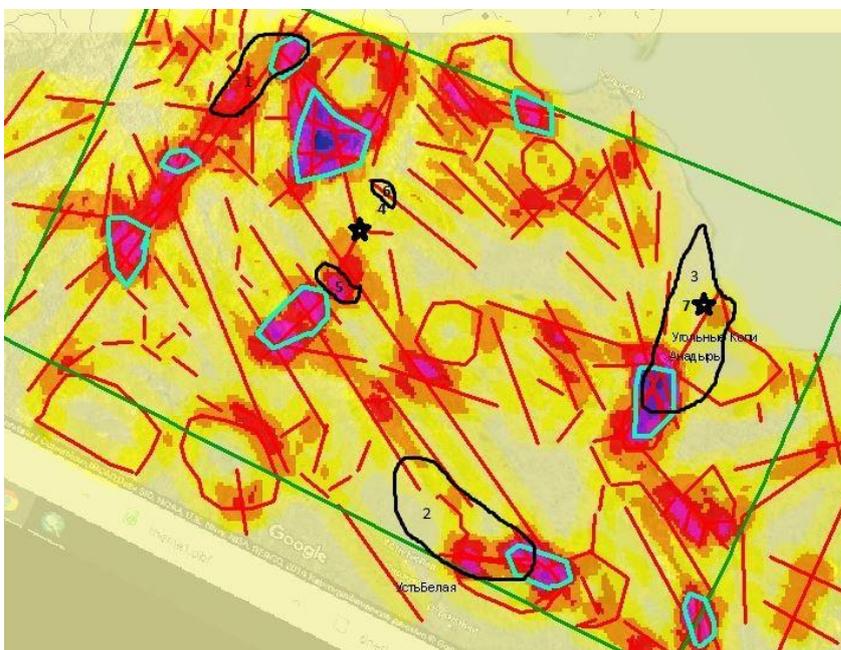
С прогнозно-поисковой точки зрения интерес представляют все пересечения указанных зон разломов, в первую очередь те, которые совпадают с другими благоприятными факторами, такими как наличие вулcano-купольных структур, наличие ранее установленных кварцевых жил, проявлений и аномалий золота и серебра, наличие ореолов осветления и штоков диоритов и др. В ближайшем окружении ВРП это:

- северо-восточное продолжение Нычегваамской зоны разломов от участка Осенний – вплоть до пересечения с Амгумской зоной разломов (до 100 км от лицензионной площади);

- продолжение Канчаланской зоны на северо-восток от участка Горный - вплоть до пересечения с кольцевым ограничением Анадырской кольцевой структуры и южным краем Амгумской зоны разломов (включая участки Теркелей и Белые Увалы);

- Южное продолжение разломов Нычегваамского направления от месторождения Валунистое – вплоть до центральной части Анадырской КС (более 100 км от лицензионной площади).

Многие выделенные перспективных рудные узлы (рис. 7) находятся вблизи существующих золоторудных месторождений (Валунистое, Холодный ручей), а также золотоносных россыпных (Метегенканья, Староконьонный ручей, Пырканайвеем) и потенциально рудных узлов (Озерный, Кремовый). Эти факты говорят о том, что аэрокосмические методы позволяют с высокой долей вероятности определить участки, перспективные на золото-серебряное оруденение.



Месторождения (черная звезда): 4 – Валунистое, 7 – Холодный ручей.

Золотоносные россыпные узлы (черный контур): 1 – Метегенканья, 2 – Староконьонный ручей, 3 – Пырканайвеем. Потенциальные рудные узлы (черный контур): 5 – Озерный, 6 – Кремовый.

Предполагаемые перспективные рудные узлы (голубой контур).

Рис. 7. Карта плотности линейаментов и перспективных участков

Все предполагаемые рудные узлы находятся в металлогенических зонах с золотым или серебряным оруденением.

Критерии локального прогноза схожи с региональными. Модель рудного поля в большинстве случаев состоит из гранитоидного массива. Месторождения локализуются в опущенном блоке на склоне вулканно-интрузивного купола и отличается максимальной мощностью и литолого-фациальным разнообразием рудовмещающих вулканических пород [2], а также сильно развитыми метасоматическими изменениями. На аэрокосмических снимках перспективные участки хорошо дешифрируются в виде кольцевых структур, пересекаемые множеством линеаментов (рис. 8). Кольцевые структуры в пределах ВРП указывают на наличие вулcano-купольной структуры.

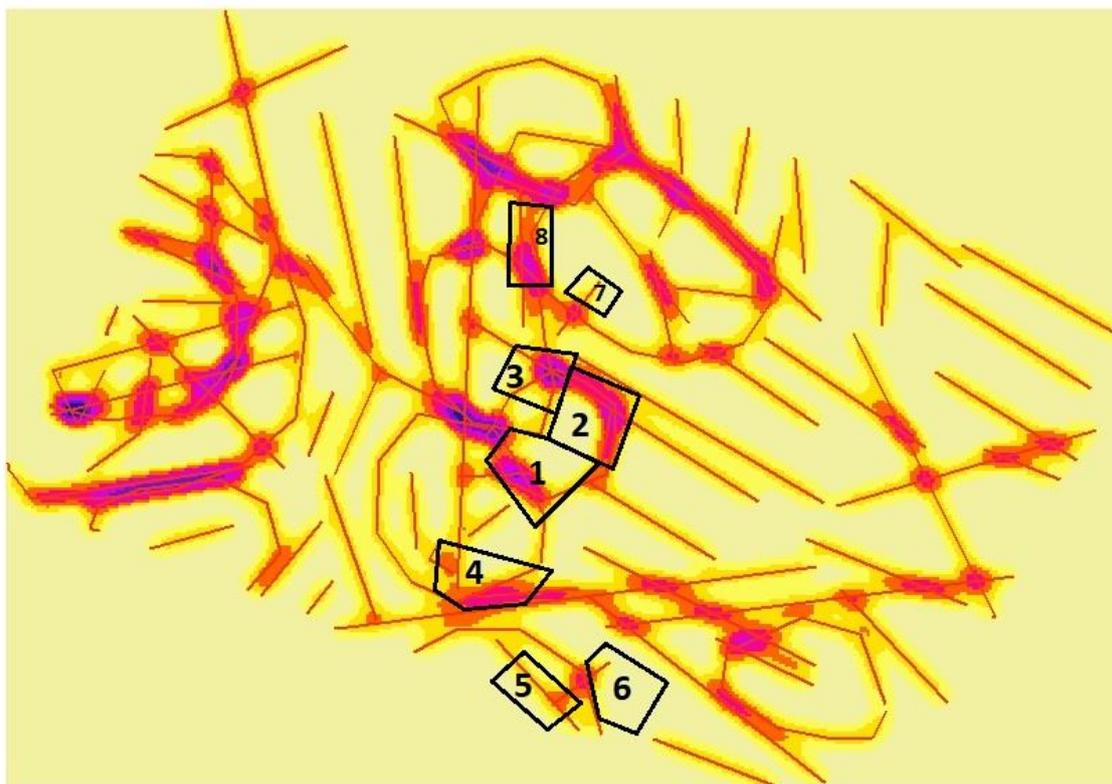


Рис. 8. Линеаменты и кольцевые структуры Валунистого рудного поля

На основе дешифрирования космофотоматериалов и анализа имеющихся схем дешифрирования крупного масштаба для территории ВРП выполнена статистическая обработка первичных схем дешифрирования. Анализ плотности линеаментов характеризуется закономерными изменениями по площади. Учитывая, что линеаменты напрямую связаны с геоморфологическим ландшафтом, можно утверждать, что они отражают прежде всего неотектонические структуры. Простираение осей аномалий не всегда совпадает с простираением линеаментов их образующих.

Практически во всех зонах минерализации ВРП устанавливаются аномалии (рис. 9).

Аномалии связаны с контуром кольцевой структуры (глубоко размытые вулканы), пересекаемой множеством разломов. Эта закономерность прослеживается на всех участках месторождения Валунистое. Также аномалии возникают на пересечении двух кольцевых структур. Крупные аномалии преобладают в Канчаланской и Нычегваамской зонах разломов, а также на их пересечении.



Участки месторождения Валунистое: 1- Валунистый, 2 – Осенний, 3 – Горный, 4 – Жильный, 5 – Светлый, 6 – Шах. Перспективные оцененные участки: 7 – Раздольный, 8 –Кремовый.

Рис. 9. Плотность линеаментов Валунистого рудного поля

Заключение

Проведенное изучение дистанционных материалов (цифровые модели рельефа, космические снимки, рисунок речной сети) позволило выявить некоторые дополнительные факторы, касающиеся, главным образом, выделения той или иной зоной разломов, контролирующей расположение вулcano-купольных структур, ореолов метасоматических изменений и золотосеребряного оруденения.

В результате проведенных исследований, можно сделать вывод, что аэрокосмические методы позволяют достаточно точно определить участки перспективные на золото-серебряное оруденение, поэтому они необходимы не только на стадии регионального изучения недр, но и на стадии поисковых работ.

Библиографический список

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист N-46 - Анадырь. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016.

2. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.

3. Копылов И.С. *Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии.* 2014. № 6. С. 14-19.
4. Копылов И.С. *Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии.* Пермь, 2020. С.148-158.
5. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
6. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования.* 2012. № 6.
7. Копылов И. С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
8. Копылов И.С. *Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук.* Пермь, 2014. 48 с.
9. Копылов И.С. *Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело.* 2012. № 6. С. 341-351.
10. Копылов И.С. *Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015. № 8-1. С. 82-86.
11. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования.* 2011. № 4.
12. Копылов И.С., Бабенышев В.М. *Поиски полиметаллов и золота на Приполярном Урале с применением аэрокосмических методов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии.* 2020. Пермь, С. 159-166.
13. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // Геоинформатика.* 2013. № 2. С. 20-23.
14. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. *Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии.* Пермь, 2020. С. 95-100.
15. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. *Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии.* Пермь, 2019. С. 77-84.
16. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. *Золото-алмазная колыбель России.* Пермь, 2015. 131 с.
17. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. *Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии.* Пермь, 2019. С. 145-158.
18. Стружков С.Ф., Константинов М.М. *Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.* М.: Научный мир, 2005. 320 с.
19. <http://geo.mfvsegei.ru/200k/q-60/q-60-17,18/index.html>.

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ С ПЕРСПЕКТИВАМИ ПОИСКОВ ЗОЛОТА НА КРЕМОВОЙ ПЛОЩАДИ (ЧУКОТКА)

Проведены аэрокосмогеологические исследования территории Чукотки на Кремовой площади. Выполнен анализ дешифрирования космических снимков. Проанализированы факторы и условия, которые могут контролировать золотоносность в пределах исследуемой территории. Выделены максимумы плотности линеаментов и кольцевые структуры – зоны перспективные на поиски месторождений золота.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаменты, золото, Чукотка.

I.D. Deikin

Perm State University, Perm, Russia

AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS WITH PROSPECTS FOR SEARCHING FOR GOLD IN THE KREMOVAYA SQUARE (CHUKOTKA)

Aerospace studies of the territory of Chukotka on Kremovaya Square have been carried out. The analysis of interpretation of space images is carried out. The factors and conditions that can control the gold content within the study area are analyzed. Highlighted the maxima of lineaments density and ring structures - zones promising for prospecting for gold deposits.

Key words: aerospace methods, interpretation, lineaments, gold, Chukotka.

Актуальность исследований связана с поисками золота, на Чукотке – одном из старейших золотодобывающих районах страны. В современных условиях необходимы новые эффективные и экономичные методы поисков золота к которым относятся аэрокосмогеологические методы [18, 19].

На территории Чукотского АО одним из важнейших объектов геологических исследований является «Кремовая» площадь, перспективная на золото-серебряное оруденение, где поисковые работы проводит АО «Северо-Восточное ПГО» с целью воспроизводства минерально-сырьевой базы северо-востока России. На Кремовой перспективной площади ведется завершающий этап, ведется обработка всех геологических, геофизических и геохимических данных, полученных в результате работ, проведенных в 2018-2019 гг.

Целью данной работы является анализ перспектив проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) на территории Кремовой площади и выявление зон, благоприятных на поиски золота.

Статья составлена на основе материалов, собранных автором в 2019 г. во время полевых работ на Кремовой перспективной площади АО «Северо-Восточное ПГО» и дешифрирования космоснимков территории.

Природные условия

Кремовая перспективная площадь (123 км²) находится на территории Анадырского административного района Чукотского автономного округа (рис. 1).

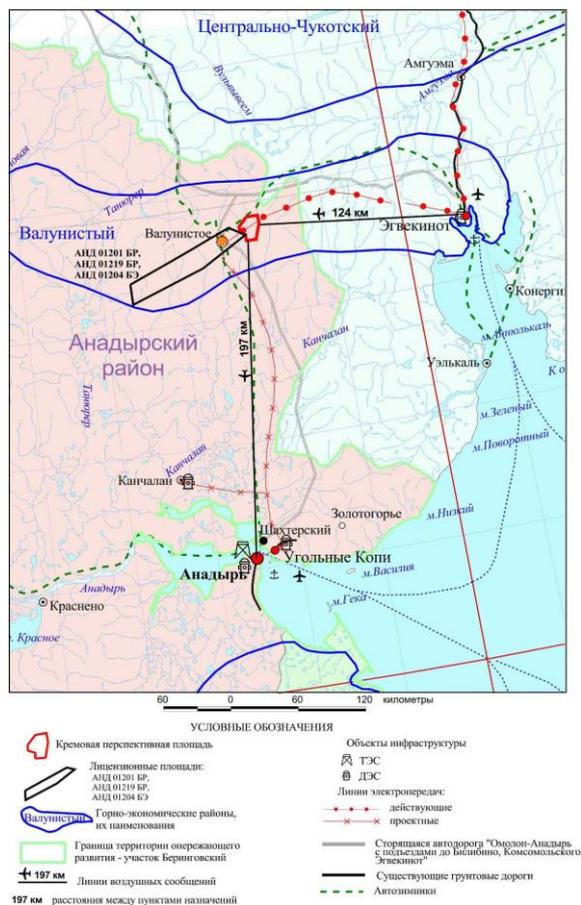


Рис. 1. Обзорная карта района исследований

Рельеф. Кремовая площадь расположена в пределах юго-западных отрогов Чукотского нагорья, на междуречье р Кытымнайваам - р. Тнэквеем, впадающие в р. Канчалан (рис. 2).



Рис. 2. Юго-западные отроги Чукотского нагорья. Вид с участка работ

Рельеф района низкогорный, абсолютные отметки речных долин 240-400 м, водоразделов до 920 м. Склоны крутые и средней крутизны. Следует отметить, что в пределах Валунистого рудного поля все работы ведутся на высотах до 500 м и на участке Горный, где рудные тела возможны на отметках до 800 м, до сих пор выше 700 м работы не проводились.

Климат района арктический, повсеместно развита многолетняя мерзлота. Среднегодовая температура -8,7, средняя января -23,5, июля +12,8 градусов С. Бесснежный период 90-110 дней, годовое количество осадков 327-532 мм, при этом характерны катастрофические варианты осадков – до 150 мм за сутки, гололедные дожди, ветры, способные сдуть буровую установку 20 т с кондуктора. Число дней с сильным ветром до 60 в год, особо опасные метеоусловия 7 дней в году. Во время дождей и весеннего снеготаяния реки Тнеквеем и Кытымнайвам не переходимы вброд, в летнее время могут переходить на подземный сток, в результате возникают проблемы с водоснабжением.

Гидрография. Густая сеть рек и озер покрывают поверхность Чукотки. Ее реки относятся к бассейнам двух океанов. К бассейну Северного Ледовитого океана относятся притоки Колымы (Омолон, Большой и Малый Анюй), а также Паляваам, Раучуа, Чаун, Пегтымель, Амгуэма и десятки других рек. К бассейну Тихого океана относятся Анадырь, Великая, Канчалан, Хатырка и др. Водораздел между двумя океанами проходит по высоким частям Олойского хребта, Анадырского плоскогорья и Чукотского нагорья. Большинство рек берут начало в горах и в верховьях протекают в V-образных долинах. Здесь реки имеют бурное течение, нередко образуют пороги, шиверы, перекаты, прижимы. Выходя на приморские равнины, они становятся спокойными.

Кремовая площадь занимает благоприятное географо-экономическое положение. В 5 км севернее проходит грунтовая автодорога, и ЛЭП, соединяющие рудник Валунистый и п. Эгвекинот. Обоганительная фабрика месторождения Валунистого находится в 10 км к западу от Кремовой перспективной площади.

Геологическое строение и золотоносность

Геологическая изученность

Кремовая перспективная площадь расположена на стыке листов Госгеолкарты-200 Q-60-XVI и Q-60-XVII, кроме того, на стыке территорий деятельности двух геологоразведочных экспедиций – Анадырской и Восточно-Чукотской. Детальные участки Кремовый и Раздольный, находящиеся в пределах Кремовой перспективной площади, выделены при проведении геологической съемки масштаба 1:50 000. Первые сведения о геологическом строении и полезных ископаемых территории были получены в 1956-1957 гг. при проведении геологосъемочных работ масштаба 1:500 000. В 1964 г. геологосъемочные работы масштаба 1:200 000 были выполнены в западной части территории. По результатам проводившихся работ в 1969 году М.В. Филимоновым был составлен лист Госгеолкарты-200/1 Q-60-XV, XVI [20]. В 1972-1973 гг. геологической съемкой масштаба 1:200000 была покрыта

восточная часть территории. В 1977 году Г.И. Богомолов составил лист Госгеолкарты-200/1 Q-60-XVII, XVIII, где обобщил материалы предшествующих исследований [1]. В 1979-1980 гг. Тэркэнейским ГСО выполнена групповая геологическая съемка масштаба 1:50 000, включавшая центральную и восточную части Кремовой площади (лист Q-60-57) [20]. В 1988-1990 гг. Короткой ГСП проведена групповая геологическая съемка масштаба 1:50 000, включавшая западную часть Кремовой площади (лист Q-60-56) [22]. Геологическая съемка сопровождалась площадными геохимическими поисками по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:50 000. В 1992-1995 гг. Тнэквеемским отрядом выполнены поисковые работы на территории, включавшей центральную и восточную части Кремовой площади (листы Q-60-57-А, В) [1]. Поисковые работы включали поисковые маршруты, литохимическую съемку по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:50 000. На участке Кремовой была выполнена литохимическая съемка по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1:10 000 и наземные геофизические работы масштаба 1:10 000 (магниторазведка, электроразведка, гамма-спектрометрия). Намеченные горные работы не были выполнены из-за резкого сокращения финансирования в условиях общего экономического кризиса в стране. В 1993 году на территории листа Q-XVII, XVIII было выполнено ГДП-200, по результатам которого в 1999 г. был составлен комплект Госгеолкарты-200/2 в соответствии с Пыкарваамской серийной легендой (Романов, 1999). В 1998-2000 гг. ГДП-200 было проведено на территории листа Q-60-XV, XVI [23]. При составлении ГХО-200 и подготовке к изданию комплекта этого листа Госгеолкарты-200/2 выделены аномалии, соответствующие участкам Кремовой и Раздольный, а при сбивке рамки листов Q-XVI и Q-XVII эти участки выделены как перспективные и первоочередные.

Геологические условия

На территории Кремовой площади широко распространены стратифицированные образования, которые представлены породами мелового возраста. Площадь участка сложена разноструктурными дацитовыми туфами и туфогенно-осадочными породами среднеамгеньской подсветы (400 м), меньшим распространением пользуются кислые туфолавы и дациты, риодациты верхней подсветы (рис. 3).

На территории широко развиты экструзивные купола риодацитов амгеньского комплекса. Значительную часть поверхности занимают выходы субвулканических андезитов экитыкинского комплекса, слагающие силлоподобные тела и мелкие штоки. Из даек наиболее характерны андезитовые, базальтовые – нунлигранского времени; дацитовые, трахидацитовые дайки леурваамского времени немногочисленны.

Кремовая перспективная площадь располагается в пределах Амгуэмской структурно-формационной зоны Восточно-Чукотского сектора Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП). В современном эрозионном срезе на рассматриваемой территории обнажаются породы двух структурных ярусов: нижнего и верхнего (рис. 4).

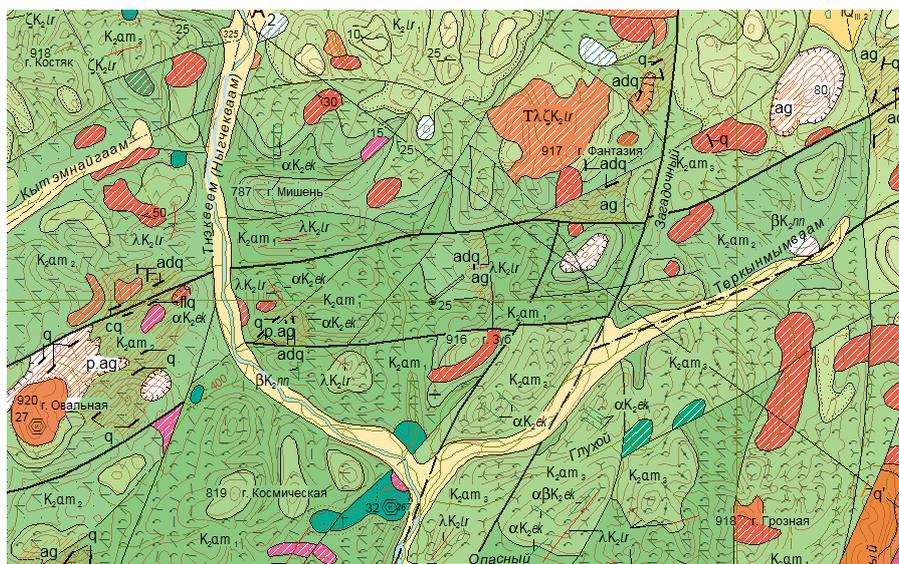


Рис. 3. Фрагмент геологической карты [24]



Рис. 4. Тектоническая схема [24]

Нижний структурный ярус (фундамент ОЧВП) обнажается в разрозненных тектонических блоках, сложен песчаниково-алевролитовой молассовой формацией, представленной ольховской свитой нижнего–среднего альба нижнего мела. Верхний структурный ярус (вулканогенный чехол ОЧВП) развит на всей территории. Он сложен фациально изменчивой толщей покровных вулканитов мелового возраста. Главными разрывными нарушениями, проявленными на территории Кремовой площади являются Канчаланская и Тнэквеемская зоны разломов.

В металлогеническом отношении Кремовая перспективная площадь расположена в Канчалано-Амгуэмской металлогенической зоне Охотско-Чукотского металлогенического пояса. Полезные ископаемые (Au, Ag, Pb, Zn) района образовались в течение мелового минерагенического этапа, совпадающего с этапом формирования ОЧВП. Наиболее характерным для Канчалано-Амгуэмской металлогенической зоны является оруденение золото-

серебряной формации. В 10-ти километрах западнее Кремовой перспективной площади находится эксплуатируемое золото-серебряное месторождение Валунистое.

Выделяется несколько рудопроявлений. Рудоконтролирующее значение магматического фактора проявляется в том, что золото-серебряное оруденение и сопровождающие его метасоматиты парагенетически связаны с субвулканическими, экструзивными, жерловыми образованиями леурваамского и амгеньского вулканических комплексов. Проявления серебра и золота гидротермального вулканогенного генетического типа золото-серебряной формации тяготеют к этим образованиям или локализованы непосредственно в них. По комплексу поисковых предпосылок и признаков, выявленных предшествующими работами, Кремовая площадь перспективна выявление рудных объектов золото-серебряной формации. Ожидаемый геолого-промышленный тип месторождений – золото-адуляр-кварцевый [1, 20-23].

Методика и результаты дешифрирования и аэрокосмогеологического анализа на Кремовой площади

Аэрокосмогеологический анализ на Кремовой площади проводился по методикам, изложенных в работах [2-17, 21].

С целью изучения тектонического фактора, контролирующего золотоносность, выделения тектонических линеаментов и кольцевых структур на территории Кремовой площади использовались космические снимки (КС) сервиса Here.com и цифровые модели рельефа (ЦМР), загруженные при помощи сервиса SAS.Planet. Дешифрирование по разным материалам позволяет более точно выделять линеаменты, так как на КС удобно выделять линеаменты по зонам лучшего развития или угнетения растительности, а некоторые линеаменты, наоборот, из-за растительности, облачности и других факторов легче дешифрируются по ЦМР.

Последовательность работ включала:

- подготовка дистанционной основы;
- формирование массива исходных данных (для комплексного анализа);
- дешифрирование – выделение линеаментов и кольцевых структур;
- обработка данных дешифрирования;
- расчет и построение схем плотности линеаментов;
- выбор критериев золотоносности по данным АКГИ;
- выделение перспективных на золото детализационных зон.

Обработка, дешифрирование и анализ космоматериалов были выполнены при помощи программного обеспечения ESRI ArcGIS. Интерпретация полученных данных проводилась при помощи программного обеспечения ArcGIS и Adobe Photoshop с использованием материалов по геологическому строению района (рис. 5).

Дешифрирование проводилось в нескольких масштабах в соответствии со сложившимися стадиями АКГИ (обзорные, региональные, зональные, детальные) [6, 7, 10, 14].

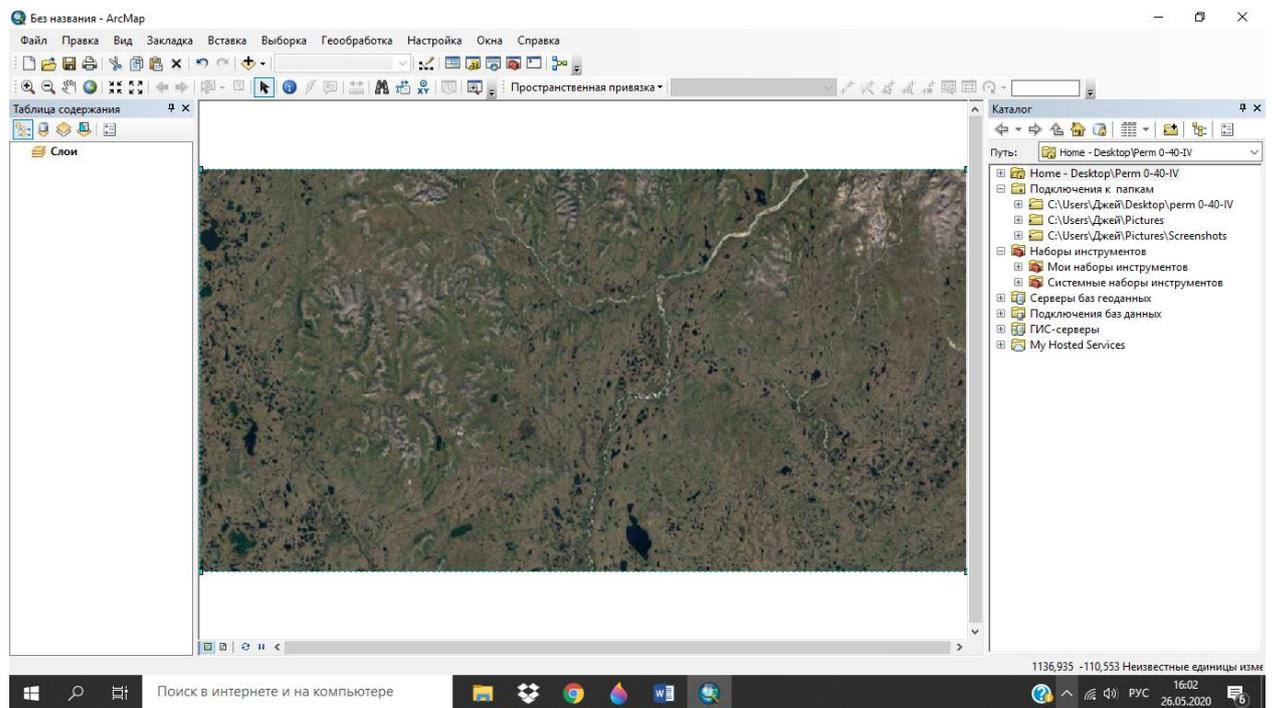


Рис. 5. Рабочая среда ArcMap

По результатам дешифрирования на территории Кремовой площади было выделено всего 428 тектонических линеаментов и 47 кольцевых структур (рис. 6, 7).



Рис. 6. Космоснимок с наложением линеаментов

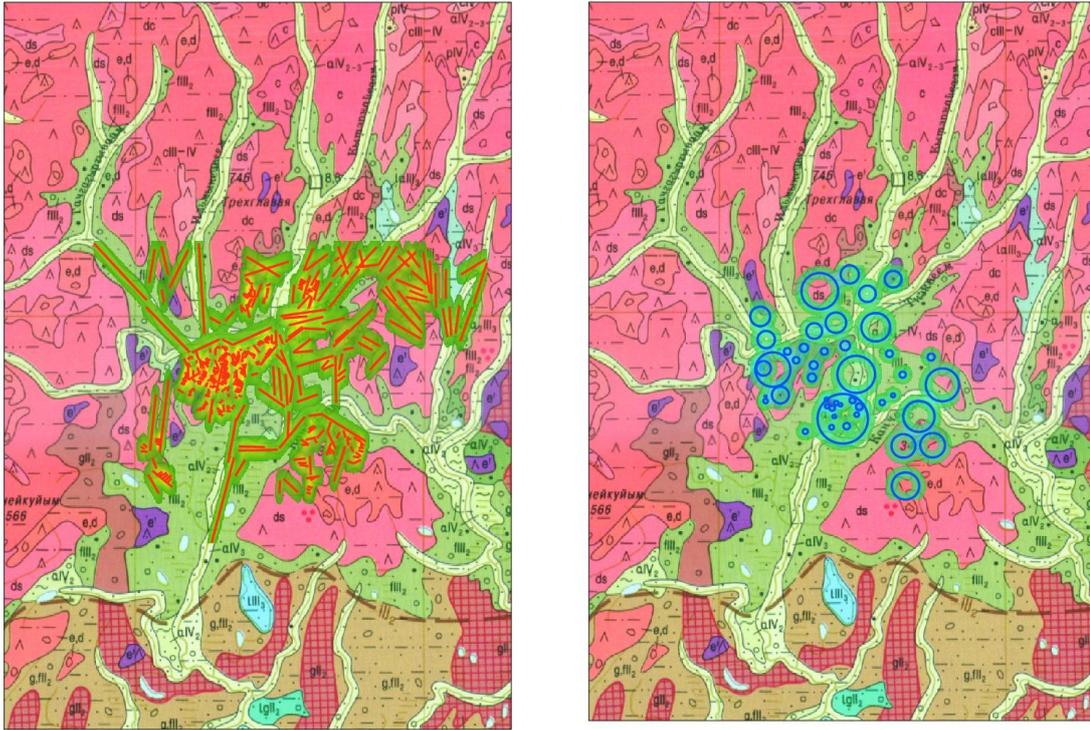


Рис. 7. Геологическая карта с наложением линеаментов и кольцевых структур

Линеаменты протяженностью от 2-5 до 50 км, преимущественно северо-западного и северо-восточного простирания. Кольцевые структуры прослеживаются по всей Кремовой площади. По периметрам кольцевых структур прослеживаются мелкие линеаменты, которые подтверждают их расположение.

По результатам обработки данных была построена карта плотности линеаментов (рис. 8), где выделены максимумы поля плотности линеаментов.

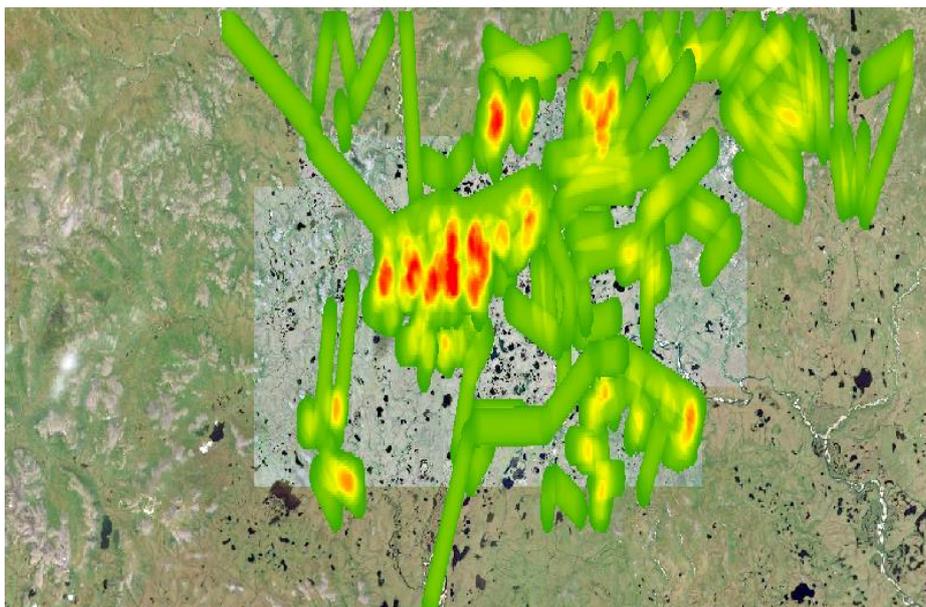


Рис. 8. Космоснимок с максимумами поля плотности линеаментов

Плотность линеаментов была рассчитана в программном обеспечении ArcGIS ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент Плотность линий (Line Density). Количество классов значений для корректного отображения было выбрано – 9. Выделенные максимумы (показаны красным цветом) являются перспективными участками для поиска месторождений золота.

Выделение зон, перспективных на поиски золота по материалам космической съемки

Участок выбран в основном по геолого-структурным признакам:

- наличие потенциально рудовмещающих пород.
- наличие антиклинальных структур, развитых в вышеназванных свитах.
- близость гранитного массива.

После совмещения данных литогеохимического опробования по потокам рассеяния и выполнения аэрогеофизических работ расположение участков предположительно имеющих высокую перспективность на поиски золота будет скорректировано в зависимости от полученных результатов.

Для доказательства эффективности применения космогеологических методов исследования для поисков месторождений золота было проведено дешифрирование территории северной части Кремовой площади. На карту, характеризующую результаты исследования, были нанесены месторождения россыпного золота, а также участки с максимальной плотностью линеаментов.

На карте видно, что месторождения расположены на участке с высокой плотностью линеаментов или очень близко к ним. Кроме того, месторождения золота на этом участке расположены рядом с крупными линеаментами, которые зачастую совпадают с границами тектонических структур. Из вышесказанного можно уверенно предположить, что имеется связь между выделенными линеаментами и месторождением, находящимися на данной площади.

Основываясь на результатах анализа и геологических признаках было решено выбрать следующие критерии:

- высокая плотность линеаментов, указывающая на зоны повышенной трещиноватости, к которым может быть приурочено золотое оруденение;
- узлы тектонической напряжённости (участки пересечения крупных линеаментов), являющиеся зонами высокой проницаемости;
- кольцевые структуры, указывающие на возможную рудоконцентрирующую зону.

Критерии были сопоставлены между собой и нанесены на карту. В результате были выделены зоны совпадения нескольких критериев. Эти зоны являются перспективными для поисков месторождений золота.

Заключение

По результатам проведенного аэрокосмогеологического анализа на Кремовой площади можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно определить участки, перспективные на поиски золота. Поэтому опережающее использование аэрокосмических методов в общем комплексе прогнозных и поисковых работ даёт возможность сократить

как временные, так и материальные затраты.

В дальнейшем на Кремовой площади необходимо проведение детального (масштаб 1:25 000 и 1:10 000) дешифрирования космоснимков и их анализ с данными детальной геохимической съемки.

Библиографический список

1. Казинский В.А. Отчет о поисках в пределах восточного фланга Канчаланской рудной зоны за 1992-1995 годы. (Тнэквеемский отряд). НПП «Геопоиск». п.Эгвекино, 1996.
2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Пермского Приуралья на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2010. № 10. С. 14-18.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С.148-158.
6. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
7. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований №7-2. 2016. С. 241-246.
9. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
10. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
11. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.
12. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
13. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.
14. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 95-100.
15. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 77-84.

16. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. *Золото-алмазная колыбель России*. Пермь, 2015. 131 с.
17. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. *Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 145-158.
18. Корчуганова Н.И. *Аэрокосмические методы в геологии*. М.: Геокарт; ГЕОС, 2006. 244 с.
19. Корчуганова Н.И., Корсаков А.К. *Дистанционные методы геологического картирования*. М.: КДУ, 2009. 288 с.
20. Куканов А.В. *Отчет о региональной групповой геологической съемке масштаба 1:50 000 в верховьях р. Тнэквеема. Листы Q-60-57-А,Б,В,Г; Q-60-58-А,Б; Q-60-69-А,Б,В,Г. (Тэркэнейвеемский отряд, 1976-1980 гг.). Восточно-Чукотская комплексная экспедиция. СЕВВОСТГЕОЛОГИЯ, п.Эгвекино, 1981.*
21. Ликотов Е.Ю., Копылов И.С. *Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. 2013. № 4. С. 125-133.
22. Павлов А.А. *Отчет о групповой геологической съемке и геологическом доизучении масштаба 1:50 000 с общими поисками на площади листов Q-60-55-Г; 56-Б,В,Г за 1988-1992 гг. (Короткая партия). ФГУГП «Георегион». Анадырь, 1995.*
23. Романов Н.И. *Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:200 000 на площади листов Q-60-ХV, ХVI (Верхне-Канчаланская ГСП) за 1998-2000 гг. ФГУГП «Георегион». Анадырь, 2002.*
24. <http://geo.mfvsegei.ru/200k/q-60/q-60-17,18/index.html>.

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО,
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО И АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО
КАРТИРОВАНИЯ МАСШТАБА 1:200 000 НА КРАСНОКАМСКОЙ
ПЛОЩАДИ (ЛИСТЫ О-40-XIV, О-40-XX)**

Рассмотрены геологические и гидрогеологические условия и изученность территории листов О-40-XIV, О-40-XX и сделано обоснование о необходимости постановки на них геологической съемки (ГС-200, лист О-40-XIV), геологического доизучения (ГДП-200, лист О-40-XX) в комплексе с гидрогеологическим доизучением, геоэкологическим картированием и исследованиями (ГЭИК) масштаба 1:200 000 с крупномасштабными аэрокосмогеологическими исследованиями. Проведено структурно-геологическое дешифрирование выполнено на современных цифровых спектрзональных космоснимках высокого разрешения, с применением компьютерных технологий. Выделено более 3 тыс. неотектонических линеаментов, геоактивные зоны, перспективные для поисков полезных ископаемых, в том числе – подземных вод.

Ключевые слова: геологическое и гидрогеологическое картирование, поиски полезных ископаемых, аэрокосмические методы, линеаменты, водообильные зоны, Пермь, Приуралье

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**SUBSTANTIATION OF GEOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL,
GEOECOLOGICAL AND AEROCOSMOGEOLOGICAL MAPPING OF 1:
200,000 SCALE ON KRASNOKAMSKAYA AREA
(SHEETS O-40-XIV, O-40-XX)**

The geological and hydrogeological conditions and the study of the territory of sheets O-40-XIV, O-40-XX are considered and a justification is made about the need to set up geological surveys on them (sheet O-40-XIV), geological additional study (sheet O-40-XX) in combination with additional hydrogeological study, geoecological mapping and research at a scale of 1: 200,000 with large-scale aerospace geological studies. Structural-geological interpretation was carried out on modern high-resolution digital spectrozonal satellite images, using computer technologies. More than 3 thousand neotectonic lineaments, geoactive zones, promising for the search for minerals, including groundwater, have been identified.

Key words: geological and hydrogeological mapping, prospecting for minerals, aerospace methods, lineaments, water-abundant zones, Perm, Urals

Введение

На территории Пермского края имеется единственная площадь, не охваченная государственной геологической съемкой масштаба 1:200 000, (листы О-40-XIV и О-40-XX) не смотря на высокие перспективы обнаружения

здесь многих видов полезных ископаемых, в т.ч. – подземных вод, в которых испытывает острый дефицит краевая столица – Пермь. В условиях недостаточного финансирования региональных геологических работ целесообразно проводить эти исследования комплексно вместе с геоэкологическим картографированием, чрезвычайно актуальным для этой территории и что особенно важно – с крупномасштабными аэрокосмогеологическими исследованиями, способными более надежно, оперативно и с меньшими финансовыми затратами выполнять геологические задачи.

Таким образом предлагается постановки геологической съемки (ГС-200, лист О-40-ХІV), геологического доизучения (ГДП-200, лист О-40-ХХ) в комплексе с гидрогеологическим доизучением, геоэкологическим картированием и исследованиями (ГЭИК) масштаба 1:200 000 и с крупномасштабными аэрокосмогеологическими исследованиями (Краснокамская площадь).

Природная и геологическая характеристика

Рассматриваемая Краснокамская площадь располагается в центрально-западной части Пермского края, охватывая бассейн среднего течения р.Камы, бассейн р. Обвы, северную часть Воткинского водохранилища. В административном отношении территория находится в пределах Ильинского, Карагайского, Нытвинского, Верещагинского, Пермского, Очерского, Оханского, Частинского, Осинского, Кунгурского районов и городов краевого подчинения Перми и Краснокамска Общая площадь 8762 км² (рис. 1).

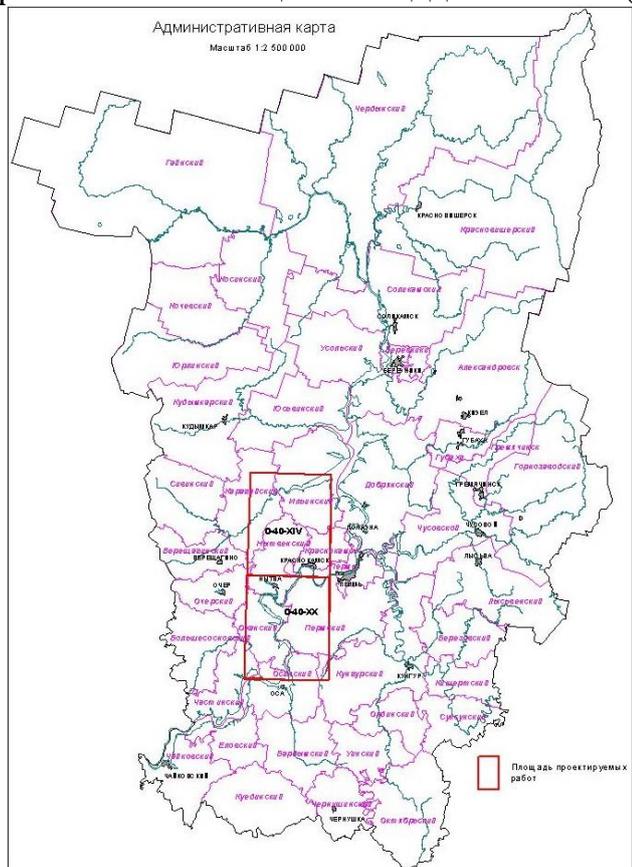


Рис. 1. Обзорная схема

Развитыми промышленными районами является территория, подчиненная администрации гг. Перми и Краснокамска (7% территории). Большую часть территории занимают сельскохозяйственные районы с значительными участками лесных массивов.

В геологическом отношении территория расположена в восточной части Восточно-Европейской платформы. Большую часть территории занимают Пермский свод (центральная и южная часть) и Висимская впадина (северная часть), ограниченно в южной части Верхнекамская и Бымско-Кунгурская впадины. На поверхность выходят красноцветные и пестроцветные отложения уржумского, казанского и уфимского ярусов, представленных преимущественно глинами, алевролитами, песчаниками с прослоями конгломератов, мергелей и известняков [26]. Породы шешминского горизонта уфимского яруса свиты слабо загипсованы (рис. 2).

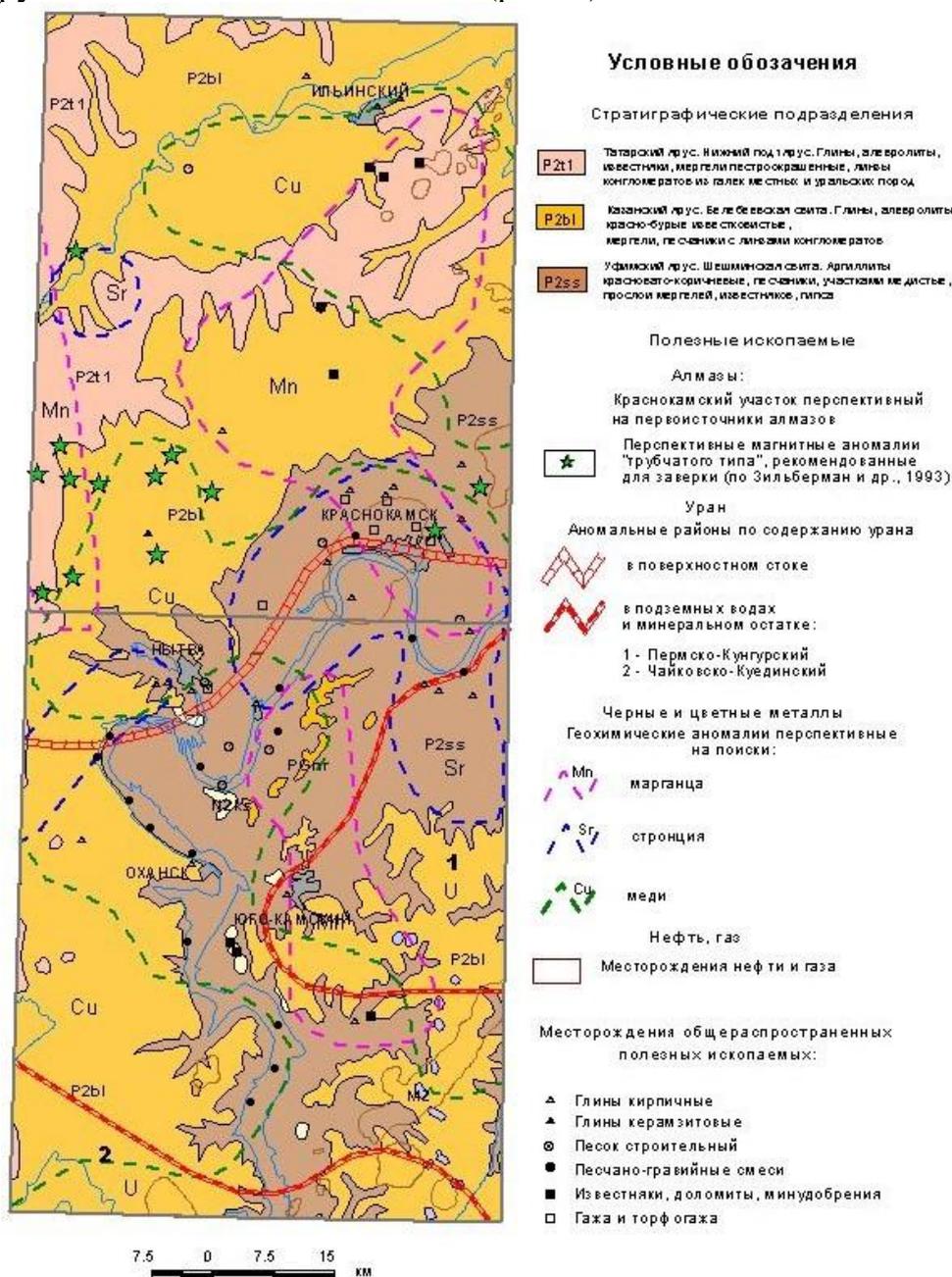


Рис. 2. Геологическая карта с полезными ископаемыми

Геологическая изученность района

По геолого-съемочным исследованиям рассматриваемая территория является неравномерно изученной. Кондиционной геологической съемки не проводилось. Геологические и структурные съемки (масштабов 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000) выполнялись организациями нефтяного профиля (в основном Геолого-поисковой конторой «Пермнефть») более 60 лет назад – в тридцатые, сороковые и в начале пятидесятых годов XX века. Значительная часть территории охвачена глубоким (пробурено около 350 глубоких скважин) и структурным (пробурено 1098 структурных скважин), бурением и региональными геофизическими исследованиями и фрагментарно – глубоким нефтеразведочным бурением.

Полезные ископаемые

Рассматриваемая территория является перспективной на различные полезные ископаемые (рис. 2).

Вся она является высокоперспективной по нефтегазоносности (установлено 11 месторождений нефти и газа, из них 9 – в разработке). Имеются месторождения строительных материалов и торфов. Месторождения подземных вод (с утвержденными запасами и водоотбором более 5 тыс. м³/сут) установлены в районе г. Краснокамска.

По структурно-тектонической обстановке территория перспективна на выявление первоисточников алмазов – в центральной части выделен Краснокамский участок (Зильберман, 1993ф), перспективный на поиски первоисточников алмазов [19, 31].

Рассматриваемая территория перспективна на уран. Согласно схемы ураноносности чехла Русской платформы (Г.В. Грушевой и др., 1999) рассматриваемая территория работ расположена в центральной части Вятско-Камской перспективной на уран области. По данным гидролитогеохимической съемки масштаба 1:1 000 000 (Чувиллин и др., 1995ф) и гидрогеологическим съемкам масштаба 1:200 000 на территории выделены аномалии урана в подземных водах. В центрально-западной части выделен Пермско-Кунгурский, а в южной части – Чайковско-Куединский аномальные районы по содержанию урана в подземных водах и минеральном остатке, а также в поверхностном стоке. Ведущим и наиболее изученным является урановое оруденение «руслового типа», локализующееся в верхней части разреза верхнепермской континентальной пестроцветной формации [29].

По данным геохимических съемок масштаба 1:500 000-1:1 000 000 (ГП «Зеленогорскгеология», ИМГРЭ, ФГУП «Геокарта-Пермь»: Вострокнутов, Демидов, Гапонцев, 2001ф; Копылов, 2004ф) на территории выделен ряд геохимических аномалий – перспективных на поиски урана, марганца, стронция, серебра, никеля, кобальта, титана, ртути, ванадия и других элементов [3, 7, 10, 15, 22-25].

Важнейшую роль при решении поисковых задач принадлежит линеаментно-блоковой тектонике. Во многих регионах, в том числе и

Пермском Приуралье и Урале, установлено, что разломная тектоника является определяющим фактором в размещении, зон нефте- и газонакопления и оказывает большое влияние на формирование месторождений рудных полезных ископаемых. Многие геохимические аномалии сконцентрированы в узлах пересечения разломов, установленных геолого-геофизическими методами; региональных линейментов, отраженных на карты неотектонических блоковых структур масштаба 1:500 000 (рис. 3) [4, 5, 21, 26].

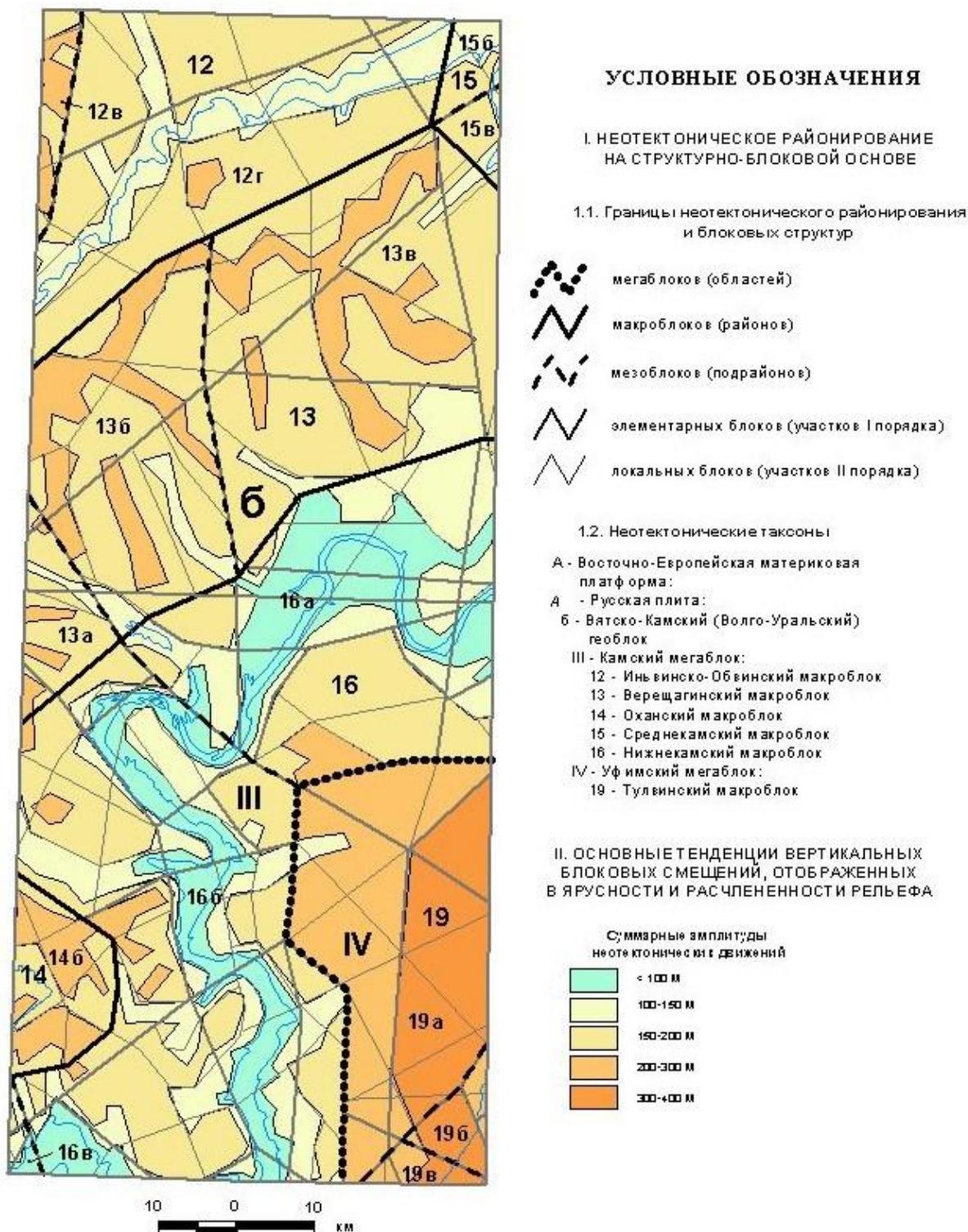


Рис. 3. Карта неотектонических блоковых структур

Региональные и зональные линеаменты, как правило, контролируют элементы тектонического строения территории. Наиболее тектонически ослабленными являются участки на границах неотектонических блоковых структур, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение линеаментов и мегатрещин, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и в целом повышенная неотектоническая активность и водоносность [2, 6, 9, 26].

Поэтому, в комплексе методов ГС-200 и ГДП-200 наряду с поисковыми работами будут применяться современные методы аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) крупного масштаба для выявления рудоконтролирующих разломов.

Гидрогеологические и геоэкологические условия

По гидрогеологической изученности вся территория покрыта гидрогеологической съемкой масштаба 1:500 000 (60-летней давности) и масштаба 1:200 000 (50-летней давности – Мошковский и др., 1970; Заякин и др., 1974). Поэтому вся рассматриваемая территория требует получения новой гидрогеологической информации – гидрогеологического доизучения. Актуальным является проведение гидрогеологического доизучения (на основе новой гидрогеологической легенды) с геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 с построением карт нового поколения на основе ГИС-технологий. Комплексование их с ГС-200 и ГДП-200 повысит эффективность и результативность всех видов работ.

В гидрогеологическом отношении район расположен в пределах восточной окраины Восточно-Русского бассейна на стыке с Предуральским бассейном, характеризуется сложными гидрогеологическими и гидрогеоэкологическими условиями. Подземные воды локализованы в водоносных комплексах терригенных и карбонатно-терригенных отложений уржумского, казанского, уфимского ярусов [14, 16-18, 20] (рис. 4).

Степень защищенности подземных вод в основном слабая и средняя. По экологическому состоянию природно-геологической среды (по данным геоэкологического картографирования масштаба 1:500 000, (Копылов и др., 2000ф) большая часть территории (>70%) характеризуется неблагоприятными условиями. В районе Пермско-Краснокамского промузла (5 % территории) экологическое состояние весьма неблагоприятное (категория экологического бедствия).

Все крупные населенные пункты района испытывают острый дефицит в воде питьевого качества. Вблизи крупнейшего мегаполиса Западного Урала – г. Перми (который на восточной границе в центральной части рассматриваемой площади) отсутствуют гидрогеологические предпосылки для выявления запасов пресных подземных вод в необходимом количестве. Пресные подземные воды распространены в окрестностях г. Перми локально, в разрезе терригенных и карбонатно-терригенных отложений соликамского и шешминского горизонтов, на глубине 40-50 м.

Создание системы водоснабжения для чрезвычайных (аварийных) ситуаций является исключительно актуальной задачей.

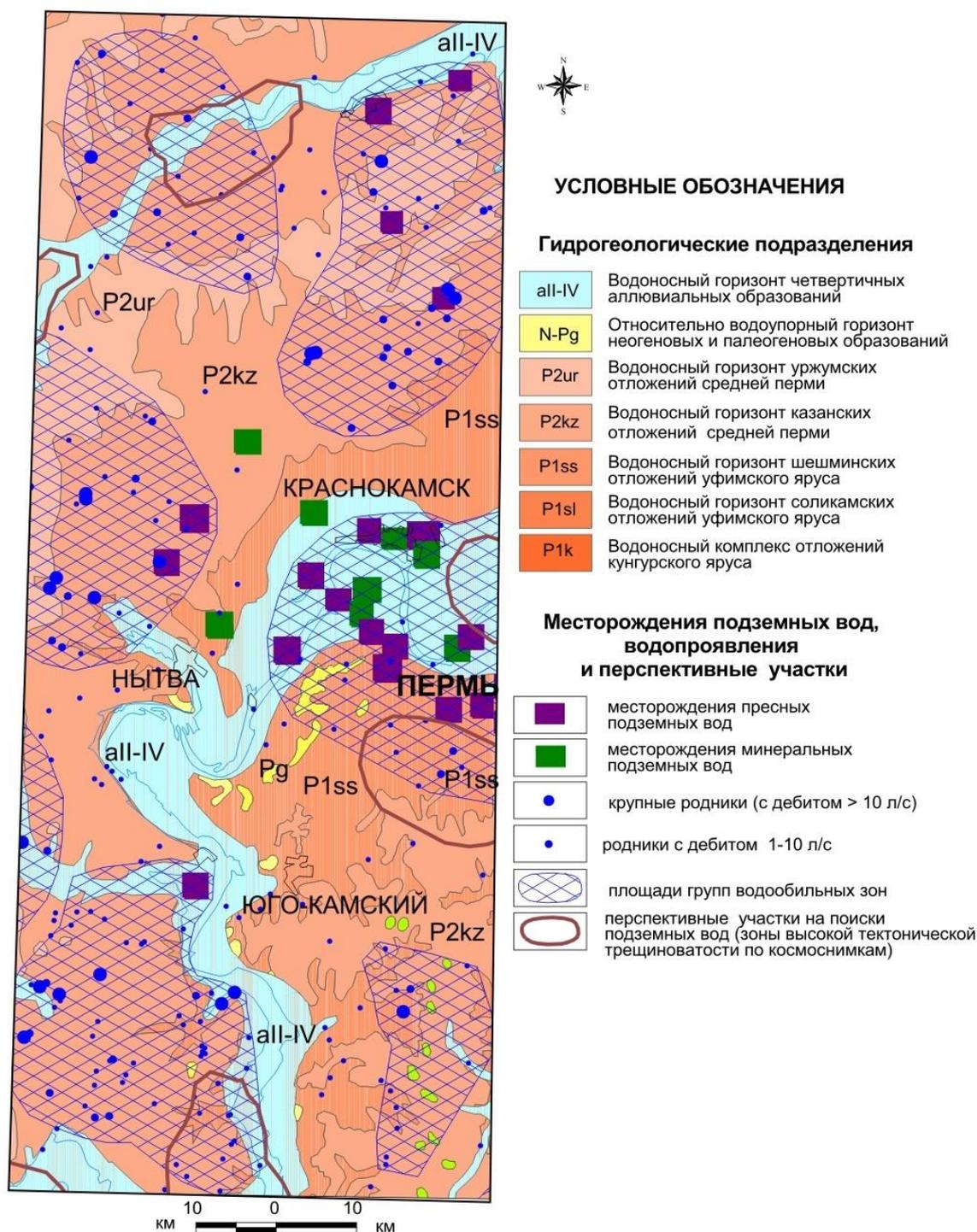


Рис. 4. Гидрогеологическая карта и водообильные зоны [18]

В единственном в районе крупном (с утвержденными запасами и водоотбором более 5 тыс. м³/сут) эксплуатируемом месторождении («Конец-Бор» и «Сюзьвинский» действующие, как один) отмечено загрязнение. Повышенное содержание железа на Сюзьвинском водозаборе отмечается уже более 20 лет и связано, очевидно, с подтягиванием вод с заболоченных участков. Интенсивность загрязнения нитратами и аммиака на водозаборе Конец-Бор связано, очевидно, с вносимыми удобрениями. Аварии на нефтепроводах практически полностью нарушили систему водоснабжения

крупного пос. Юго-Камский.

Перспективы на обнаружение новых месторождений подземных вод имеются на всей территории, особенно в западной части площади, и к северу от г. Краснокамска, где отмечены водообильные участки в терригенных и карбонатно-терригенных отложениях белебеевского и шешминского водоносных комплексов [18].

Закартировано (по данным предшествующей гидрогеологической съемки и маршрутных исследований различных тематических работ) более 10 участков, размером 5х2 км, и 4 участка размером 20-25 х 5-10 км), требующих доизучения. Все крупные водообильные участки (с родниками 10-50 л/с, пресного, гидрокарбонатного состава) приурочены к трещинным зонам и особенно сконцентрированы в узлах пересечения неотектонических активных разломов (выделенным по региональным и зональным АКГИ).

Основой для выделения геоактивных трещинных зон являлись материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и результаты дешифрирования космических снимков (масштаб 1:500 000-1:100 000). Структурно-геологическое дешифрирование выполнено на современных цифровых спектральнозональных космоснимках высокого разрешения, с применением компьютерных технологий. Технология компьютерного дешифрирования космоснимков и обработки данных реализована на базе программного обеспечения ESRI – ARC GIS (Arc View) и его модулей. Выделено более 3 тыс. прямолинейных линеаментов, различных таксономических рангов (региональных, зональных, локальных и коротких) [8, 11-13]. (рис. 5).

Поэтому при поисках месторождений подземных вод необходимо рассматривать структурно-тектонический фактор, как основной, контролирующей гидрогеологические условия и учитывать его при формировании методов поисков – т.е. необходимо наряду с традиционными методами гидрогеологического картирования проведение крупномасштабных АКГИ и структурно-гидрогеологического анализа рассматриваемой территории [17, 27, 28, 30].

Планируемые виды работ:

Исходя из вышеизложенного обоснования основными видами геологических исследований на рассматриваемой территории будут: проектирование, архивные исследования; маршрутные исследования (геологические и гидрогеологические); геохимические и минералогические исследования (шлиховое опробование, опробование донных осадков, геохимическое опробование коренных пород и почв, гидрогеохимическое опробование); геоэкологическое опробование и наблюдения; горные работы; бурение скважин (гидрогеологических и картировочных); геофизические исследования (электроразведка и магниторазведка); аэрокосмогеологические исследования, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) со специальными видами геодинимических анализов; гидрометрия; комплекс радиометрических наблюдений; опробование скважин и горных выработок; лабораторные работы; камеральные работы; компьютерное сопровождение работ.



Рис. 5. Линеаментное поле по региональным и зональным АКГИ

Заключение

В результате проведенных исследований д.б. выполнены главные целевые установки:

- подготовлены к изданию Госгеолкарты-200 (второе издание) [1] на листы О-40-XIV и О-40-XX для удовлетворения потребностей экономического

развития регионов и на обоснование всех видов полезных ископаемых: в первую очередь подземных вод (питьевых и минеральных), алмазов, нефти, урана, марганца, стронция, никеля, кобальта с подсчетом прогнозных ресурсов по категории R_3 , а также серебра в медистых песчаниках и самих медистых песчаников с комплексом попутных элементов, строительных материалов и агроруд;

- изучены (и картографированы) с созданием ГИС-баз данных [5, 29] региональные гидрогеологические, эколого-геологические и геодинамические условия территории для экологической и геологической безопасности с выявлением границ и объектов геологической среды, на которых целесообразна постановка ее мониторинга;

- создана современная аэрокосмогеологическая основа территории листов О-40-XIV и О-40-XX в ГИС-технологиях для решения экологических, экономических, геологических задач и пространственного развития региона.

Библиографический список

1. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (Роскомнедра). М., 1995. 244 с.
2. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника. 2008. № 6. С. 46-69.
3. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 335-339.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
6. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.
7. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145-149.
8. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing*, 2018. 210 с.
9. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
10. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2 (15). С. 16-34.
11. Копылов И.С. Методология аэрокосмогеологических и структурногеоморфологических исследований при поисках алмазов и ее применение на Среднем Урале // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 41-65.
12. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.
13. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
14. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.
15. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны

Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 1. С. 26-37.

16. Копылов И.С. Подземные воды западного склона Среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6-3. С. 460-464.

17. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 468-484.

18. Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 210-217.

19. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазности // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 109-110.

20. Копылов И.С. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. ГИС центр ПНИУ. Пермь, 2013. С. 34-40.

21. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 172-177.

22. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.

23. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47.

24. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 4 (17). С. 39-46.

25. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2.

26. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

27. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.

28. Ликутев Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.

29. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективы его поисков в Вятско-Камском Приуралье // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 74-79.

30. Садов А.В., Бурлешин М.И., Викторов А.С. Аэрокосмические методы поисков подземных вод. М.: Недра, 1985. 144 с.

31. Тихонов А.И., Копылов И.С. Изотопно-гидрогеохимический метод и перспективы его использования для поисков коренных месторождений алмазов на территории Пермской области // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н.Чирвинского. Пермь, 2004. Вып. 6. С. 187-192.

32. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 4 (25). С. 43-55.

В.А. Кузнецов, В.В. Попов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ЗОЛОТА В КРАСНОВИШЕРСКОМ РАЙОНЕ

Проведен краткий анализ золотоносности Красновишерского района. Выделены предполагаемые типы золотого оруденения. Обоснован методический подход поисков золота с применением аэрокосмических методов.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, поиски золота, типы золотого оруденения, Красновишерский район Пермского края.

V.A. Kuznetsov, V.V. Popov

Perm State University, Perm, Russia

ON THE PROSPECTS OF SEARCHING FOR GOLD IN THE KRASNOVISHERSK DISTRICT AND WITH THE USE OF AEROSPACE METHODS

A short analysis of gold mineralization in Krasnovishersk district. Prospective types of gold mineralization are highlighted. Methodical approach searching for gold with the use of aerospace methods is justified.

Keywords: aerospace methods, gold, types of gold mineralization, Krasnovishersk district of the Perm region.

Введение

Красновишерский район Пермского края располагается на западном склоне Северного Урала, в зоне сочленения крыла Верхнепечерского-Исовского антиклинория и восточного борта Кожимо-Вишерской зоны складчатого палеозоя. Большая часть района сложена слабо метаморфизованными терригенно-карбонатными толщами нижнего палеозоя [18, 24]. В стратиграфическом разрезе района крупнейшим предордовикским перерывом отчетливо выделяется два основных этапа – доордовикский и ордовикско-нижнедевонский, отвечающий двум геоструктурным ярусам.

Предполагаемые типы золотого оруденения

На территории Красновишерского района в результате проведения геологосъемочных и поисковых работ выделены следующие формации и типы золотого оруденения [24].

1). Золото – сульфидная – кварцевая формация:

- золото – пирито – кварцевый тип,
- золото – полиметаллический – кварцевый тип,
- золото – халькопирито – кварцевый тип.

2) Золото – железорудная формация:

- золото – гематито – магнетитовый тип,
- золото – кварцево – пиритовый тип.

Из 117 известных золотопроявлений три классифицируются как месторождения:

- Чувальская золотокварцевая жила, Нижне- и Верхне Чувальские железорудные месторождения. Все они являются непромышленными: Чувальская жила из-за малых запасов, а железорудные месторождения – из-за низкого содержания золота.

12 золотопроявлений оценены как рудопроявления. К ним отнесены пункты с повышенным ($\geq 1,0$ г/т) содержанием золота с повышенной полисульфидной минерализацией (Аблизин, 1971ф, Леготкин, 1973ф).

По времени формирования золотого оруденения можно выделить три этапа:

I. Образование золотопроявлений золото – железорудной формации – слабозолотоносных гематито – магнетитовых руд и кварцевых метасоматитов Чувальских месторождений.

II. Формирование проявлений золото – пирито – кварцевого и золото – халькопирито – кварцевого типа синхронно с образованием Курыксарского надвига.

III. Формирование проявлений золото – полиметаллическо – кварцевого типа: кварцевых жил с умеренной посульфидной минерализацией и в отдельных случаях с промышленным содержанием золота.

Приведенная схема отражает, причем в общих чертах только последовательность формирования золотого оруденения, общая картина рудообразующего процесса намного сложнее [24].

По мнению А.Г. Попова в бассейне Вишеры известны 2 промышленных типа проявлений: жильный и минерализованных зон. Рудные формации: золото-кварцевая, золото-кварц-сульфидная, золото-серебрянная (золото-вольфрамит-серебрянная). Известно золото в медном, медно-никелевом и полиметаллических проявлениях. Жильный тип по вмещающим породам представлен жилами силура и ордовик-протерозоя. Второй тип минерализованных зон – метасомматитовый, представлен аргиллизитами и альбититами [25].

Золотоносные россыпи

На территории Красновишерского района золотоносные россыпи установлены в долинах рек Вишера и Велс.

Россыпь р. Вишера известна с 1899 г. Благоприятная геолого-геоморфологическая обстановка давала основания для оценки участка весьма перспективными на россыпное золото. Золото мелкое (0,1 – 0,3, редко до 0,5 –

1,0 мм), окатанное, рассеянное по всей толще аллювия в количестве до 50 – 100 мг/м³, в единичных пробах до 447 мг/м³. Максимальное содержание золота составило до 51 мг/м³ на мощность 11,4 м.

Выполненные работы в долине р. Вишера недостаточны для перспективной оценки на россыпное золото. Они позволяют сделать вывод об отсутствии крупной, протяженной и богатой россыпи, но вместе с тем допускается возможность выявления небольших разобщенных россыпей в наиболее переуглубленных участках долины р. Вишеры и нижних частях долин ее крупных притоков.

Более перспективными на золото представляются районы средней части и верховьев р. Велс и его притоков. Здесь в долине речек Заблудящей, Б.Мартайки, Поповского ключа и других известен ряд золотоносных россыпей, из которых добыто более 1,5 т металла. Промышленная золотоносность в долине р. Велс установлена ниже устья р. Посьмака и прослеживается на протяжении 6,8 км. Среднее содержание золота – 0,206 г/м³, максимальное – 8,5 г/м³. Распределение золота в россыпи неравномерно как по ширине, так и по мощности. Формы золотин – в основном таблитчатые, толстотаблитчатые, реже изометричные [28, 29].

Общие запасы по категориям С₁ составляют 2080,2 кг, отдельно по россыпям Средневелсвской – 1404,2 кг, Посьманской 469,1 кг и Мартайской 206,9 кг, забалансовые запасы категории С₁ – 40,5 кг, 77,1 кг, 12,2 кг + 2,8 кг (С₂) соответственно по вышеназванным россыпям [28, 29].

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что коренным источником золота в Красновишерском районе предположительно можно считать золото – сульфидно – кварцевую формацию. По наибольшему количеству проявлений золота выделяется золото – пирито – кварцевый тип, но промышленное значение имеет золото – полиметаллическо – кварцевый тип.

Перспективы аэрокосмических методов поисков золота

Изученные геологические условия золотоносности Красновишерского района свидетельствуют о том, что все коренные проявления и россыпи золота контролируются различными тектоническими нарушениями. Исходя из анализа мирового опыта поисков золота разных типов, установлено, что одним из передовых методов поисков являются аэрокосмические методы.

Методологией исследований и картирования зон тектонической трещиноватости является линеаментно-геодинамический анализ, методика, его, и примеры его проведения при поисках золота на Урале и в других регионах – изложены в работах И.С. Копылова и др. [2-23]. В качестве основного метода исследования было выбрано структурное дешифрирование.

Известно, что месторождения рудного золота могут быть приурочены к телам, которые находятся в зонах тектонических нарушений, например, жилы. При дешифрировании космических снимков (КС) они представлены в виде линеаментов или кольцевых структур. Обычно под линеаментами понимают прямолинейные или слабо изогнутые природные объекты ландшафта чаще всего отображающие линейные неоднородности литосферы, а именно разломы

земной коры, флексуры в осадочном чехле, зоны резкого изменения геологических структур и др. [1]. Линеаменты могут отражать подводящие каналы различных флюидов и растворов, то есть служить прямыми индикаторами при прогнозе и поиске месторождений полезных ископаемых. Линеамент – это прямолинейный индикатор тектонических нарушений, проявленный на земной поверхности прямо (разрывами) или опосредованно геологическими и ландшафтными аномалиями. Как правило, зоны неотектонических линеаментов контролируют месторождения и проявления золота. На рис. 1 приведен фрагмент карты линеаментов Северного Урала и неотектонического контроля проявлений золота на Вишерской площади (по материалам И.С. Копылова и др.) [21].

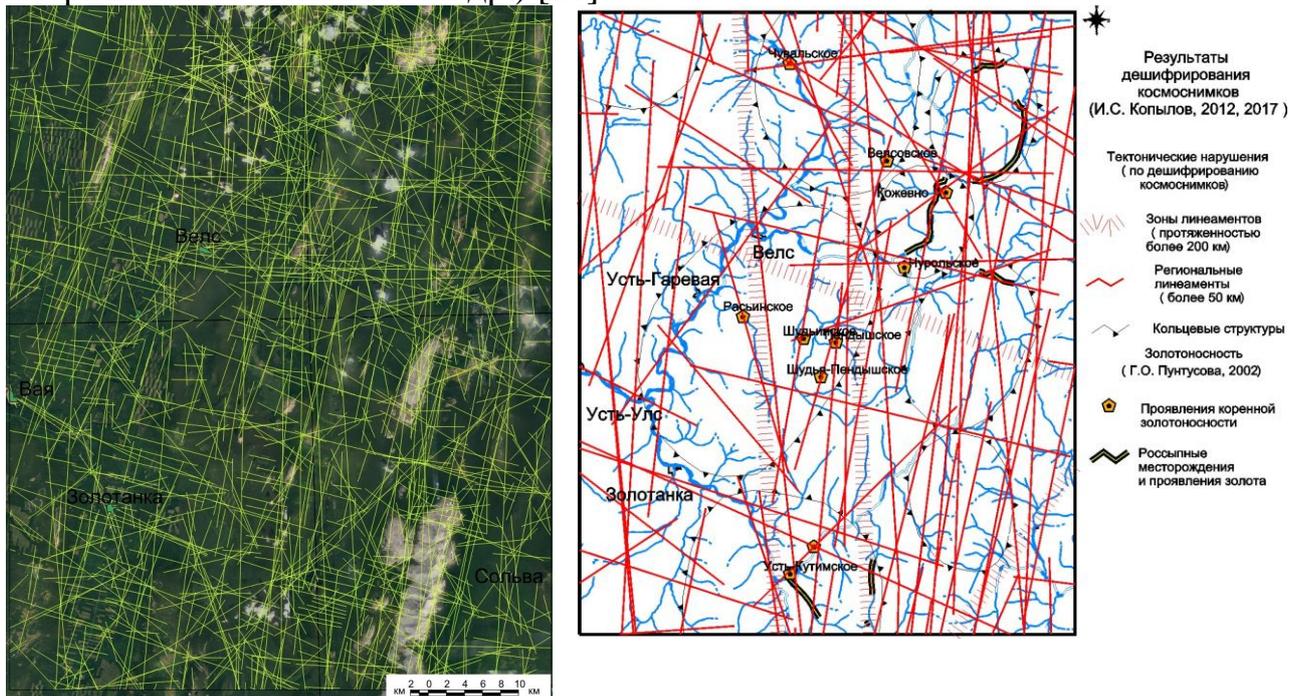


Рис. 1. Линеаментное поле на космоснимке и неотектонический контроль золотоносности зонами линеаментов [21]

Нами проведен линеаментный анализ космических снимков участка в долине р. Велс [26, 27]. Для создания карты использовался инструмент «Плотность линий» модуля Spatial Analyst программы ArcGIS Arc Map. Было задано количество классов значений плотности равное 5.

В результате на одном из участков золотоносных россыпей (р. Велс) было выделено 40 линеаментов двух рангов. 10 линеаментов зонального ранга протяженностью от 25 до 100 км и 30 линеаментов локального ранга протяженностью от 10 до 25 км (рис. 2).

Выделенные максимумы плотности поля линеаментов – это зоны перспективные на поиски месторождений золота по результатам количественного анализа.

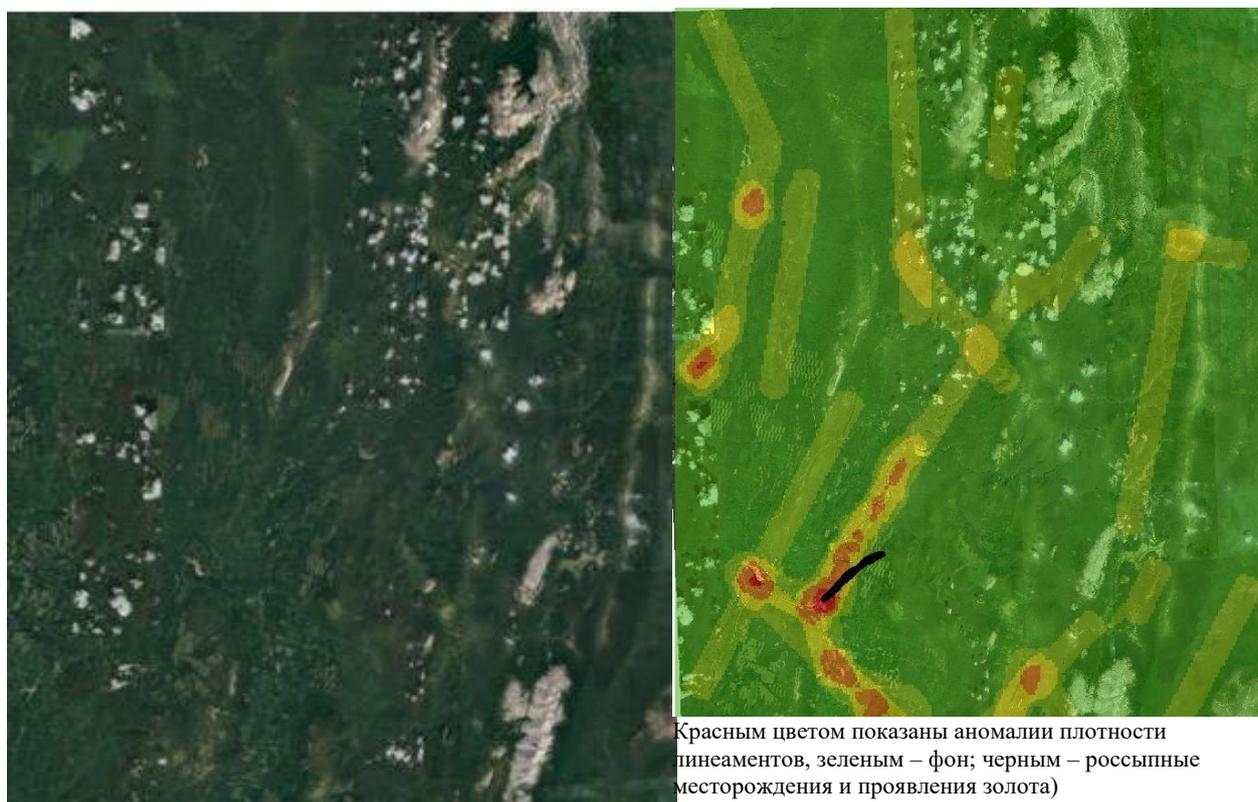


Рис. 2. Фрагмент карты плотности тектонических линеаментов
(по В.А. Кузнецову)

По материалам геолого-поисковых [24, 28, 29] и геохимических исследований [5, 13, 14] установлено, что в выделенных зонах присутствуют геохимические аномалии по золоту, а также Ag, Pb, Zn, Cu и др.

По результатам проведенного анализа в Красновишерском районе на основе дешифрирования КС можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно определять участки, перспективные на поиски золота. Поэтому опережающее использование аэрокосмических методов в общем комплексе прогнозных и поисковых работ даёт возможность сократить как временные, так и материальные затраты.

Библиографический список

1. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 140 с.
2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
3. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.
5. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
6. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в

- черносланцевых толщах // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С.148-158.
7. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа*. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
8. Копылов И.С. *Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала* // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. № 3. С. 18-32.
9. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья* // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
10. Копылов И. С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография*. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
11. Копылов И.С. *Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук*. Пермь, 2014. 48 с.
12. Копылов И.С. *Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований* // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2012. № 6. С. 341-351.
13. Копылов И.С. *Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья* // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 1. С. 26-37.
14. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ*. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
15. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах* // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
16. Копылов И.С., Бабеншиев В.М. *Поиски полиметаллов и золота на Приполярном Урале с применением аэрокосмических методов* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 159-166.
17. Копылов И.С., Козлов С.В. *Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон* // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
18. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края* // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
19. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. *Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования* // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.
20. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. *Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 95-100.
21. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. *Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 77-84.
22. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. *Золото-алмазная колыбель России*. Пермь, 2015. 131 с.
23. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. *Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI)* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 145-158.
24. Леготкин Б.Н., Макаров М.П., Негашев Л.И. *Отчет об оценочно-поисковых работах на коренное и россыпное золото в верховьях р. Вишеры*. Пермь, 1973.
25. Попов А.Г. *Золото бассейна р.Вишеры Северного Урала* // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 49-57.
26. Попов В.С. *Источники золота и перспективы комплексной добычи в Красновишерском районе* // *Геология в развивающемся мире*. Пермь, 2017. С.33-34.
27. Попов В.С., Кузнецов В.А. *О перспективах поисков золота в Красновишерском районе с применением аэрокосмических методов* // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2018. С. 351-355.
28. Суханов Л.П. *Отчет о поисково-оценочных работах на золото, проведенных Велсовской ГРП на участке в бассейне р. Велса*. Североуральск, 1988.
29. Шмит П.Б. *Отчет о геологоразведочных работах, проведенных Велсовской ГРП на Средневелсовской группе золотоносных россыпей (бассейн р. Велса)*. Североуральск, 1990.

Е.В. Лунегова, М.Н. Худякова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ РУДНОГО ЗОЛОТА НА АЯХТИНСАКОЙ ПЛОЩАДИ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

Проведены аэрокосмогеологические исследования при поисках рудного золота на примере Аяхтинской площади (Красноярский край). Проведено разномасштабное дешифрирование аэрокосмогеологических материалов аэро- и космических съемок. По дешифрированию космических снимков выделено 118 тектонических линеаментов, установлено 70 кольцевых структур и дугообразных линеаментов. Выделено 3 перспективных участка в пределах региональных кольцевых структур.

Ключевые слова: рудное золото, аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаменты, кольцевые структуры, Аяхтинская площадь.

E.V. Lunegova, M.N. Khudyakova

Perm State University, Perm, Russia

AEROCOSMOGEOLOGICAL RESEARCH IN SEARCHING FOR ORE GOLD IN AYAKHTINSKAYA AREA (KRASNOYARSKY KRAI)

Aerospace geological studies were carried out in the search for ore gold on the example of the Ayakhtinskaya area (Krasnoyarsk Territory). Various-scale interpretation of aerospace-geological materials from aerial and space surveys has been carried out. By interpreting space images, 118 tectonic lineaments were identified, 70 ring structures and arched lineaments were established. Three promising areas have been identified within the regional ring structures.

Key words: ore gold, aerospace geological research, interpretation, lineaments, ring structures, Ayakhtinskaya area.

Введение

Аэрокосмические методы исследования в геологии являются актуальными в современном мире, так как большинство площадей известных золоторудных районов довольно хорошо изучены. Поэтому есть необходимость выявления скрытых рудных объектов (глубоко залегающих и/или перекрытых рыхлыми отложениями). Значительные площади на территории Северо-Енисейского района по комплексу геологических критериев являются перспективными для обнаружения промышленных месторождений рудного золота [1, 2, 19].

Требуется переход на новые методы поиска месторождений золота, которые значительно сократят размер перспективных площадей при минимальных сроках и затратах средств.

В данной работе рассмотрены методология и применение аэрокосмогеологических исследований на Аяхтинской площади в Северо-Енисейском районе Красноярского края.

Цель исследований: уточнение геологического строения, геоморфологии и выявление наиболее вероятного расположения перспективных участков на золото на Аяхтинской площади на основе аэрокосмологических исследований.

Природные и геологические условия

Аяхтинская площадь расположена в Заангарской части Енисейского кряжа на территории Северо-Енисейского административного района Красноярского края в пределах листа О-46-ХІ. Местоположение показано на обзорной тектонической схеме Красноярского края (рис. 1).

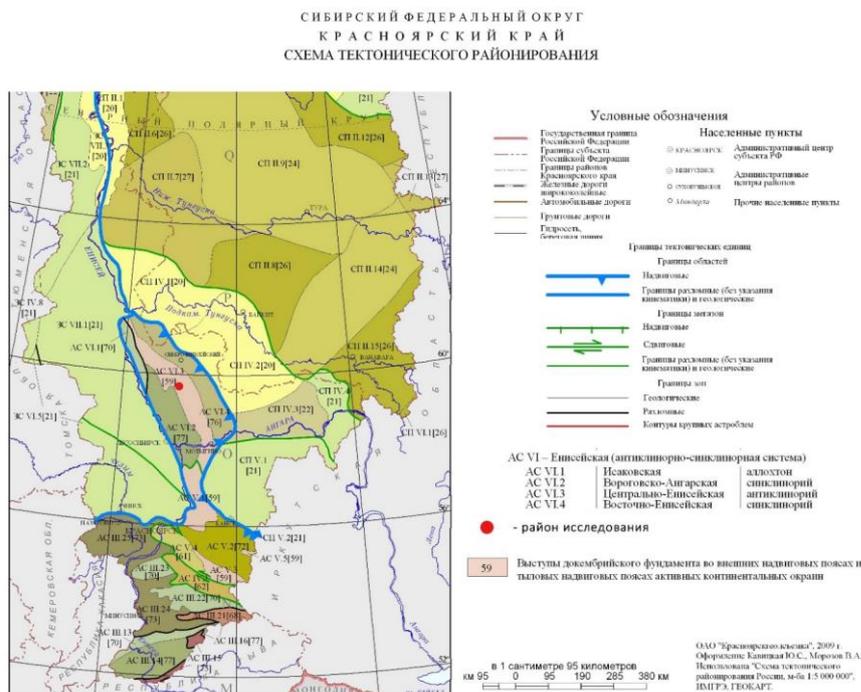


Рис. 1. Район исследований на схеме тектонического районирования Красноярского края [21]

В физико-географическом отношении площадь находится в пределах безымянного хребта – северного отрога Татарского хребта в водораздельной части рек Южная Кадра и Пенченга. Рельеф низкогорный, расчлененный. Абсолютные высоты водораздела от 400 до 650 м, а урезы воды речной сети - от 250 до 350 м. Формы рельефа мягкие, склоны пологие, перекрыты элювиально-делювиальным чехлом и залесены. Речная сеть состоит из мелководных рек – Южная Кадра, Аяхта, Унтугун и их притоков. Ближайшие крупные реки – р. Большой Пит и его приток – р. Пенченга. Район полностью затаежен хвойно-лиственными лесами с кустарниковым подлеском (рис. 2).

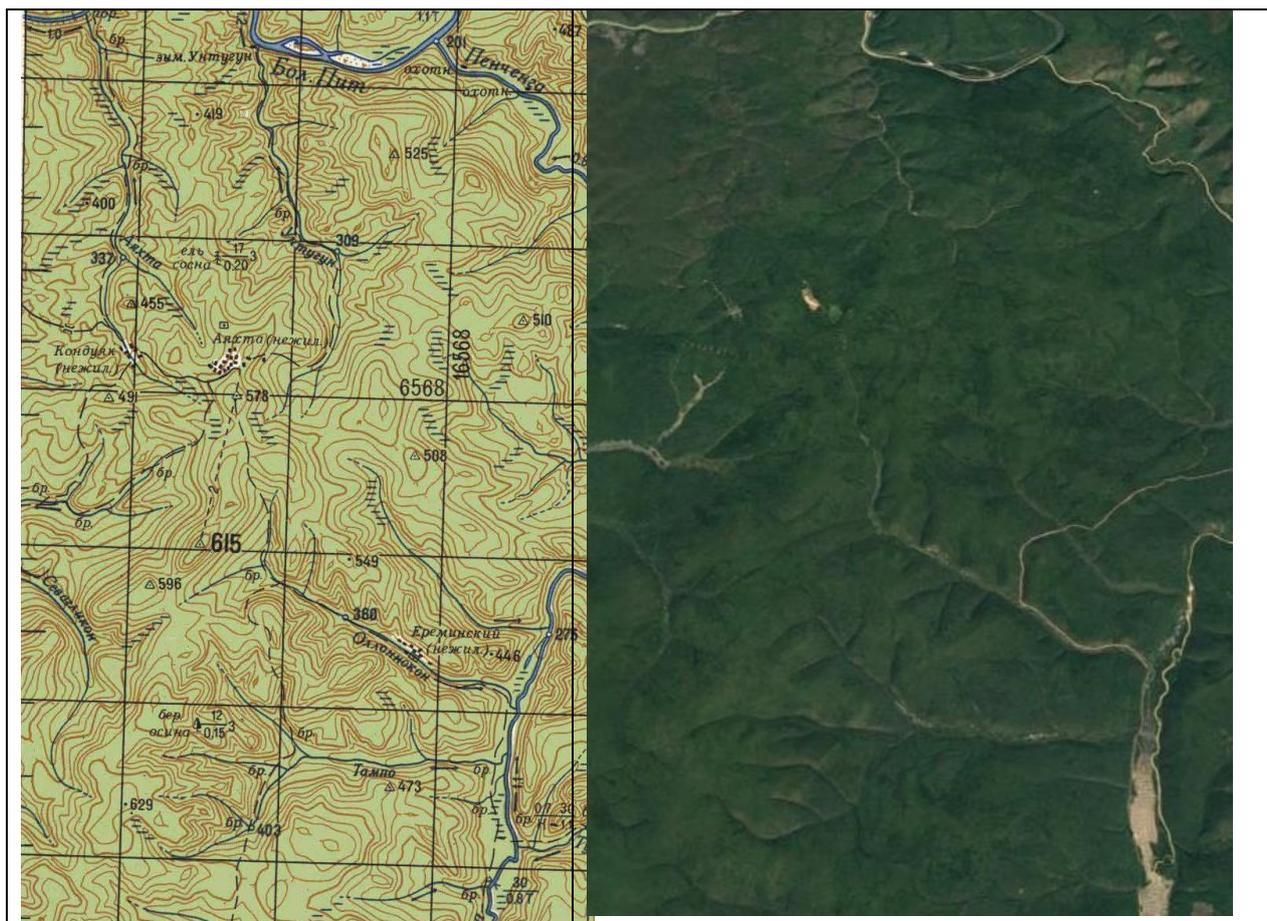


Рис. 2. Район исследований на топокарте (фрагмент листа О-46-ХІ, масштаб 1:200 000) и космоснимке (Landsat-8, 2016 г).

В тектоническом плане территория расположена в пределах Енисейского кряжа между Сибирской платформой и Западно-Сибирской плитой, в северо-восточной части Центрально-Енисейского антиклинория.

Район сложен нижнепротерозойскими и рифейскими формациями складчатого комплекса, осложненными разновозрастными интрузивными образованиями и перекрытыми современными рыхлыми отложениями. Древние породы претерпели региональный метаморфизм амфиболитовой и зеленосланцевой фаций и зональные динамотермальные преобразования и рассланцевание. В связи с рудными процессами интенсивно проявлены гидротермально-метасоматические изменения пород.

Отложения, распространенные на изучаемой площади, относятся к нижнерифейской эратеме и представлены Кординской свитой. Она состоит из углеродистых серицит-кварцевых и мусковит-биотит-кварцевых глиноземистых сланцев, а также серицит-кварцевых углеродистых с прослоями кварцевых метапесчаников и метаалевролитов [20] (рис. 3).

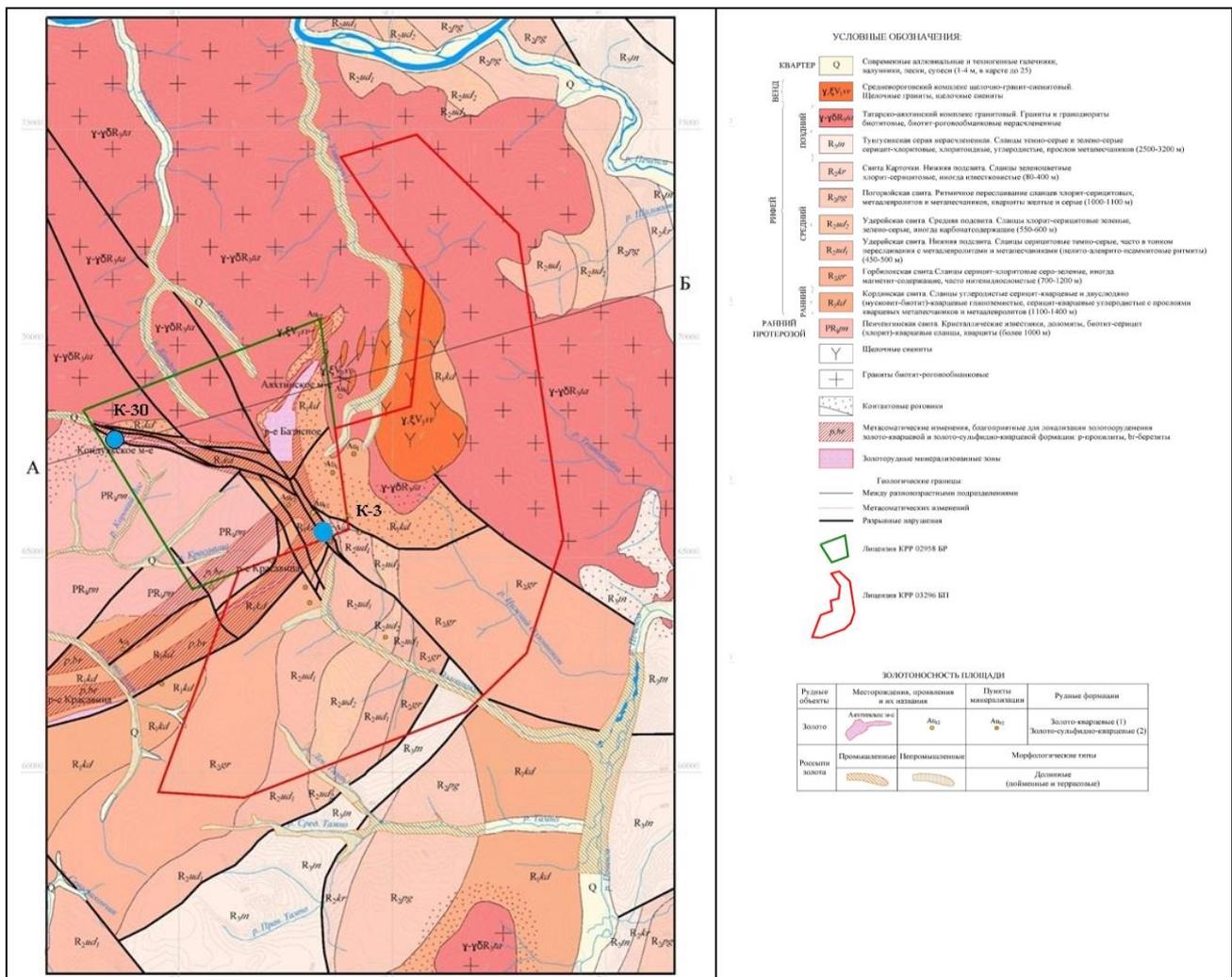


Рис. 3. Геологическая карта территории изучения (С.Р. Нифатова, 2020) [20]

Методика и результаты аэрокосмогеологических исследований

Методологический подход и методика аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) и геодинамической активности изложена в работах [3-18].

Основные геологические задачи:

- определение геологических и космогеологических критериев поисков золота,
- подбор дистанционной основы,
- проведение структурного дешифрирования - выявление сети прямолинейных и дугообразных линеаментов, контролирующих рудоносность,
- уточнение геологического строения и геоморфологических особенностей территории на основе дешифрирования космических снимков и их анализ,
- выявление потенциально перспективных объектов на поиски месторождений рудного золота и отображение их на картах.

Последовательность исследований

На начальном этапе исследования был выполнен геологический анализ района, определены геоморфологические особенности.

На втором этапе подбирались цифровые космоснимки и выполнялась географическая привязка. Космоснимки были получены из Google Earth, и SAS.Planet. Наиболее хорошее качество имели спутниковые снимки Landsat-8 (2016 г), масштабов 1:1 000 000, 1:200 000, 1:100 000, (рис. 4, 5, 6).

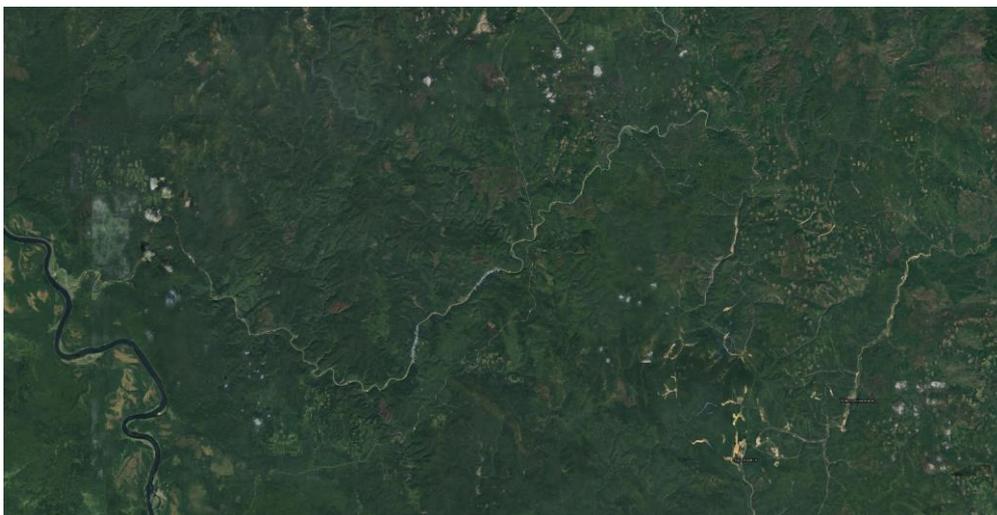


Рис. 4. Космоснимок района Landsat-8 (2016 г). Масштаб 1:1 000 000

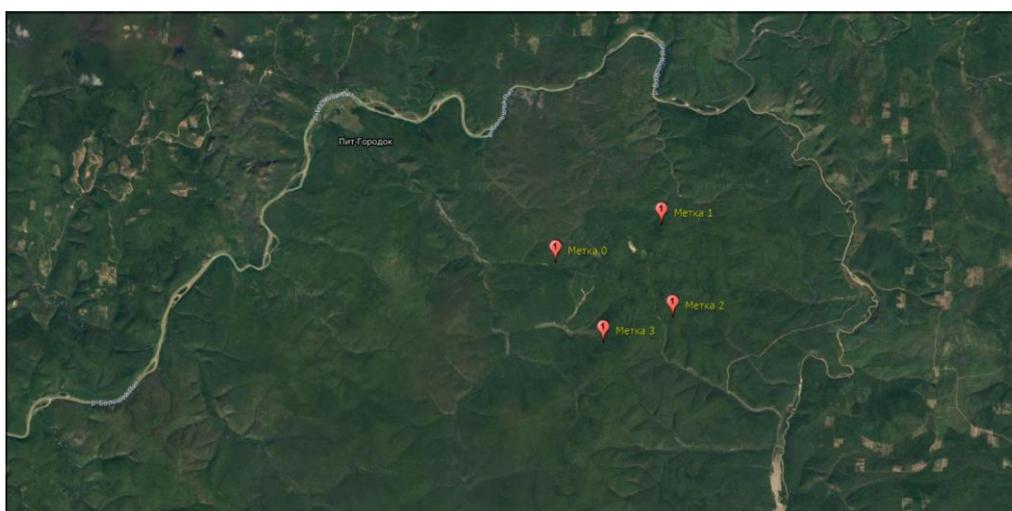


Рис. 5. Космоснимок района Landsat-8 (2016 г). Масштаб 1:200 000

На третьем этапе работ (основном) производилось компьютерное геологическое дешифрирование: региональное масштаба 1:1 000 000 (обзорная территория) и зональное масштаба 1:100 000 (Аяхтинской площади с 2-мя лицензионными участками). Были выделены основные линеаменты и кольцевые структуры.

Далее с целью уточнения геологического строения, выделения перспективных, по полезным ископаемым, зон и объектов проводился аэрокосмогеологический анализ.

Последним этапом исследования являлось построение результирующих цифровых карт.

При проведении аэрокосмогеологических исследованиях проводилось компьютерное дешифрирование МАКС. Методика компьютерного космогеологического дешифрирования заключалась в выявлении по характеру фотоизображения различно ориентированных линейных и дугообразных линеаментов, с применением ГИС-технологий. Технологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) космических снимков (КС) разного масштаба от мелкого – к крупному [5, 7, 15]. Компьютерная обработка данных дешифрирования космических снимков и расчет плотности линеаментов были выполнены с помощью программного обеспечения ArcGIS, ArcMap.

Структурно-тектоническое дешифрирование включало в себя визуальное выделение линеаментов и кольцевых структур на разных стадиях аэрокосмогеологических исследований. Для анализа линеаментного поля изучалась Аяхтинская площадь масштаба 1:1 000 000 и 1:100 000.

Структурно-геологическим дешифрированием КС выявлена сеть прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Всего выделено 118 прямолинейных линеаментов, ранжированных по протяженности на различные таксономические ранги: региональные (3), зональные (22) и локальные (93). Непосредственно в пределах Аяхтинской площади региональные линеаменты наблюдаются по периферии, локальные – по всей площади с концентрацией в северо-восточной части. Выделяются два основных направления линеаментов: северо-восточная и северо-западная.

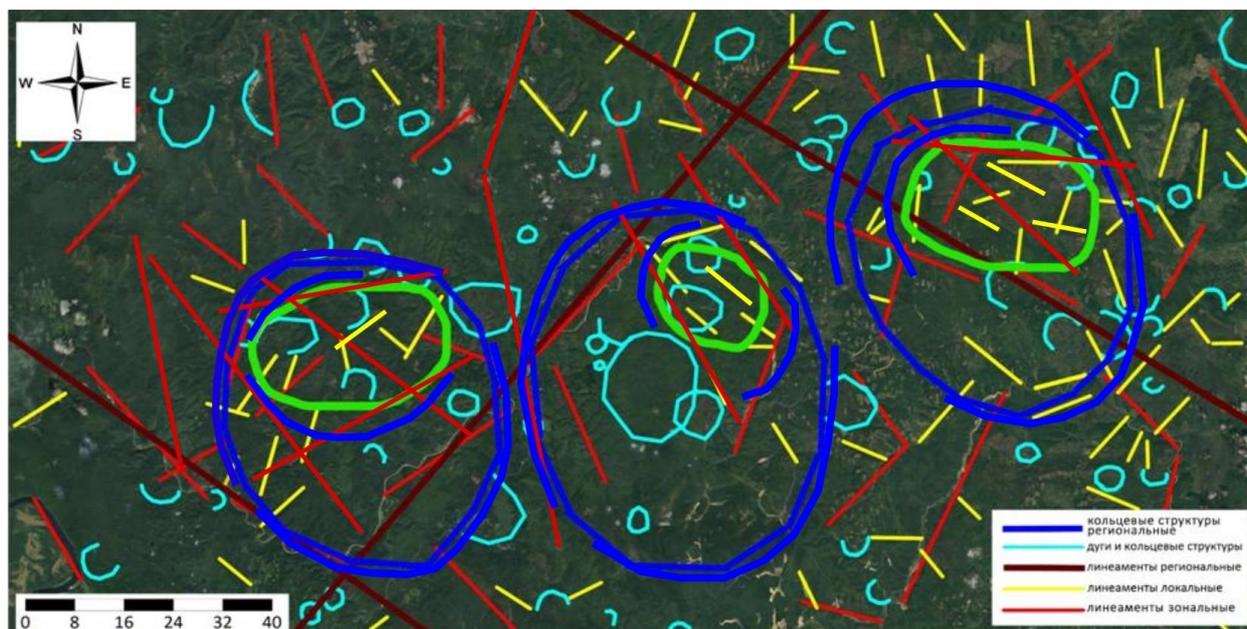


Рис. 7. Дешифрирование и аэрокосмогеологический анализ района исследований

Проявление кольцевых структур обусловлено блоковыми движениями в современный тектонический этап развития земной коры. В пределах рассматриваемой площади крупномасштабным дешифрированием КС выделено 70 кольцевых структур. Форма малых кольцевых структур – чаще округлая, реже эллипсовидная. Пространственно-кольцевые структуры наиболее сконцентрированы в восточной, северной и центральной частях площади, реже – в южной и западной.

По геолого-геоморфологическим критериям рекомендованы для поисков рудного золота 3 перспективных участка в пределах региональных кольцевых структур, где наблюдается концентрация тектонических линейментов (выделены зеленым контуром).

Выводы. По результатам региональных аэрокосмогеологических исследований уточнено общее геологическое и тектоническое строение Аяхтинской площади. Выявлены дуговые и линейные структуры. Рекомендованы для поисков рудного золота 3 перспективных участка. В дальнейшем необходима детализация аэрокосмогеологических исследований до масштаба 1:25 000-1:10 000 и проведение геохимических поисков.

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000 316 с.*
2. *Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житков В.Г. Космоструктурные позиции золоторудных объектов Заангарской части Енисейского края // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 1. С. 38-47.*
3. *Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.*
4. *Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С.148-158.*
5. *Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
6. *Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
7. *Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.*
8. *Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.*
9. *Копылов И.С. Структурно-геохимический анализ Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2020. № 23. С. 296-303.*
10. *Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ при оценке геодинамической активности Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского.*

2016. № 19. С. 356-361.

11. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

12. Копылов И.С., Бабеншиев В.М. Поиски полиметаллов и золота на Приполярном Урале с применением аэрокосмических методов // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. 2020. С. 159-166.

13. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.

14. Копылов И.С., Коноплев А.В. Применение аэрокосмических методов и геоинформационного моделирования на Кукляндинской площади (Енисейский край) для поисков россыпного золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 167-175.

15. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 95-100.

16. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 77-84.

17. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.

18. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. 145-158.

19. Сазонов А.М., Ананьев А.А., Полева Т.В. и др. Золоторудная металлогения Енисейского края: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии*. 2010. Т. 3. № 4. С. 371-395.

20. Сердюк С.С., Бабушкин В.Е., Хабаров А.И. Проект на выполнение работ по объекту «Поиски и оценка месторождений рудного золота на Оллоноконской площади (Красноярский край)». Красноярск, 2017.

21. www.vsegei.ru. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского.

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ

Проведен аэрокосмогеологический анализ в районах золоторудных месторождений различных типов (золото-порфирового, карлинского, в черносланцевых толщах). Рассмотрены опорные месторождения рудного золота, их природные условия, геологическое строение, факторы золотоносности. Проведено дешифрирование космических снимков. Сделан структурно-геологический анализ изучаемых районов.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические методы, поиски золота, анализ структурно-геологических условий, карлин тип, золото-порфировый тип, черносланцевые толщи.

A.O. Ustinov

Perm State University, Perm, Russia

AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS OF GOLD DEPOSITS OF DIFFERENT TYPES

An aerospace geological analysis was carried out in the regions of various types of gold deposits (gold-porphyry, Karlinsky, in black shale strata). The reference deposits of ore gold, their natural conditions, geological structure are considered. factors of gold content. Deciphering of space images was carried out. Structural-geological analysis of the studied areas is made.

Key words: aerospace geological methods, prospecting for gold, analysis of structural and geological conditions, carlin type, gold-porphyry type, black shale strata.

Введение

Поиски новых месторождений золота требуют больших затрат, поэтому оптимальным решением является применение аэрокосмогеологических методов в комплексе с другими (геологическими, геохимическими, геофизическими и пр.). Основным преимуществом дистанционных методов исследования является их относительная низкая стоимость при удовлетворительных результатах на поисковой стадии работ. Кроме того, они позволяют достаточно быстро получить первичную информацию о труднодоступных районах исследования. В настоящее время пока недостаточно методических исследований по изучению различных геолого-промышленных типов золота аэрокосмическими методами.

Целью работы является изучение и анализ структурно-геологических условий золоторудных месторождений разных типов с применением дистанционного зондирования для установления закономерностей при прогнозировании месторождений.

Основные задачи: выбор районов опорных месторождений золота различных типов: золото-порфирового, карлинского, в черносланцевых толщах; их природные условия, геологическое строение, факторы золотоносности; подготовка дистанционной основы для аэрокосмогеологического анализа, составления карт и моделей золоторудных месторождений; дешифрирование космических снимков (КС) и структурно-геологический анализ изучаемых районов; выделение перспективных участков для поисков золота в исследуемых районах.

Для исследования были выбраны районы: Невады, США (карлин тип); Полярного Урала, Россия (золото-порфировый тип); Западной Калбы, Казахстан (черносланцевые толщи);

Для написания работы были использованы: опубликованная литература, фондовые источники, а также материалы космических съемок из открытых источников.

Некоторые геологические особенности, благоприятные для поисков золота разных типов

Для месторождений *Карлин типа* характерны: табличные, стратиформные, морковковидные, Т-образные, неправильной формы рудные тела. Морфологические особенности рудных тел обусловлены формой локальных зон пористости и проницаемости, которые образовались в результате благоприятных литологических особенностей в сочетании с крутыми и пологими разломами. Рудные тела, как правило, расположены под непроницаемым экранирующим горизонтом, а лучшие сорта руды концентрируются под куполами или антиклиналями, где крутопадающие структуры служили подводящими каналами. На территории штата Невады (США) выделяют четыре промышленных типа золотых руд: 1) сурьмяная золотосодержащая джаспероидная руда (Au + As + Tl); 2) кремнистая золотая руда (Au + Sb + Tl); 3) мышьяковая золотая руда (Tl + Hg + Sb + Au); 4) таллиевая руда (Tl > 0.1%, Au < 0.1 г/т) [3, 22-24].

Для месторождений *золото-порфирового типа* на Приполярном Урале установлено, что: перспективная площадь должна быть сложена толщей вулканогенно-осадочных интрузивных образований. Вулканизм должен сопровождаться внедрением интрузивных массивов габбро-диорит-тоналитовой и габбро-монцитовой формаций, представленных, соответственно, порфировыми интрузивными образованиями: диоритовые порфириты, биотит-рогообманковые диориты, кварцевые моноциты, плагиогранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, реже гранит-порфиры и диоритовые порфириты и биотит-рогообманковые диориты. Вулканогенные породы должны образовывать вулканно-тектоническую депрессию (очаговую структуру) с диаметром около 10 км и иметь зональную структуру. Геологическое строение рудного узла должно определяться пересечением долгоживущих глубинных региональных разломов продольного и поперечного

направлений (восток-северо-восточной и северо-западной ориентировок, соответственно). Гипабиссальные интрузии среднего состава должны быть представлены серией даек и штоков, обеспечивающих мобилизацию гидротермальной деятельности и формирование тел на глубинах 1000-1500 м. Для того чтобы оруденение стало доступным для эксплуатации, протяженность вскрытых рудных тел должна составлять первые километры при ширине несколько десятков метров [5].

Для месторождений *золота в черносланцевых толщах* Западной Калбы, Казахстан характерны одиночные и системы кольцевых структур в сочетании с продольными региональными линейными структурами, дешифрируемые по данным дистанционных съемок континентального и регионального уровней генерализации. Кольцевые структуры, диаметром 160-10 км, фиксируемые так же глубинными зонами разуплотнения вещества, представляют собой разноглубинные участки распространения продуктов гранитизации нижних частей земной коры, магматизма и метасоматизма и распада глубинных термомагмо-флюидных систем в верхней части земной коры. Блоки земной коры в пределах развития таких структур несут проявления разноформационной продуктивной, в том числе золотой, минерализации. В пределах золоторудных полей южного складчатого обрамления Западно-Сибирской плиты гидротермально измененные породы представлены локальными и площадными формациями березит-лиственитов, пропилитов, кварцево-полевошпатовых и альбит-амфиболовых метасоматитов, магнезиальных и известковых скарнов, наличие которых свидетельствует о эволюции глубинных и коровых термомагмо-флюидных систем в верхних частях земной коры [1, 2, 4].

Методология, основные методы и результаты аэрокосмогеологических исследований

Методология включала: общие положения, принципы, последовательность исследований и решение основных геологических задач: подготовки дистанционной основы; дешифрирования КС, выявления сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, установление их контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных формаций, тел и месторождений, оценка геодинамической активности; построение результирующих карт в ГИС-технологиях (с использованием программных продуктов ArcGis) [6-21].

На начальном этапе была подготовлена дистанционная основа для составления карт и моделей золоторудных месторождений разных типов; рассматриваемых территориях. Использовались современные космоснимки (Landsat, 2019 г.), загруженные с помощью программного обеспечения Google Earth (табл. 1).

Подготовка дистанционной основы (фрагмент)

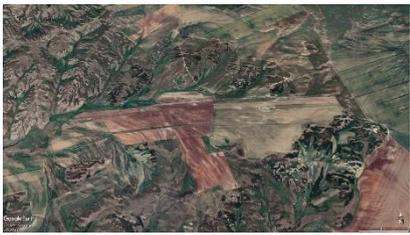
Золото-карлинский тип месторождений (месторождение Gold Quarry Mine)

М. 1:100000	М. 1:500000	М. 1:1000000
		

Золото-порфировый тип (месторождение Петропавловское)

М. 1:100000	М. 1:500000	М. 1:1000000
		

Черносланцевые толщи (месторождение Миалинское)

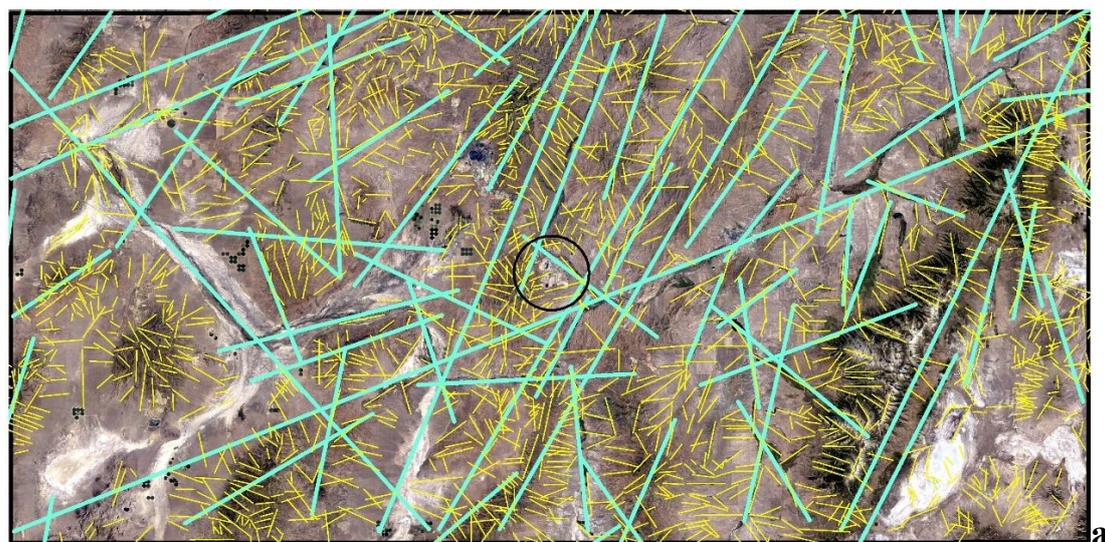
М. 1:100000	М. 1:500000	М. 1:1000000
		

На последующем (основном) этапе выполнено космогеологическое дешифрирование КС разных масштабов, в соответствии со сложившимися стадиями аэрокосмогеологических исследований (обзорная, региональная, зональная, детальная) [9, 12]. Дешифрирование производилось в программе ArcGIS версии 10.4.1. Далее проводилась обработка данных, комплексный аэрокосмогеологический анализ, выделялись вероятные перспективные участки для поисков золота в исследуемых районах; построение результирующих цифровых карт.

В результате дешифрирования на территории штата Невада (месторождение Gold Quarry Mine) было выделено 2118 линеаментов, 156 кольцевых структур. На территории Полярного Урала месторождение Петропавловское) выделено (выделено 754 линеаментов, 121 кольцевых структур. На территории Западной Калбы (месторождение Миалинское) выделено 1770 линеаментов, 66 кольцевых структур. Результаты дешифрирования представлены в табл. 2 и на рис. 1-3.

Результаты дешифрирования линеаментов в исследованных районах

Класс / протяженность линеаментов, км	Масштаб дешифрирования КС	Количество линеаментов		
		Невада	Полярный Урал	Западная Калба
Региональные и зональные 25-100	1:1 000000 1:500 000	34	34	30
Короткие, <5	1:100 000	720	720	1740



Линеаменты

0 5 10 20 30 40
Км

- Месторождение
- Детальные
- Зональные

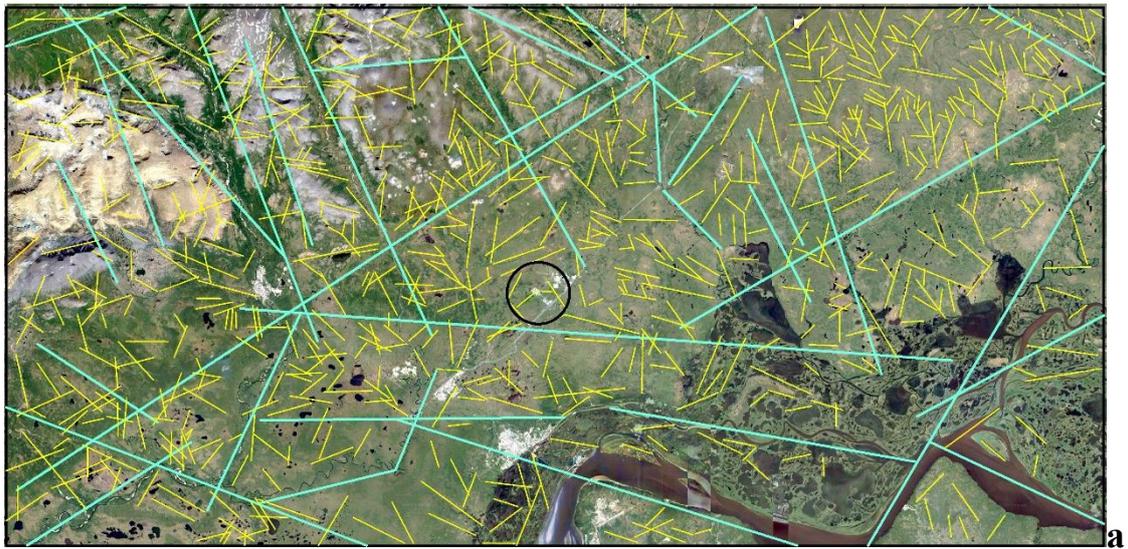


Кольцевые структуры

0 5 10 20 30 40
Км

- Месторождение
- Кольцевые

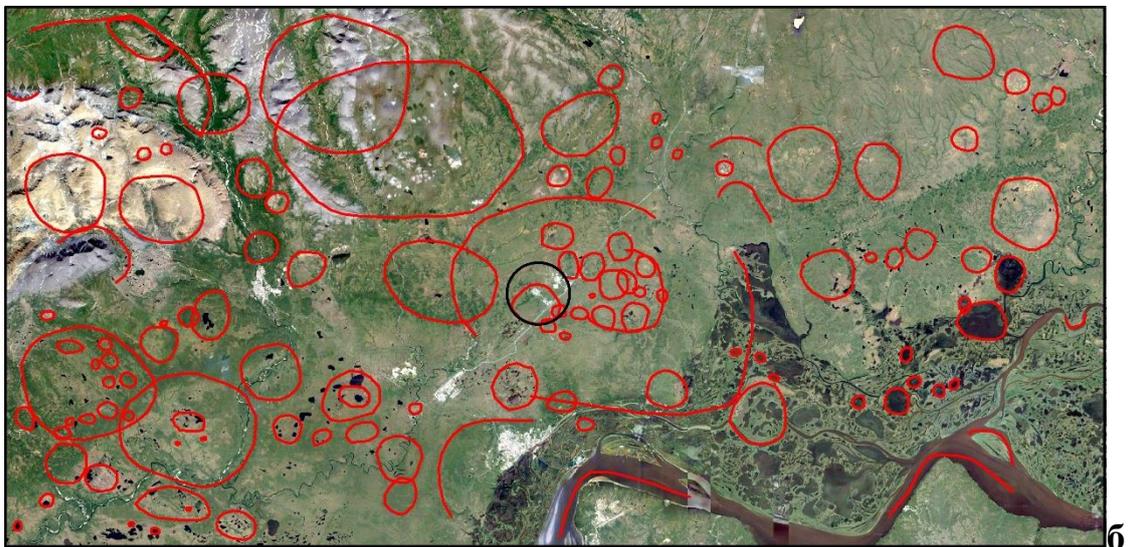
Рис. 1. Дешифрирование линеаментов (а) и кольцевых структур. Месторождение Карлин



Линеаменты

0 5 10 20 30 40
Км

- Месторождение
- Детальные
- Зональные



Кольцевые структуры

0 5 10 20 30 40
Км

- Месторождение
- Кольцевые

Рис. 2. Дешифрирование линеаментов (а) и кольцевых структур. Петропавловское месторождение

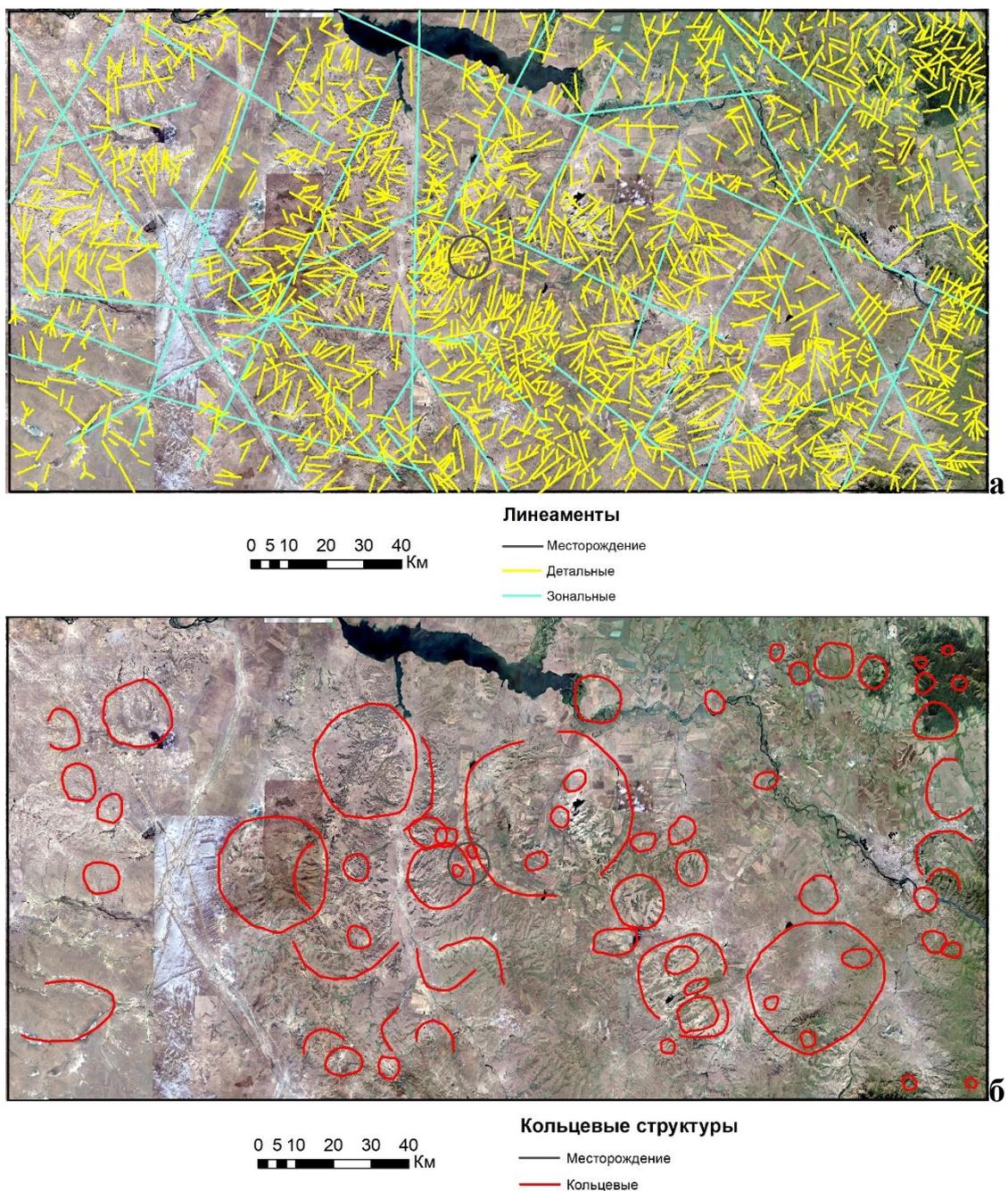


Рис. 3. Дешифрирование линеаментов (а) и кольцевых структур. Миалинское месторождение

По результатам дешифрирования были построены карты плотности линеаментов исследуемых районов (рис. 4).

Для создания карт использовался инструмент «Плотность линий» модуля Spatial Analyst программы ArcGIS ArcMap. Количество классов значений плотности было вычислено стандартным методом классификации «Стандартное отклонение». Данная классификация позволяет узнать, насколько плотность линеаментов в разных частях района отличается от средней по району. В итоге было получено 6 классов плотности линеаментов.

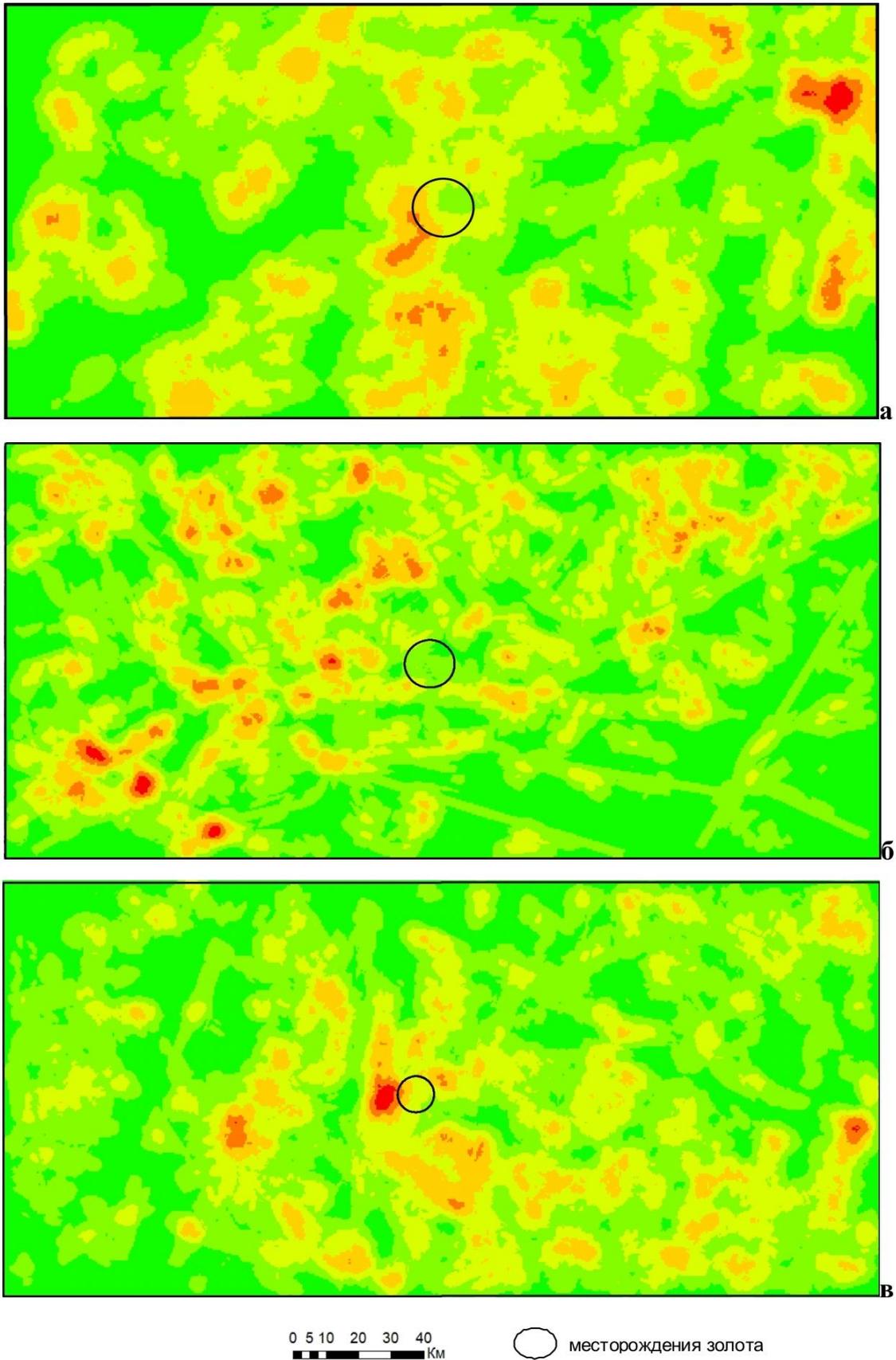


Рис. 4. Карта плотности линейментов районов золоторудных месторождений:
 а – Карлин, б – Петропавловского, в – Миалинского
 (плотность увеличивается от зеленого к красному)

Невада, месторождение Карлин. Район характеризуется хорошей геологической дешифрируемостью. Отмечается неравномерная плотность линеаментов, выделяются комплексы зон с повышенной плотностью в северо-восточной части, а также в центральной части района. Выделенные в процессе дешифрирования крупные линеаменты имеют в основном северо-западное и юго-восточное простирание.

Полярный Урал, Петропавловское месторождение. Район характеризуется хорошей геологической дешифрируемостью. Неблагоприятных условий для геологического дешифрирования в данном районе практически нет, за исключением слабой обнаженности некоторых территорий. Отмечается неравномерная плотность линеаментов, выделяются комплексы зон с повышенной плотностью в западной части, а также в северо-восточной части карты. Выделенные в процессе дешифрирования крупные линеаменты имеют в основном северо-западное и северо-восточное простирание.

Западная Калба, Миалинское месторождение. Район характеризуется хорошей геологической дешифрируемостью. Отмечается неравномерная плотность линеаментов, выделяются комплексы зон с повышенной плотностью в центральной части, а также в восточной и в западной частях карты. Выделенные в процессе дешифрирования крупные линеаменты имеют в основном юго-западное простирание.

Заключение

По результатам проведенного анализа установлено, что структурно-тектоническое положение золоторудных месторождений выражается определенным набором космогеологических характеристик: наличием крупных линеаментов с концентрацией мелких, наличием кольцевых структур разных порядков и как правило – повышенной плотностью линеаментов. Карлинский и золото-черносланцевый типы месторождений имеют сходные космогеологические характеристики: месторождения этих типов располагаются как правило, в контурах крупных кольцевых структур, в зонах повышенной плотности линеаментов. Месторождения золото-порфирового типа – на контакте крупных кольцевых структур. Вблизи золоторудных месторождений установлены магматические очаги

Библиографический список

1. Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житоков В.Г. Космоструктурные модели золоторудных объектов Западной Калбы // *Известия Томского политехнического университета*, 2010. Т. 317. № 1. С. 35-41.
2. Ананьев Ю.С. Золото-концентрирующие системы южного складчатого обрамления Западно-Сибирской плиты (на примере Западной Калбы) // *дис. на соиск. уч. степ. доктора геол.-мин. наук. Томск, 2017.*
3. Волков А.В., Сидоров А.А. Геолого-генетическая модель месторождений золота карлинского типа // *Литосфера*, 2016, № 6. С. 145-165.

4. Глоба В.А. Некоторые тектонические черты структур золоторудных полей Западной Калбы // Геология и геохимия месторождений благородных металлов Казахстана. Алма-Ата, 1969. С. 64-67.
5. Иванова Ю.Н. Условия локализации и минералого – химические особенности Петропавловского золото – порфирирового месторождения (Полярный Урал) // автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геол-мин. наук. Москва, 2016. 21 с.
6. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
7. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
8. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С.148-158.
9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
12. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
13. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.
14. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.
15. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
16. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.
17. Копылов И.С., Бабенышев В.М. Поиски полиметаллов и золота на приполярном урале с применением аэрокосмических методов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Сборник научных статей. Под общей редакцией И.С. Копылова. 2020. С. 159-166.
18. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 95-100.
19. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 77-84.
20. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
21. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.
22. Cline J.S., Stuart F.M., Hofstra A.H., Premo W., Ricciuti L., Tosdal R.M., Tretbar D.R. (2003) Multiple sources of ore-fluid components at the Getchell Carlin-type gold deposit, Nevada, US. Mineral exploration and sustainable development. Rotterdam: Millpress, 2, p.965-968.
23. Dennis P. Cox, 1986, «Descriptive model of porphyry Cu», in Mineral Deposit Models, US Geological Survey, Bulletin 1693, p.76, 79.
24. Muntean J.L., Cline J.S., Simon A.C., Longo A.A. (2011) Magmatic hydrothermal origin of Nevada's Carlin-type gold deposits. Nature Geos, (4), p.122-127.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РЕГИОНАЛЬНОЙ И НЕФТЕГАЗОПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ APPLICATION OF AEROSPACE METHODS TO SOLVE PROBLEMS OF REGIONAL AND OIL AND GAS PROSPECTING GEOLOGY

UDK 502/504

M.D. Ali¹, I.S. Kopylov²,

¹Republic of Somalia

²Perm State National Research University, Perm, Russia

LINEAMENT-GEODYNAMIC ANALYSIS OF THE REPUBLIC OF SOMALIA FOR OIL AND GAS SEARCH

Lineament-geodynamic analysis was carried out by aerospace methods of the Republic of Somalia. Based on the interpretation of modern space images, 1153 lineaments were identified, which are divided into ranks in length: regional (100-400 km or more) - 143 lineaments, zonal (15-100 km) - 537 lineaments, local (5-15 or less) - 523 lineaments. The geodynamic active zones, which are promising for the exploration of oil and gas, have been identified. Some of them are confirmed by oil and gas deposits.

Key words: aerospace methods, structural-tectonic interpretation of space images, lineament-geodynamic analysis, prospecting for oil and gas, the Republic of Somalia.

М.Д. Али², И.С. Копылов

¹Республика Сомали

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ЛИНЕАМЕНТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕСПУБЛИКИ СОМАЛИ ДЛЯ ПОИСКОВ НЕФТИ И ГАЗА)

Проведен линеаментно-геодинамический анализ аэрокосмическими методами Республики Сомали. На основе дешифрирования современных космических снимков выделены 1153 линеаментов, которые разделены на ранги по протяженности: региональные (100-400 и более км) – 143 линеаментов, зональные (15-100 км) – 537 линеаментов, локальные (5-15 и менее) – 523 линеаментов. Выделены геодинамические активные зоны, которые являются перспективными на поиски нефти и газа. Некоторые из них подтверждены залежами нефти и газа.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, структурно-тектоническое дешифрирование космических снимков, линеаментно-геодинамический анализ, поиски нефти и газа, Республика Сомали.

Introduction

Aerospace methods have long been used in the search for minerals (especially oil and gas, gold, diamonds, polymetals, etc.), revealing indirect signs of their deposits. In geological mapping, remote sensing methods of the Earth (ERS) are widely used, which, in combination with other methods, give positive results.

The study of the Earth from space plays a special role in the geodynamic assessment of territories, knowledge of which is necessary in engineering geology during the construction of various engineering structures.

Aerospace analysis is extremely relevant in the geological study of Africa, incl. - in the Republic of Somalia (a promising territory for oil and gas), since it allows, in conditions of poor geological knowledge, to identify promising objects for prospecting for oil and gas with the lowest economic costs.

The aim of the work is aerospace geological analysis of the territory of the Republic of Somalia and forecast of oil and gas promising zones. The following tasks were set: analysis of geological materials of the territory; decoding of space images; highlighting lineaments, ring and arc structures; lineament geodynamic analysis; complex aerospace geological analysis of the territory and identification of oil and gas promising zones.

The objects of research are the eastern part of Africa (at the overview-regional level), the northern part of Somalia (at the regional-zonal level).

Geographic conditions

Somalia, officially the Federal Republic of Somalia, is a country located on the Horn of Africa in eastern Africa. It is bordered by Ethiopia in the west, Djibouti in the northwest and Kenya in the southwest, washed by the Gulf of Aden in the north and the Indian Ocean in the east. Somalia has the longest coastline on mainland Africa, with a coastline that stretches for 3,025 kilometers (1,880 miles). Area - 637.7 thousand km², population 15 893 219 people. (2020) [27]. The capital is Mogadishu (900 thousand people) (Fig. 1).

Relief of the Earth. Most of the territory of Somalia is occupied by the vast Ogaden plateau with a height of 500-1500 m with an average altitude of about 900 m above sea level. It gradually rises to the north, forming the waterless Houd Plateau. Along the northern coast of the country, from the city of Hargeisa to Cape Guardafui (Ras Aseir), stretches the raised edge of the plateau, which abruptly drops off in rocky ledges to the coastal plain. The highest point of the country is Mount Shimbiris (2407 m), located in the Surud Ad massif within the Sanag region. The southern provinces of Somalia are flat, arid plains. The coastal plains are composed mainly of limestones, the inner plateaus and plateaus are crystalline rocks (with a predominance of granites), in the northern mountains they are overlain by sandstones and limestones [28]. In the valleys of the Jubba and Webi-Shabelle rivers, alluvial, periodically flooded lowlands are developed.

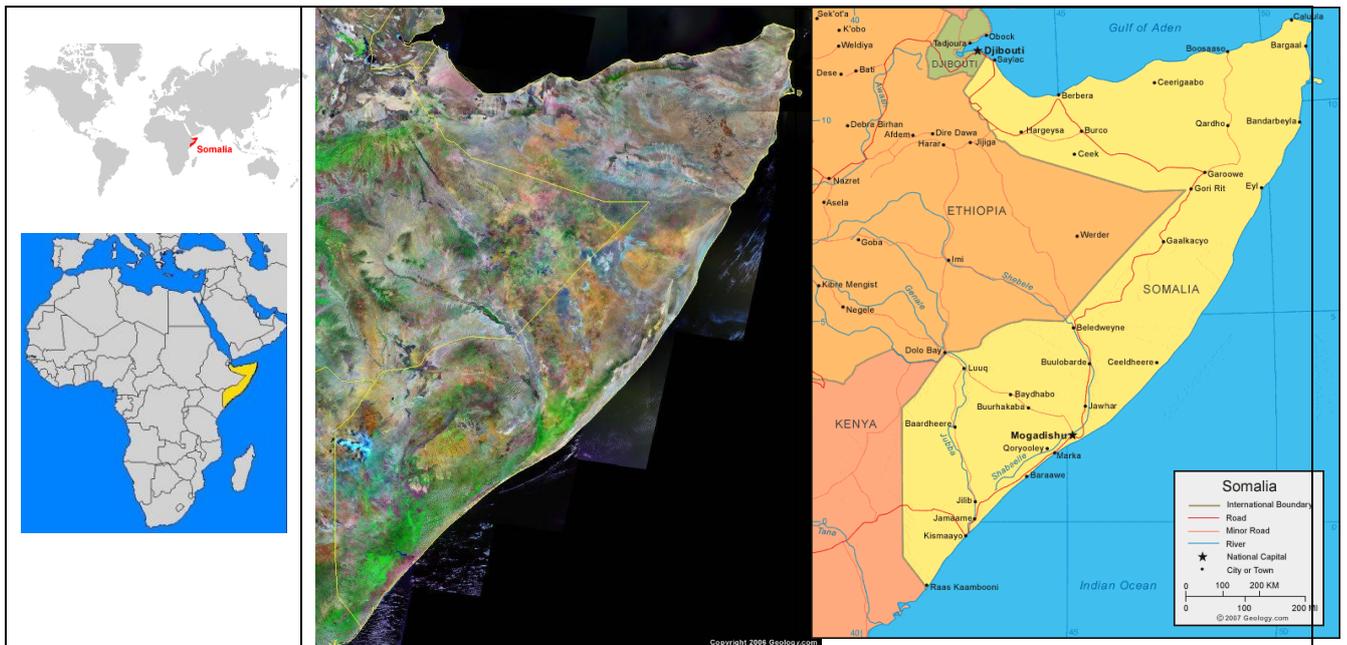


Fig. 1. Somalia Map and Satellite Image [26]

The climate of Somalia is subequatorial monsoon, in the north it is tropical desert and semi-desert. Average temperatures range from about 24 to 31 ° C. Precipitation ranges from 50 mm in the north and east to 600 mm per year in the south and west. Heavy rains in the Ethiopian Highlands often cause catastrophic flooding. The plain in the lower reaches of the Jubba is most severely affected.

Hydrography. Dry channels predominate, filling with water only during rainy periods. Two rivers have a constant flow - the Jubba and its tributary Uebi-Shabelle; 90% of their river flow is formed in the Ethiopian Highlands. The flow of the Uebi-Shabelle falls sharply downstream, and the river does not reach Jubba for most of the year, ending in the Sablaale swamps.

Regional geology and minerals

Somalia is located in the eastern part of the Precambrian African Platform. The foundation of the platform protrudes to the surface along the Cenozoic rift in the Gulf of Aden and in the southern part of the country. It is formed mainly by the Early Precambrian complexes of the Mozambican granulite-gneiss belt - Archean gneisses, charnockites and other rocks, in places overlapped by Lower Proterozoic quartzites and marbles. The formations of the belt are broken through by Late Proterozoic granites, incl. - rare metal and crystal-bearing pegmatites; in the south of the country, Mesozoic alkaline intrusions have been introduced into them. The sedimentary cover is composed of Jurassic, Cretaceous, and Cenozoic shallow-water marine deposits of the vast shelf paleo-margin of Africa [2, 3, 25] (Fig. 2, 3).

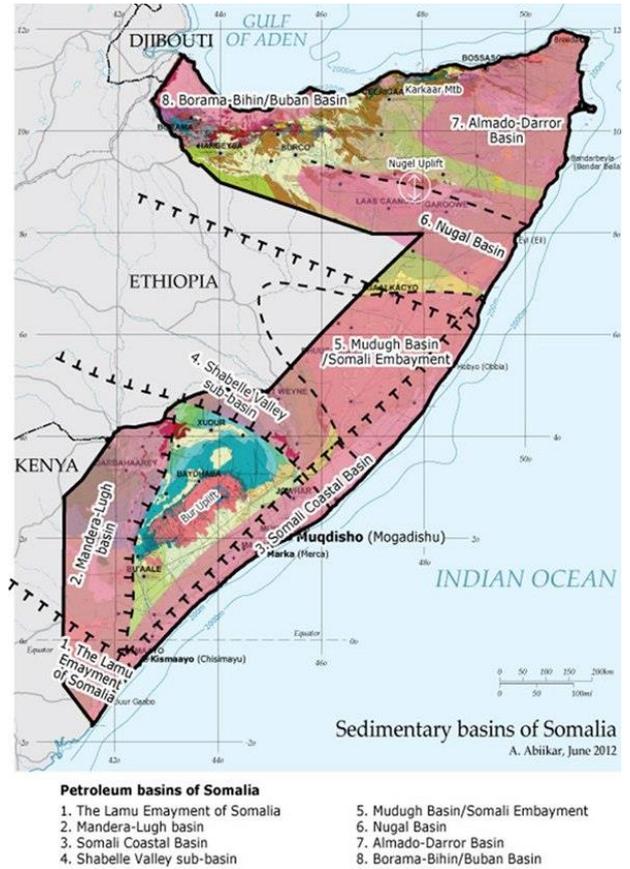
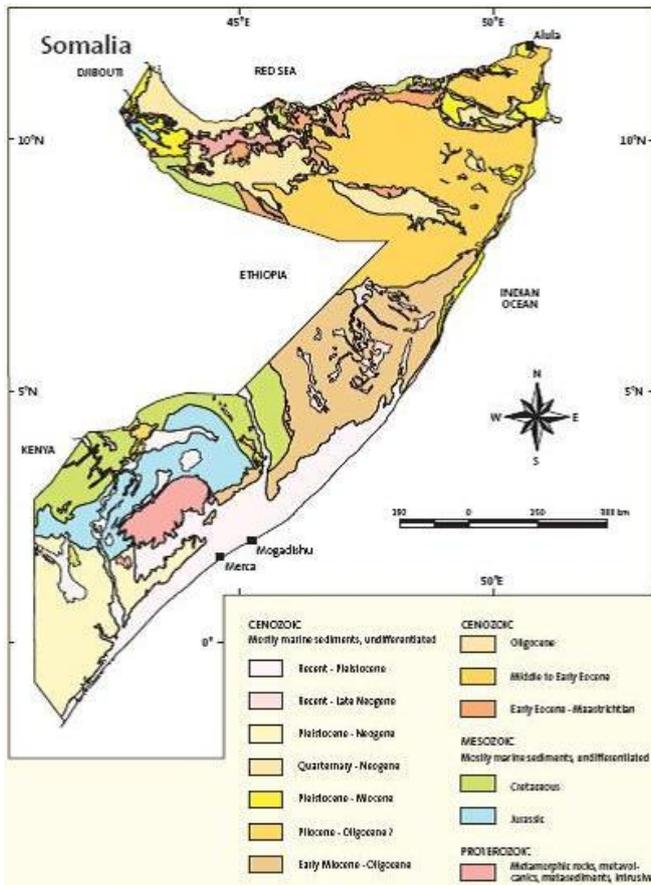


Fig. 2. Geological conditions of Somalia [25, 28]

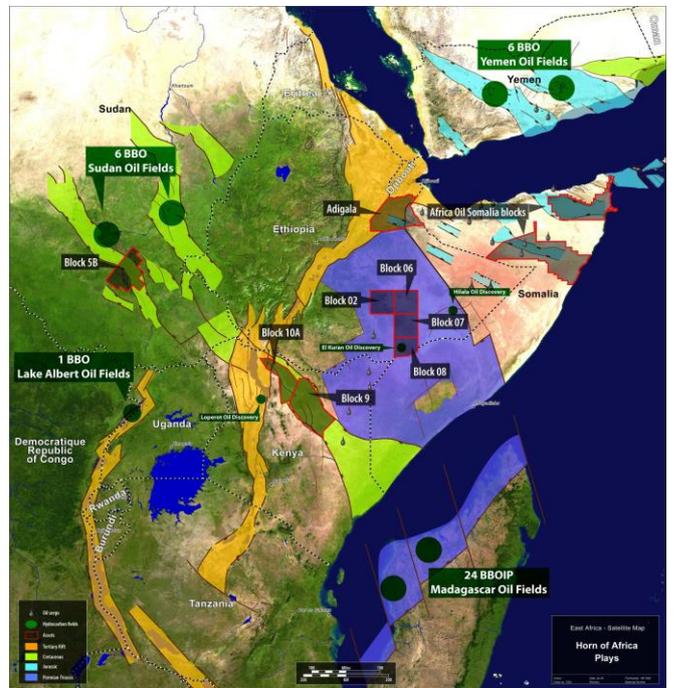
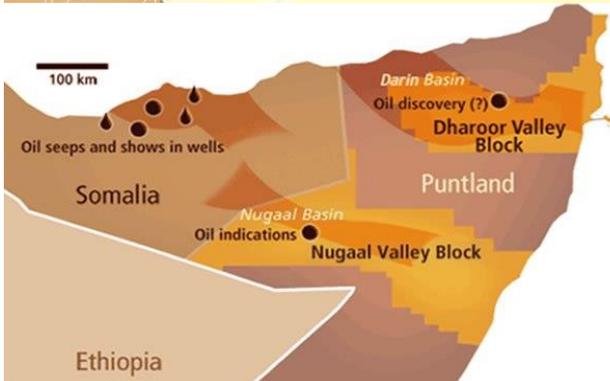
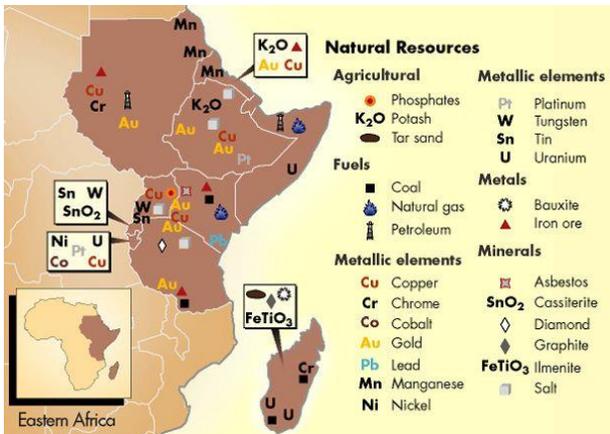


Fig. 3. Minerals of East Africa and Northern Somalia [2, 29]

On the territory of Somalia there are deposits of ores of iron, uranium, vanadium, thorium, tin, tantalum and niobium, titanium (offshore ilmenite placers); precious stones, granites, marbles, rock salt, gypsum, limestone, kaolin, quartz, feldspar, brown coal, etc. The territory of Somalia is highly promising in terms of oil and gas content, where oil and gas deposits are established in the southeast and north of the country (Fig. 3).

Somalia's geological formation bears important parallels to that of Yemen, which holds some 9 billion barrels of proven oil reserves. According to petroleum geologists, the South Yemeni Marib-Shabwa and Sayun-Masila basins are associated with the Nugaal and Dharoor blocks in northern Somalia respectively. Petroleum experts remain optimistic that both the Dharoor and Nugaal blocks, with acreages of 14,384 km² and 21,784 km² respectively, contain commercially viable hydrocarbon fields in the range of about 20 billion barrels of oil (Currie, 2012) [2].

Materials and methods

Tectonic lineaments, ring structures and geodynamic active zones are one of the main objects of aerospace geological research in the course of geodynamic assessment and predictive-mineragenic research. Many of them are associated with various types of minerals, incl. - oil and gas. Extended through systems of dislocations are of great importance. These end-to-end systems are often oil and gas, mainly at the intersections of meridional and latitudinal end-to-end systems. They contain large oil and gas fields. Such nodes are often accompanied by ring faults. Revealing the connection of oil - gas of an object with certain lineaments and their zones allows expanding the search area within all these zones [9-11, 14, 20, 21, 23-25].

Sequence of work:

1). Selection of satellite images for the territory of East Africa and Somalia. Landsat-8 satellite images (Google Earth service) were taken for the study (Fig. 4).

2). Interpretation of satellite images and their processing:

- highlighting lineaments, arc and ring structures,
- carrying out lineament-geodynamic analysis and identification of geodynamic active zones (with a high density of lineaments).

Computer structural interpretation was chosen as the main method for interpreting space images (Fig. 5), during which linear formations were identified on the images, identified with tectonic dislocations of the sedimentary cover, corresponding to different stages of aerospace geological studies (survey, regional, regional-zonal, etc.). Lineaments were indicated by linearly elongated watersheds, straightened sections of river channels, and boundaries of landscape structures [5, 6, 12, 15-17, 19].

3). Comprehensive analysis and identification of promising areas for oil and gas prospecting.

Geoinformation mapping at all stages was carried out using Arc View GIS and Arc GIS software. The processing was carried out using the Spatial Analyst module (Fig. 5).



Fig. 4. Multi-scale satellite images of East Africa and North Somalia

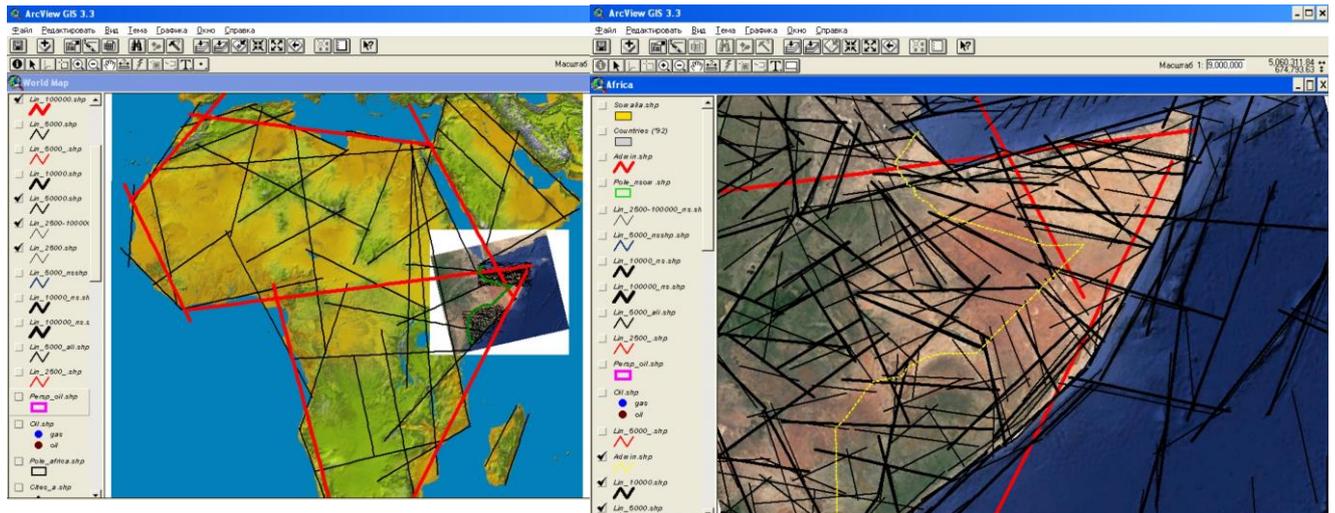


Fig. 5. Window of the working program and computer decryption

Results and discussion

As a result of the research carried out on the basis of interpretation of modern satellite images, 1153 lineaments were identified, which were divided into ranks in terms of length. By size, they are subdivided into the following taxonomic ranks: regional (100-400 km or more) - 143 lineaments, zonal (15-100 km) - 537 lineaments, local (5-15 or less) - 523 lineaments.

The results of studies of the structural interpretation of lineaments are summarized in the table (Table 1).

Table 1

Results of decoding lineaments

Stage (research level)	Scale works	Ranks of lineaments	Length of lineaments, km	Number of lineaments
Continental-regional	1:10 000 000, 1:5 000 000, 1:2 500 000	Regional	200-400 and more 100-200	143
Regional	1:1 000 000, 1:500 000	Zonal	50-100 15-50	537
Regional-zonal	1:200 000 1:100 000	Local	5-15 or less	523

The lineament field of Somalia on the interpretation of satellite images of different scales is shown in Fig. 6, 7.

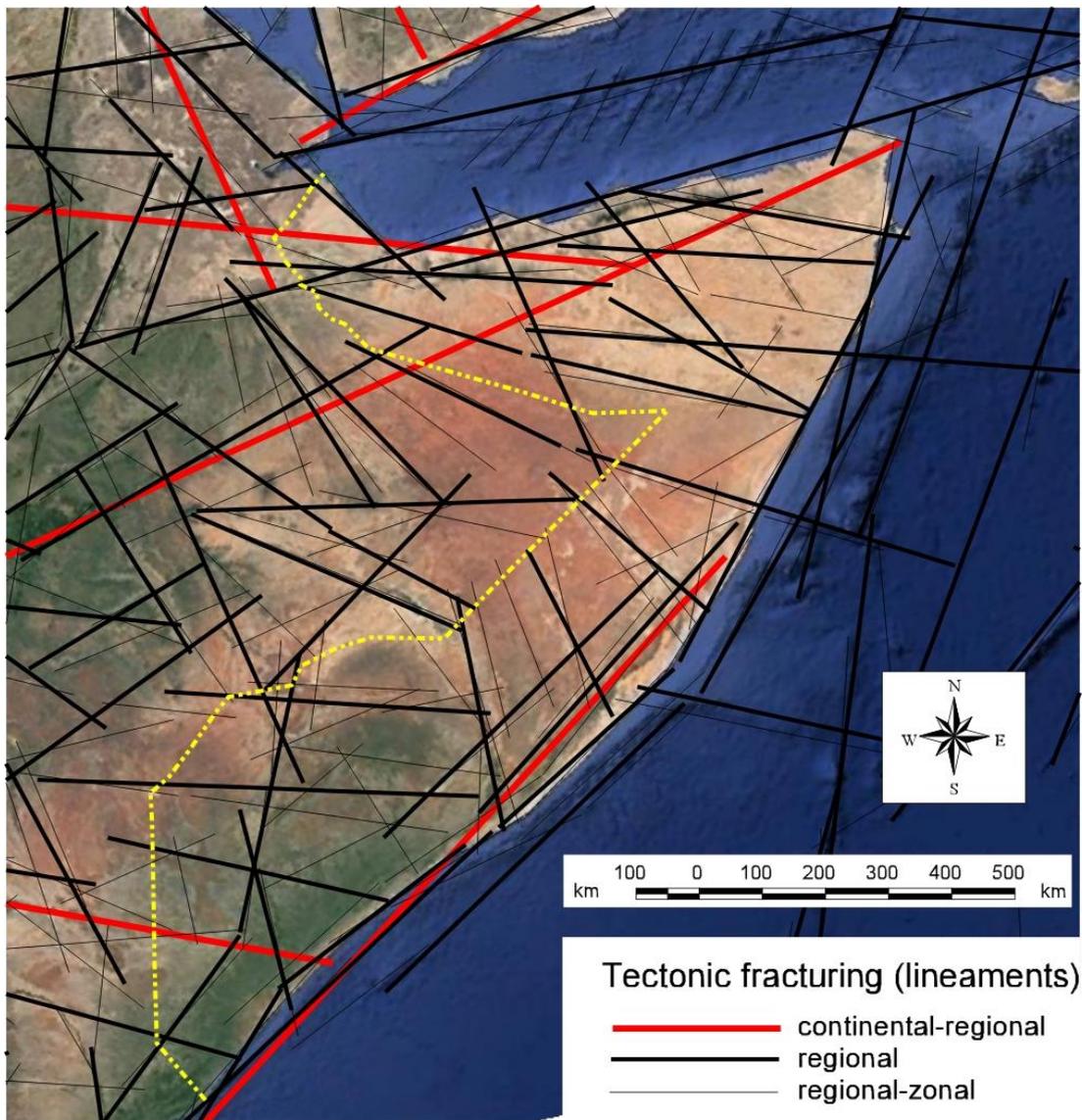


Fig. 6. Map of large lineaments for deciphering space images of the Somali Peninsula [5]

Lineament geodynamic analysis

Lineament geodynamic analysis was carried out according to the methods [10-12, 14].

The most reliable indicator of geodynamic activity of territories is the density of lineaments (especially in combination with indicators of relief dissection). The density of lineaments (calculated in units of length per unit area) was calculated for the area of Northern Somalia by regional, zonal and local lineaments, varies widely.

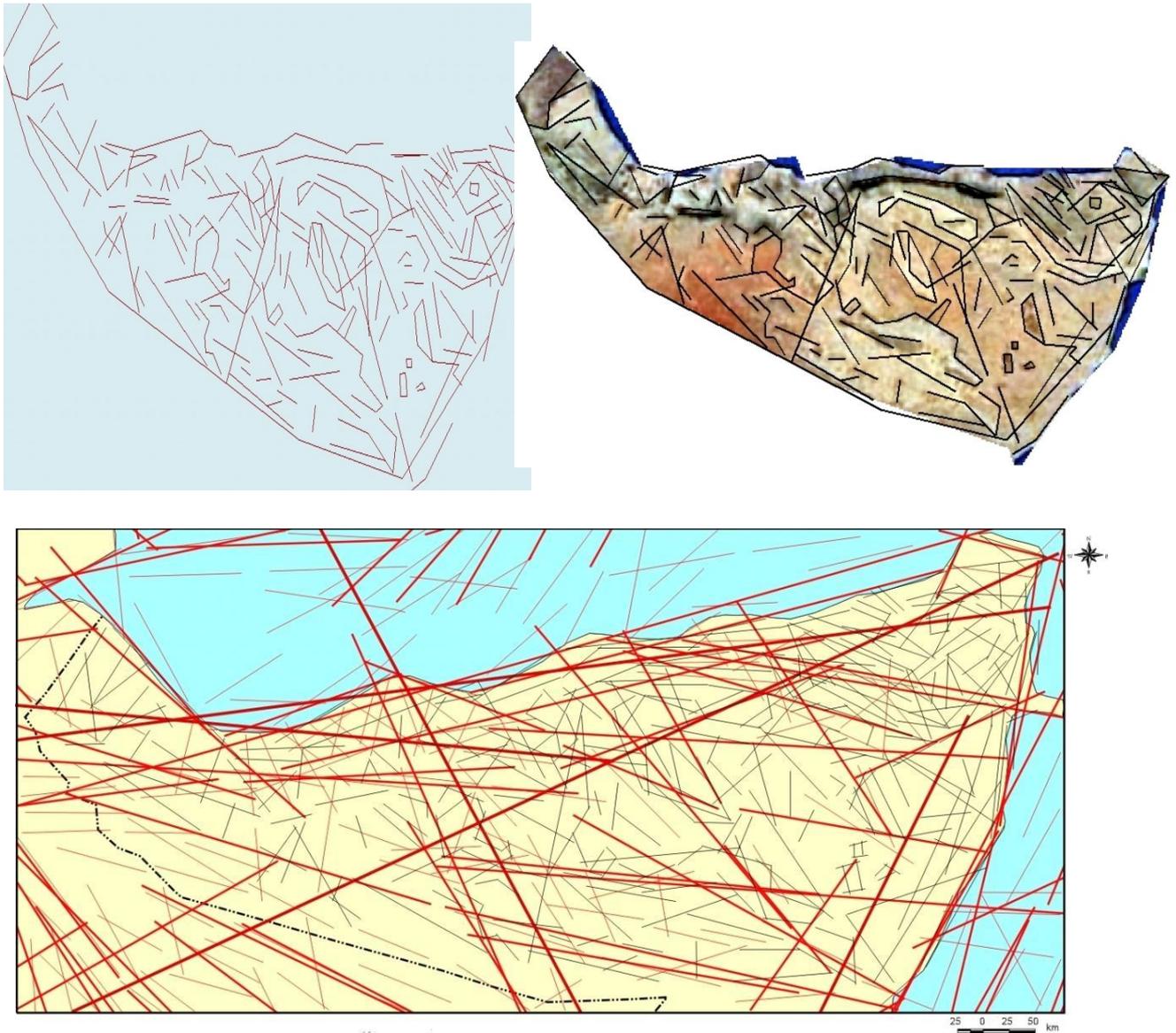


Fig. 7. Lineament field and lineament-geodynamic analysis of Northern Somalia

An assessment of the geodynamic activity of the region has been carried out. Areas were identified: with low and medium geodynamic activity (with low and medium density of lineaments), constituting the background of the region and areas with high, very high and extremely high geodynamic activity (with high, very high and extremely high density of lineaments), which prevail in the north Somalia. The highest values of geodynamic activity and lineament density were found in three areas (Fig. 8).

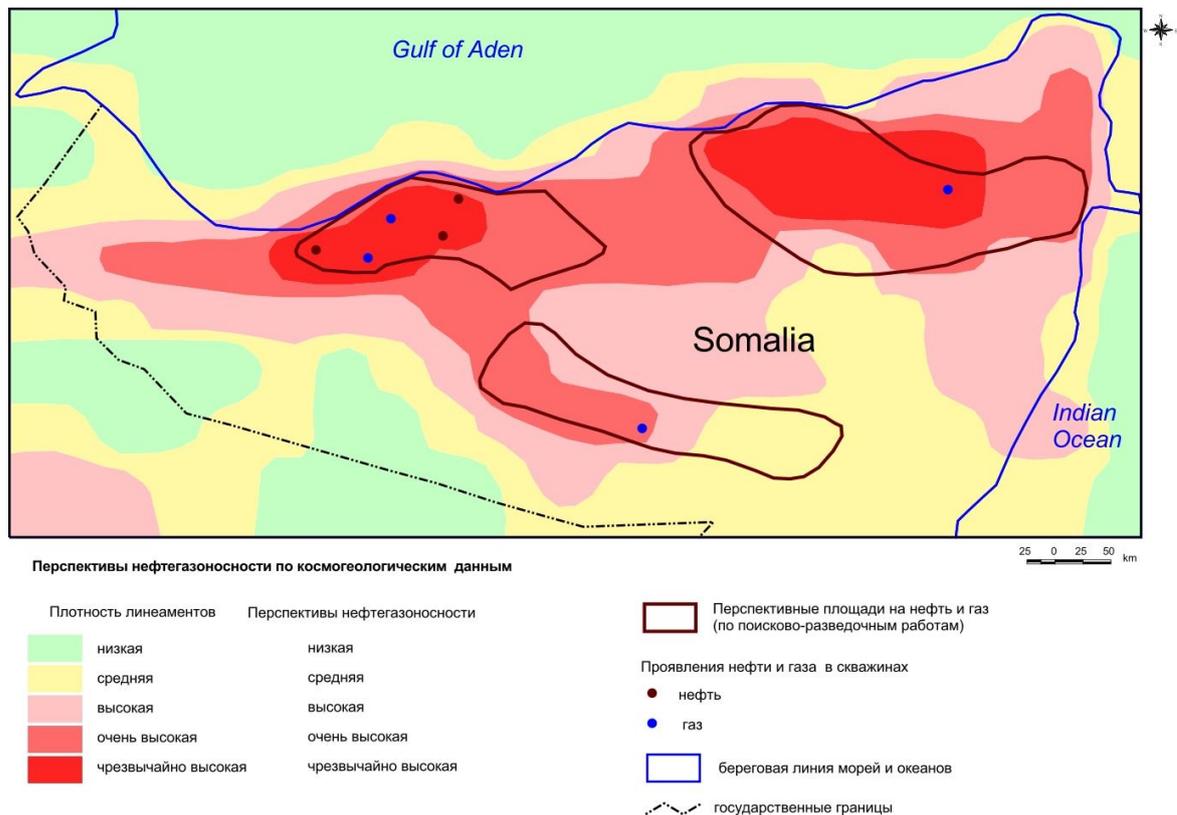


Fig. 8. Map of geodynamic activity with an assessment of the oil and gas potential of Northern Somalia [5]

Areas with an increased density of lineaments form zones of increased geodynamic activity - geodynamic active zones. Earlier aerospace geological studies in various regions of the world have established that geodynamic active zones, as a rule, are well manifested in geophysical, geochemical, hydrogeological fields; such areas are characterized by an increase in the intensity of dangerous geological processes, a deterioration in the physical and mechanical properties of soils [8, 18, 22]; they are zones of engineering-geological and geocological risk. On the other hand, many mineral deposits are confined to them - incl. - oil and gas. [1, 4-7, 12, 24, 25].

Analysis of the data of oil and gas showings in boreholes in Northern Somalia showed that within all three areas, where very, extremely high geodynamic activity (in terms of lineament density) is established, there are oil or gas fields or facts about the presence of oil and gas showings in boreholes. Therefore, such areas may be promising for expanding oil and gas exploration.

Conclusion

When studying the territory of Somalia and its northern part, aerospace methods were used to study the geological-geomorphological, neotectonic and structural-tectonic conditions for the formation of oil and gas fields. During the interpretation of space images, the main attention was paid to faults (lineaments) and geodynamic active zones. Highlighted areas with high, very high and extremely high density of lineaments, which prevail in the north of Somalia. The 3 most promising

zones for prospecting and exploration of oil and gas have been identified (where there are established deposits or manifestations of oil or gas).

The results indicate that there are good prospects for prospecting and exploration for oil and gas using aerospace methods. The data obtained require clarification by detailed aerospace-geological methods and confirmation by additional studies using geophysical and geochemical methods.

References

1. Bakytzhanova B.N., Kopylov I.S., Seytekov T.T. Prospects for oil and gas exploration in the Caspian oil and gas province of Kazakhstan using remote sensing methods // *Geology and minerals of the Western Urals*. 2017. № 17. 75-79 pp. (in Russian).

Бакытжанова Б.Н., Копылов И.С., Сейтеков Т.Т. Перспективы поисков нефти и газа в Прикаспийской нефтегазоносной провинции Казахстана с применением дистанционных методов // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 75-79.

2. Balthasar D. Oil in Somalia Adding Fuel to the Fire? Heritage Institute for Policy Studies. Mogadishu, Somalia. https://heritageinstitute.org/wp-content/uploads/2014/06/HIPS-Oil_in_Somalia-ENGLISH.pdf.

3. Kassim A.M., Carmignani L., Conti P., Fantozzi P.L. Geology of the Mesozoic-Tertiary sedimentary basins in southwestern Somalia // *Journal of African Earth Sciences*. V. 34, Is. 1-2, 2002, 3-20 pp.

4. Kozlov S.V., Kopylov I.S. Regularities of Occurrence of Unique and Large Oil and Gas Deposits in the Earth Crust. Deep Zones of Hydrocarbons Generation and Primary Asthenosphere Earthquakes as a Uniform Planetary Process // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2019. Vol. 18. № 1. 64-72 pp. (in Russian).

Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

5. Kopylov I.S., Ali M.D. Aerospace analysis of East Africa and Northern Somalia (for geodynamic assessment and searching for oil and gas) // *Geocology, engineering geodynamics, geological safety. Pecherkinskie reading: Series of scientific article. Materials of V International sci.-pract. conf.* Ed. I.S. Kopylov, Perm State University, Perm, 2021. 406-418 pp.

Копылов И.С., Али М.Д. Аэрокосмический анализ Восточной Африки и Северного Сомали (для геодинамической оценки и поисков нефти и газа) // *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2021. С. 406-418

6. Kopylov I.S. Analysis of the results and prospects of oil and gas exploration aerospace studies of the Perm Urals // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2015. №. 4 (29). 70-81 pp.

Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

7. Kopylov I.S. Geocology of oil and gas regions of the southwest Siberian platform. Perm, 2013. 166 pp. (in Russian).

Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада сибирской платформы. Пермь, 2013. 166 с.

8. Kopylov I.S. Engineering-geological role of geodynamic active zones // *Successes of modern natural science*. 2014. № 5-2. 110-114 pp. (in Russian).

Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

9. Kopylov I.S. Landscape-geodynamic analysis in the search for oil and gas. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 pp. (in Russian).

- Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
10. Kopylov I.S. *Methodological bases of aerospace and geological research when searching oil and gas // Aerospace methods in geology. Perm, 2019. 25-37 pp. (in Russian).*
- Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии Пермь, 2019. С. 25-37.*
11. Kopylov I.S. *Methodology of landscape-geodynamic analysis and estimates of oil and gas perspectives by aero-space geological research (on the example of Grigorievskaya square) // Aerospace methods in geology. Perm, 2020. 66-94 pp. (in Russian).*
- Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.*
12. Kopylov I.S. *Morphoneotectonic system for assessing geodynamic activity. Perm, 2019. 131 pp. (in Russian).*
- Копылов И. С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.*
13. Kopylov I.S. *Results of detailed decoding of space images for assessment of geodynamic activity and identification of potentially hazardous karst areas of Kentau city (South Kazakhstan) // Aerospace methods in geology. Perm, 2020. 284-291 pp. (in Russian).*
- Копылов И.С. Результаты детального дешифрирования космических снимков для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков города Кентау (Южный Казахстан) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 284-291.*
14. Kopylov I.S. *Theoretical and applied aspects of the doctrine about geodynamic active zones // Modern problems of science and education. 2011. № 4. (in Russian).*
- Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*
15. Kopylov I.S., Bakytzhanova B.N., Dal L.I., Seytekov T.T. *Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // Aerospace methods in geology. Perm, 2019. 48-54 pp. (in Russian).*
- Kopylov I.S., Bakytzhanova B.N., Dal L.I., Seytekov T.T. *Prospects for application of aerospace methods for oil and gas search in Western Kazakhstan // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Пермь, 2019. С. 48-54.*
16. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. *Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.*
17. Kopylov I.S., Kovin O.N., Nahesbik S. *Regional engineering-aerospace analysis for the design of large linear structures of Western China // Aerospace methods in geology. Perm, 2019. 55-62 pp. (in Russian).*
- Kopylov I.S., Kovin O.N., Nahesbik S. *Regional engineering-aerospace analysis for the design of large linear structures of Western China // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Пермь, 2019. С. 55-62.*
18. Kopylov I.S., Konoplev A.V. *Rating geodynamic state of Talitsky area of Upper Kama potassium salt deposit based on GIS and remote sensing data // Geoinformatika. 2013. № 2. 20-23 pp. (in Russian).*
- Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика. 2013. № 2. С. 20-23.*
19. Kopylov I.S., Konoplev A.V., Iblaminov R.G. *The latest tectonics and modern geodynamics of Western Kazakhstan at the Zhilyansk potash salt deposit // Modern problems of science and education. 2014. № 5. (in Russian).*

Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинев Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5.

20. Kopylov I.S., Kozlov S.V. Neotectonic model of formation of oil and gas fields and mineragenic role of geodynamic active zones // *Bulletin of Perm University. Geology*. 2014. № 1 (22). 78-88 pp. (in Russian).

Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

21. Koronovskiy N.V., Bryantseva G.V., Goncharov M.A., Neymark A.A., Kopaev A.V. Lineaments, fractures and regmatic network: core and terminology. *Geotektonika. Geotectonics*. 2014, 2: 75-88. (in Russian).

Короновский Н.В., Брянцева Г.В., Гончаров М.А., Неймарк А.А., Копяев А.В. Линеаменты, планетарная трещиноватость и регматическая сеть: суть явлений и терминология // *Геотектоника*. 2014. №2. С.75–88.

22. Mikhalev V.V., Kopylov I.S., Bykov N.Ya. Assessment of geological risks and technological hazards in the development of oil and gas regions based on aero-cosmological studies // *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2005. № 5-6. 76-77 pp. (in Russian).

Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техно-природных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэро-космогеологических исследований // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 5-6. С. 76-77

23. Nechaev YU.V. Lineaments and tectonic break: Remote studying of internal structure of sial. Ed. by. academitian A.O. Gliko. Moscow: IFZ RAN, 2010: 215. (in Russian).

Нечаев Ю.В. Линеаменты и тектоническая раздробленность: Дистанционное изучение внутреннего строения литосферы / Под. ред. академика А.О. Глико. М.: ИФЗ РАН, 2010. 215 с.

24. Zverev A.T., Zverev A.V., Salimon E.A. Forecast of oil and gas deposits with the use of lineamental analysis of space images data. *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka». Izvestia vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying»*. 2018, 62 (3): 337-345. (in Russian).

Зверев А.Т., Зверев А.В., Салимон Э.А. Прогноз нефтегазовых месторождений на основе линеаментного анализа космоснимков // *Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка»*. 2018. Т. 62. № 3. С. 33-345.

25. Zverev A.V., Zverev A.T. Search of the gas- and oil deposits using lineament analysis of space images. *Sbornik statej po itogam nauchno-tekhnicheskikh konferencij. Proceedings of science and practical conferences. In 2 parts*. 2014, Issue 7. 1: 160-163. (in Russian).

Зверев А.В., Зверев А.Т. Методика поиска нефтегазовых месторождений с использованием линеаментного анализа космических снимков // *Сб. статей по итогам научно-технических конференций. Вып. 7. В 2-х частях. Ч.1*. 2014. С.160-163.

26. <https://geology.com/world/somalia-satellite-image.shtml>.

27. <https://wikichi.ru/wiki/Somalia>.

28. <https://tarantulas.su>.

29. <http://www.hornpetroleum.com>.

А.А. Васькина, М.С. Липова, Ю.С. Майор, А.А. Подосёнова, Е.И. Фролова
Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ КУДЫМКАРСКОГО РАЙОНА (ЛИСТ О-40-VII)

Проведено дешифрирование космических снимков территории Кудымкарского района (лист О-40-VII). Выделены тектонические зоны по линеаментам и кольцевым структурам, перспективные на поиски нефти и газа.

Ключевые слова: аэрокосмические методы; дешифрирование; линеamentный анализ; Кудымкарский район; Пермский край.

A.A. Vaskina, M.S. Lipova, Yu.S. Major, A.A. Podosyonova, E.I. Frolova
Perm State University, Perm, Russia

AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE KUDYMKAR DISTRICT (SHEET O-40-VII)

Interpretation of satellite images of the territory of the Kudymkar region (sheet O-40-VII) has been carried out. Tectonic zones have been identified by lineaments and ring structures that are promising for oil and gas exploration.

Key words: aerospace methods; decryption; lineament analysis; Kudymkarsky district; Perm Territory.

Введение

Применение аэрокосмических методов в геологии основано на существовании тесной связи между геологическим строением, с одной стороны, и рельефом, гидрографической сетью, почвенно-растительным покровом и др. особенностями земной поверхности – с другой. Изучение этих особенностей визуально или по снимкам путем их дешифрирования, позволяет установить многие особенности геологического строения района, не обнаруживаемые традиционными методами геологических исследований, и имеет важное научное и практическое значение [16, 24, 30].

Территория листа О-40-VII относится к нефтегазоперспективным территориям [1, 31, 32], однако она пока недостаточно хорошо изучена геолого-геофизическими методами и глубоким бурением. Проведены геологическая и гидрогеологическая съемки масштаба 1:200 000 (Бабенышев и др., 2004ф, Иконников, Ревин, Копылов и др., 1981ф) [27]. Аэрокосмогеологические исследования проводились в основном только на региональном уровне (Шитин и др., 1983ф; Копылов, Хурсик, 2010ф) [4, 14, 15].

Целью работы были поиски нефтегазоперспективных структур аэрокосмическими методами на западе Пермского края, в частности на территории Кудымкарского района (в пределах тополиста О-40-VII).

Физико-географические и геологические условия

Район исследований располагается на восточной окраине Восточно-Европейской равнины в области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья в пределах района Верхнекамской возвышенности (западная часть) и Иньвинско-Обвинской низменной равнины [7, 18, 22]. Район расположен в бассейне верхнего и среднего течения реки Иньва (правый приток Камы). Рельеф сильно расчлененный с абсолютными высотами 123-278 м. Местность холмисто-увалистая, сильно расчлененная долинами рек и ручьев.

В тектоническом отношении район располагается в пределах Волго-Уральской антеклизы Восточно-Европейской, в пределах Камского свода, Ракшинской седловина и Верхнекамской впадины [1, 25] (рис. 1).

На территории района, на поверхность выходят верхне-среднепермские отложения, представленные пестроцветными глинами, песчаниками, мергелями с прослоями известняков. Коренные породы перекрыты четвертичными образованиями – в основном современными аллювиальными и делювиальными глинистыми и песчаными отложениями.



Рис.2 Геологическая карта района [25]

Методика и результаты исследований

Комплекс аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) проведен по методикам [3, 5, 6-13, 21, 23, 26]. Основным видом работ в комплексе АКГИ

является структурное (линеamentное) дешифрирование – выделение линеаментов (как правило, прямолинейного характера) на материалах аэрокосмических съемок, отражающих элементы структурно-тектонического строения и тектонических и неотектонических особенностей изучаемой территории. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел, рек, границы ландшафтных структур и др. признаки.

Для аэрокосмогеологического анализа были использованы цифровые космоснимки Landsat – 7, 8, взятые из открытых источников (Google Earth), по которым подготовлена дистанционная основа (рис. 2).



Рис. 2. Дистанционная основа Кудымкарского района

Дешифрирование территории можно условно разделить на три последовательных этапа. Первый этап заключается в поиске на снимке четко выраженных структур, которые могут указывать на наличие поисковых объектов. Второй этап заключается в распознавании линейных и кольцевых структур. На этом этапе производится классификация объекта, выявляется его сущность. Третьим этапом дешифрирования является определение качественных и количественных характеристик и обозначение выявленных структур конкретными условными знаками. В основе исследований лежит структурное дешифрирование. Месторождения нефти, как правило, приурочены к антиклинальным структурам. На аэрокосмических снимках такие области хорошо дешифрируются в виде кольцевых и вихревых структур, и

сгущений линеаментов. Линеаменты – это линейные элементы рельефа, имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости в земной коре. Индикаторами линеаментов служат линейно-вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границ ландшафтных структур. Кольцевые и вихревые структуры указывают на наличие зоны высокой проницаемости.

Проведено компьютерное дешифрирование в масштабах 1:200 000 с помощью программы ArcGIS. Было выделено более 100 линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями и ландшафтными структурами, протяженностью 5-10 км, ориентированных преимущественно в северо-западном и северо-восточном направлениях. Выделение линеаментов разных рангов на территории представлено на рис. 3а.

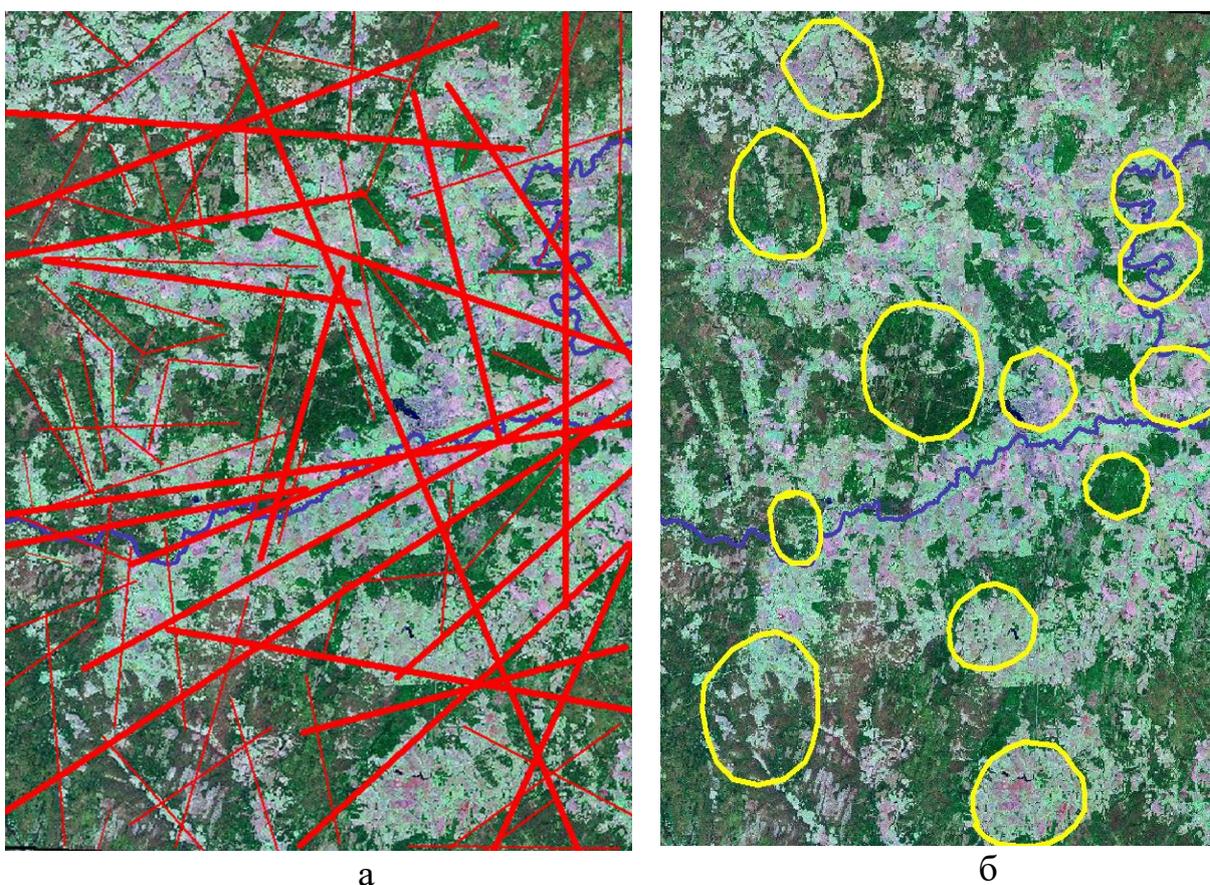


Рис.3. Дешифрирование линеаментов (а) и кольцевых структур (б)

Качественный анализ был проведен на основе космоснимка с дешифрированными кольцевыми и линейными структурами (рис. 3б). Визуально были выделены зоны, в которых происходит пересечение кольцевых и линейных структур. Также были проанализированы ранее выявленные факторы и условия территорий и сопоставлены со схемами геологического строения, на основе чего были выделены перспективные зоны. Отдельные типы выделенных зон сами по себе не гарантируют высокую перспективность территории, их следует рассматривать в комплексе друг с другом. Поэтому окончательные результаты работы заключался в сведении этих зон и исключении

тех участков, где не происходит их пересечение. В результате получается интегральная карта зон, перспективных на поиски месторождений нефти. Зонам присваивается ранг, рекомендуемый очередности изучения при поисках месторождений.

Для выделения активных геодинамических зон, на территории проведена оценка плотности линеаментов с помощью модуля Spatial Analyst (рис. 4). На территории установлена повышенная геодинамическая активность с наличием тектонических нарушений, проявленных в земной коре разрывами или геологическими и ландшафтными аномалиями [21, 23].

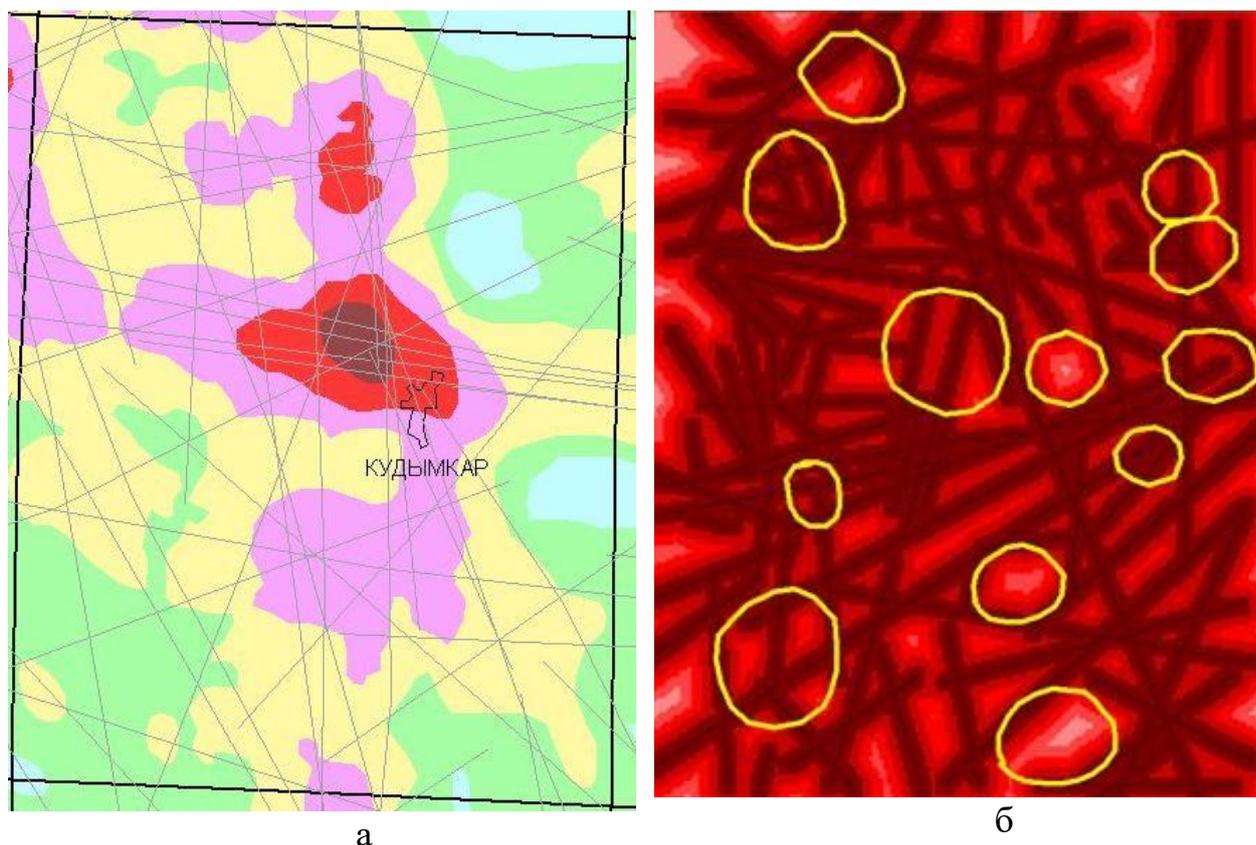


Рис.4. Карты плотности линеаментов (а – по И.С.Копылову, б – по авторам)

Обсуждение исследований

Результаты проведенных АКГИ показывают на сходство структурно-тектонических и геодинамических построений, выполненных ранее. Особенно четко подтверждаются зоны региональных линеаментов выделенных предшественниками [8, 19, 20]. Также хорошо подтверждается Кудымкарская геодинамическая активная зона, выделенная И.С. Копыловым [6]. Подтверждаются основные кольцевые структуры, которые могут быть перспективными участками для установления антиклинальных структур – ловушек на нефть и газ.

В данной работе мы подтвердили, что аэрокосмические методы являются ведущими среди способов, использующиеся при поисках и разведке месторождений на региональной стадии. Они позволяют дать информацию, которую сложно получить традиционными методами исследования. Эти

методы помогают в изучении мало исследованных и труднодоступных районов, дают возможность получить информацию с высокой степенью достоверности и оперативности.

Как отмечено выше, рассматриваемый район до сегодняшнего времени был охвачен только региональными глубокими скважинами и в настоящий момент на данной территории не установлено месторождений нефти. Возможно, наши данные помогут для дальнейшего исследования территории и выявления нефтегазоперспективных участков.

В некоторых выделенных перспективных зонах располагаются ныне существующие промышленные месторождения глин [2, 28, 29], поэтому по результатам проведенных исследований, возможен также прогноз общераспространенных полезных ископаемых. С другой стороны, участки с высокой геодинамической активностью являются неблагоприятными экологическими и инженерно-геологическими участками [17].

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: 2012. 124 с.: ил.
2. Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В. Геология и полезные ископаемые Коми-Пермяцкого автономного округа. Кудымкар: Коми-Пермяцкое кн. изд-во. 1995. 136 с.
3. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
4. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
5. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
6. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
7. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
8. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.
9. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
10. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.
11. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.
12. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
13. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
14. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа – история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: Аэрокосмические методы в

геологии. Пермь, 2019. С. 13-24.

15. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа -характеристика основных результатов региональных и нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь 2020. С. 13-40.

16. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Пермь, 2017. С. 178-186.

17. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.

18. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.

19. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 38-47.

20. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 321-328.

21. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.

22. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.

23. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

24. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.

25. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

26. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // Геоинформатика. 2013. № 2. С. 20-23.

27. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.

28. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Методический подход к инженерно-геологическому изучению и комплексной разработке месторождений строительных материалов с улучшением их качества (на примере района железной дороги "Белкомур") // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 154-160.

29. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве. 2011.

30. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. М., Аспект Пресс, 2004. 184 с.

31. Николаевская Н.А. Коми-Пермяцкий округ // Материалы по обоснованию. Том 2 книга 6. Москва 2017 г. 172 с.

32. Савельев Г.П. Программа экономического и социального развития Коми-Пермяцкого автономного округа на 2004-2006 годы и на период до 2010 года. 2004.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА НОВО- ГУБАХИНСКОМ ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ

Аэрокосмогеологические исследования масштаба 1:50 000 выполнены в Передовых складках Урала на площади 620 км². Работы включили комплексное дешифрирование космических и аэрофотоснимков, интерпретацию результатов дешифрирования на основе накопленного геологического материала. Детализировано геологическое и тектоническое строение территории, уточнены литолого-стратиграфические границы, закартированы надвиги и взбросо-надвиговые разрывные нарушения, составлена геологическая карта участка в масштабе 1:50 000. Установлены прямолинейные линеаменты семи систем простирания четырёх таксономических рангов, отождествляемые с линейными зонами тектонической трещиноватости. Произведено неотектоническое районирование с выделением неотектонических блоковых структур. Выделено 25 ландшафтных аномалий, предположительно отобразивших локальные складчатые структуры. Даны рекомендации нефтегазопромысловых работ.

Ключевые слова: нефтегазопромысловые работы, аэрокосмогеологические исследования, аэрофотоснимок, космоснимок, дешифрирование, линеамент, ландшафтная аномалия, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

LARGE-SCALE AEROCOSMOGEOLOGICAL OIL AND GAS RESEARCH AT THE NOVO-GUBAKHINSKY LICENSE AREA

Aerospace studies on a scale of 1: 50,000 were carried out in the Advanced folds of the Urals on an area of 620 km². The work included a comprehensive interpretation of space and aerial photographs, interpretation of the interpretation results based on the accumulated geological material. The geological and tectonic structure of the territory has been detailed, lithological and stratigraphic boundaries have been clarified, thrusts and upthrust-thrust faults have been mapped, a geological map of the site at a scale of 1: 50,000 has been compiled. Rectilinear lineaments have been established for seven strike systems of four taxonomic ranks, identified with linear fracture zones. Neotectonic zoning was carried out with the identification of neotectonic block structures. 25 landscape anomalies were identified, presumably reflecting local folded structures. Recommendations for oil and gas exploration are given.

Key words: oil and gas prospecting, aerospace geological research, aerial photograph, space photograph, interpretation, lineament, landscape anomaly, Middle Urals.

Введение

Западноуральская зона складчатости, именуемая Передовыми складками Урала, ранее относилась к бесперспективным на нефть и газ территориям.

Однако, данная позиция в последнее время несколько изменилась и на этой территории начали проводиться нефтегазопроисследовательские исследования. Настоящая статья является примером проведения крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) на этой территории. Кроме того, она является практически последней из работ АКГИ на Урале и Приуралье, в основе которых для картирования нефтеперспективных объектов использовались крупномасштабные черно-белые аэрофотоснимки (АФС).

Работы проводились в 2004-2005 гг. сектором комплексных геологических исследований ООО «ПермНИПИнефть» (В.З. Хурсик – рук., Н.Я. Быков, И.С. Копылов, Н.П. Болгарин, С.П. Волкогон) в соответствии с геологическим заданием на производство работ по теме «Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) на Ново-Губахинском лицензионном участке», выданном ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» [1]. Предусматривалось проведение крупномасштабных АКГИ на площади, ограниченной координатами: 1). 58°48' с.ш. - 57°25' в.д. 3. 58°33' с.ш. - 57°54' в.д; 2). 58°47' с.ш. - 57°50' в.д. 4. 58°33' с.ш. - 57°35' в.д. Ново-Губахинский участок исследований располагается в площади листов масштаба 1:50 000 следующей номенклатуры: 0-40-43-Г; 0-40-44-В, Г; 0-40-56-А, Б. Площадь объекта 620 км² (рис. 1).

Цель исследований: уточнение и дополнение представлений о геологическом и тектоническом строении территории, уточнение геологических границ и выявления взбросо-надвиговых разрывных нарушений, изучения тектонической трещиноватости, отображённой прямолинейными линеаментами, и выявление перспективных в нефтегазоносном отношении объектов, возможно отвечающих антиклинальным структурам различного генезиса.

Геологические условия

Геологический разрез зоны Передовых складок Урала (ПСУ) сложен мощным комплексом значительно дислоцированных пород верхнего протерозоя и палеозоя (рис. 2, 3).

Кристаллический фундамент слагают породы архея, нижнего и среднего протерозоя. Архейские породы составляют ядра наиболее древней беломорской консолидации, протерозойские – представляют более позднюю карельскую консолидацию. Породы фундамента сложены преимущественно разнообразными гнейсами и гранитоидами. Глубокими скважинами на территории ПСУ они не вскрыты. В пределах рассматриваемой территории поверхность кристаллического фундамента залегает на глубинах с абсолютными отметками минус 4600 - минус 8000 м [23, 24].

Осадочный чехол слагается породами верхнего протерозоя и палеозоя, перекрытыми тонким слоем четвертичных отложений.

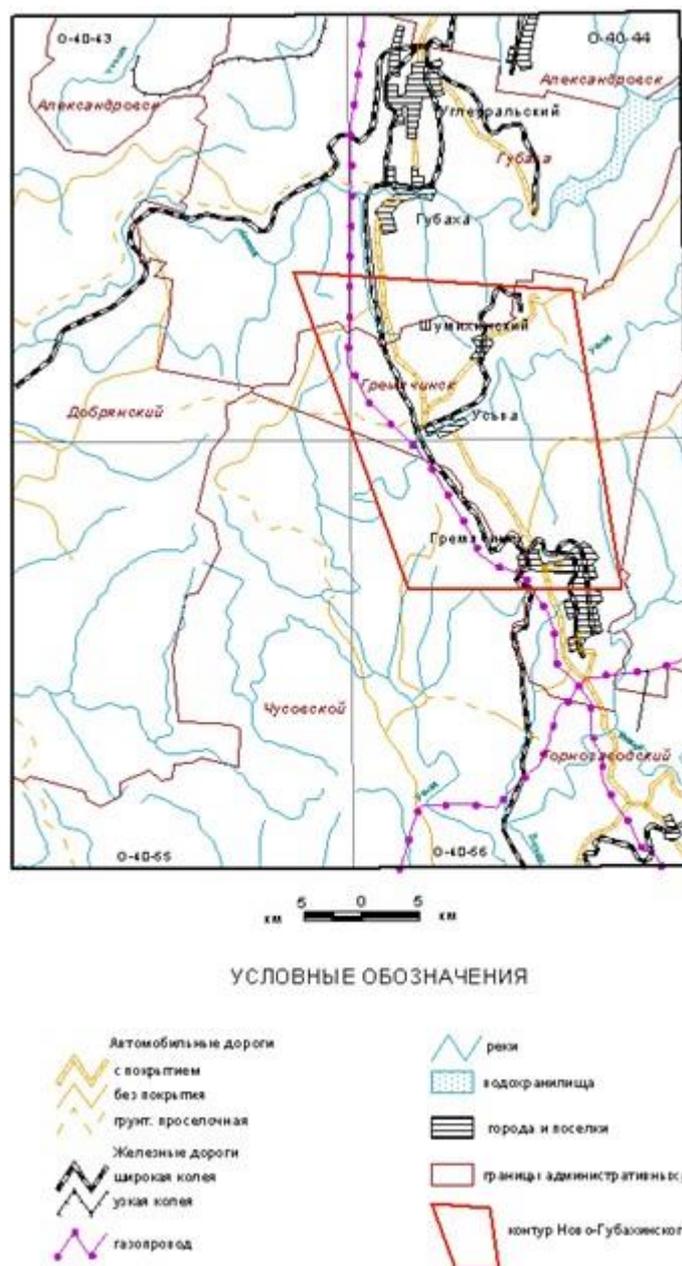
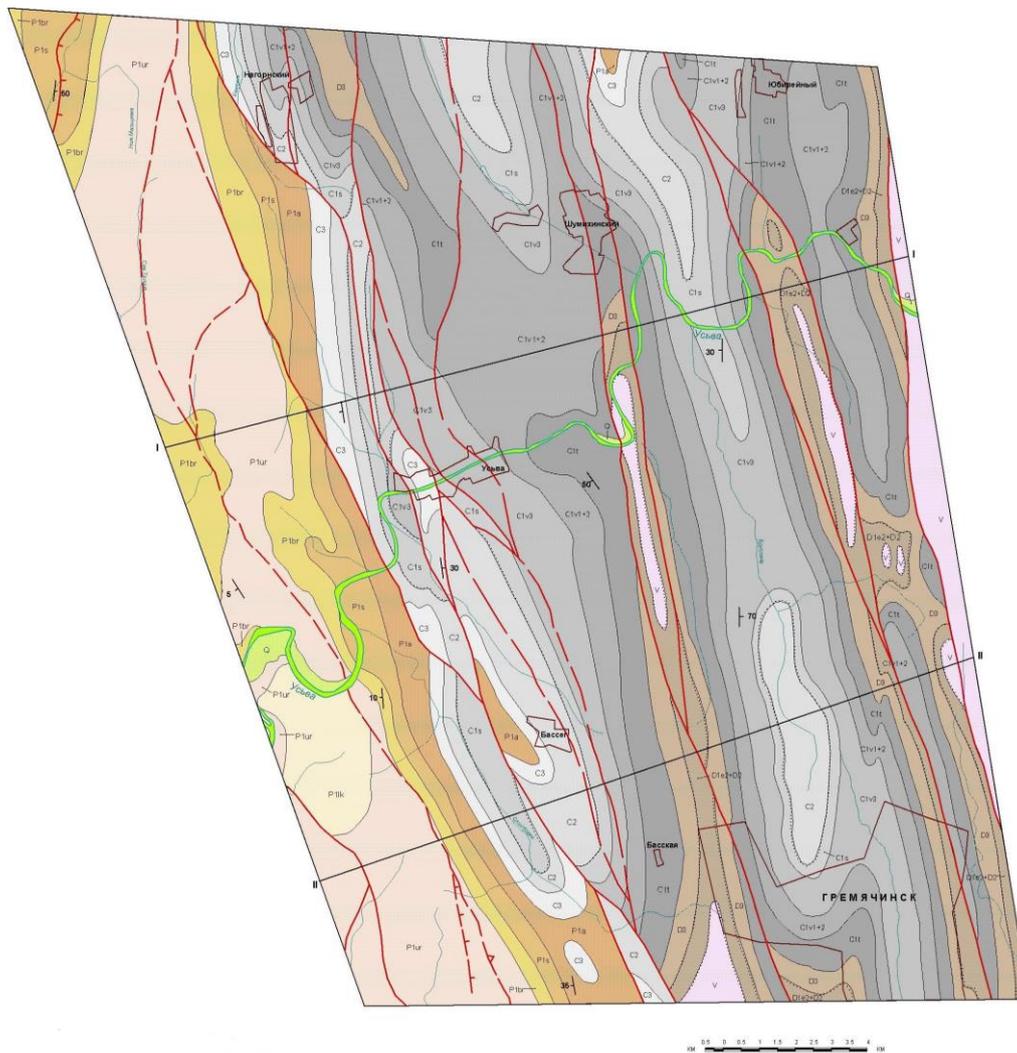


Рис. 1. Обзорная схема Ново-Губахинского участка

В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие отложения вендского и фанерозойского комплексов, выходящих, в пределах площади, на дневную поверхность [19, 20]. Стратиграфический разрез изучен геолого-съёмочными и геологоразведочными работами на уголь (в пределах Кизеловского каменноугольного бассейна) и скважинами структурного и структурно-параметрического бурения, расположенными на сопредельных площадях.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Q	Четвертичная система Аллювиальные глины, пески, галечники
P1k	Пермская система. Нижний отдел Кунгурский ярус. Филипповский горизонт. Лекская свита Полновязые песчаники, алевролиты и аргиллиты, прослой мергелей, известняков и доломитов, линзы ангидрита
P1ur	Пермская система. Средний отдел Артинский ярус. Ирвинский - саранинский горизонты. Урминская свита Полновязые песчаники, конгломераты, алевролиты, аргиллиты
P1br	Пермская система. Средний отдел Артинский ярус. Бурцевский горизонт. Известняки
P1s	Пермская система. Средний отдел Самарский ярус. Известняки, прослой кремней
P1a	Пермская система. Средний отдел Ассельский ярус. Известняки
C3	Каменноугольная система Верхний отдел. Известняки и доломиты
C2	Каменноугольная система Средний отдел. Известняки и доломиты, линзы, прослой известняковых конгломератов-брекчий, мергелей, аргиллитов и алевролитов
C1s	Каменноугольная система Нижний отдел Серпуховский ярус. Известняки и доломиты
C1v3	Каменноугольная система Визейский ярус. Верхний подярус. Известняки и доломиты
C1v1+2	Каменноугольная система Визейский ярус. Нижний и средний подярусы. Кварцевые песчаники, алевролиты, аргиллиты, пласты и прослой халкинитовых утей. Вверху и внизу прослой известняков
C1t	Каменноугольная система Турнейский ярус. Известняки, аргиллиты, алевролиты
D3	Девонская система Верхний отдел. Битуминозные известняки и аргиллиты, рыхлые известняки рифогенные. Внизу - песчаники, алевролиты и аргиллиты
D1e2+D2	Девонская система Верхнеэмский подярус нижнего отдела и средний отдел Известняки, доломиты, аргиллиты, алевролиты, песчаники, в основании - конгломераты и гравелиты
V	Верхний протерозой Венд. Сылвицкая серия. Песчаники, алевролиты и аргиллиты

Рис. 2. Геологическая карта Ново-Губахинского участка

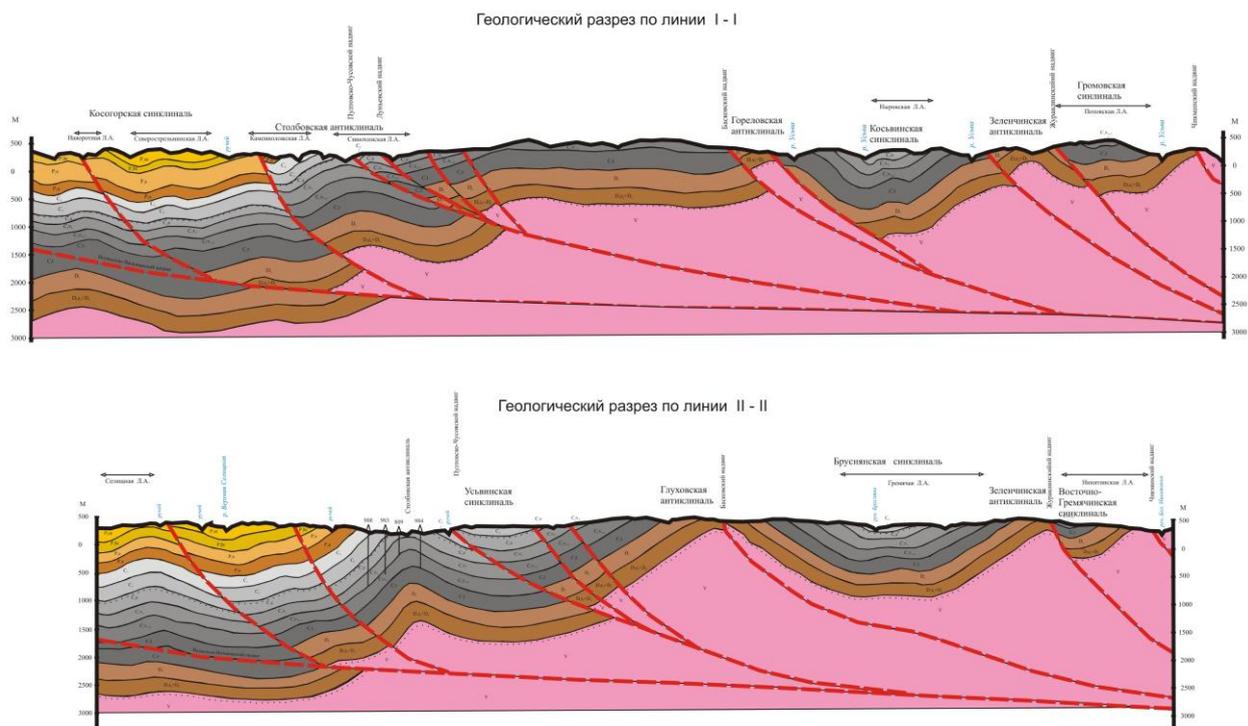


Рис. 3. Геологические разрезы Ново-Губахинского участка

Изученность и методика исследований

Ново-Губахинский участок расположен в Передовых складках Урала, находится в зоне Кизеловского каменноугольного бассейна. Площадь закартирована мелкомасштабными (1:200 000) геологическими и гидрогеологическими съёмками. Площадными сейсморазведочными работами не охвачена, глубокое поисково-разведочное бурение не проводилось, имелись только углеразведочные скважины. АКГИ ранее на площади не проводились.

В соответствии с геологическим заданием выполнен комплекс крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований, включавших структурное, геологическое и геоморфологическое дешифрирование крупномасштабных аэрофотоснимков, линеаментное дешифрирование космических снимков, обобщение и анализ накопленной за предыдущие годы геологической информации и на её основе комплексная интерпретация результатов дешифрирования космо- и аэрофотоснимков, компьютерная обработка данных, построение результирующих карт [2, 4, 9, 12, 13].

Основной объём комплексного (структурное, структурно-геоморфологическое и геологическое) дешифрирования выполнен на крупноформатных чёрно-белых и спектрзональных аэрофотоснимках (АФС) масштаба 1:25 000 и малоформатных чёрно-белых АФС масштаба 1:50 000 специализированных аэрофотосъёмочных залётов осеннего (сентябрь 1974 г.) аспекта, произведённых Мячковским авиаотрядом по заказу объединения «Пермнефть». С целью обзорного изучения деталей строения осадочного чехла в районе исследований и для решения некоторых вопросов регионального характера использовались материалы космических съёмок масштаба 1:500 000.

Результаты исследований

Тектоническая трещиноватость отображённая системами прямолинейных линеаментов

В результате структурного (линеаментного) дешифрирования разномасштабных космо- и аэрофотоснимков на Ново-Губахинском участке выявлена плотная сеть разнонаправленных прямолинейных линеаментов, отобразивших активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинных структур в дислоцированном осадочном чехле и в кристаллическом фундаменте. Проявление таких структур в строении земной поверхности обусловлено возрождением блоковых движений в современный тектонический этап развития земной коры.

По протяжённости прямолинейные линеаменты подразделены на четыре таксономических ранга: региональные, зональные, локальные и короткие линеаменты: региональные линеаменты, линеаменты большой протяжённости, прослеживаются на расстояния более 50 км; зональные линеаменты, линеаменты значительной протяжённости, прослежены на расстояния от 15 км до 50 км; локальные линеаменты, средней протяжённости, имеют длину от 5 км до 15 км; линеаменты короткие имеют длину менее 5 км.

В верхней части земной коры все породы в различной степени нарушены густой сетью тектонических трещин - разрывных нарушений, по которым не происходит заметных смещений. Зоны тектонической трещиноватости наблюдаются во всём разрезе пород. От кристаллического фундамента трещиноватость прослеживается в автохтоне и проявляется в аллохтоне. Пересекая все надвиговые структуры, что хорошо просматривается на плане дешифрирования (рис. 4), тектоническая трещиноватость представляет самые поздние деформации.

Учитывая обширный опыт ранее проведенных работ, следует предполагать, что протяжённые прямолинейные линеаменты регионального и зонального таксономических рангов отображают разрывные нарушения в кристаллическом фундаменте и в основании осадочного чехла. Выше по разрезу эти нарушения переходят в линейные зоны интенсивной трещиноватости, которые, как правило, подчёркиваются повышенной проницаемостью толщи горных пород. Менее протяжённые локальные линеаменты, выявленные на крупномасштабных аэрофотоснимках, вероятно, отображают линейные зоны усиления тектонической трещиноватости в верхних частях осадочного чехла. По мнению большинства исследователей короткие линеаменты, выделяемые, как правило, по эрозионной сети низкого порядка, отражают трещиноватость в приповерхностных и выходящих на поверхность отложениях.

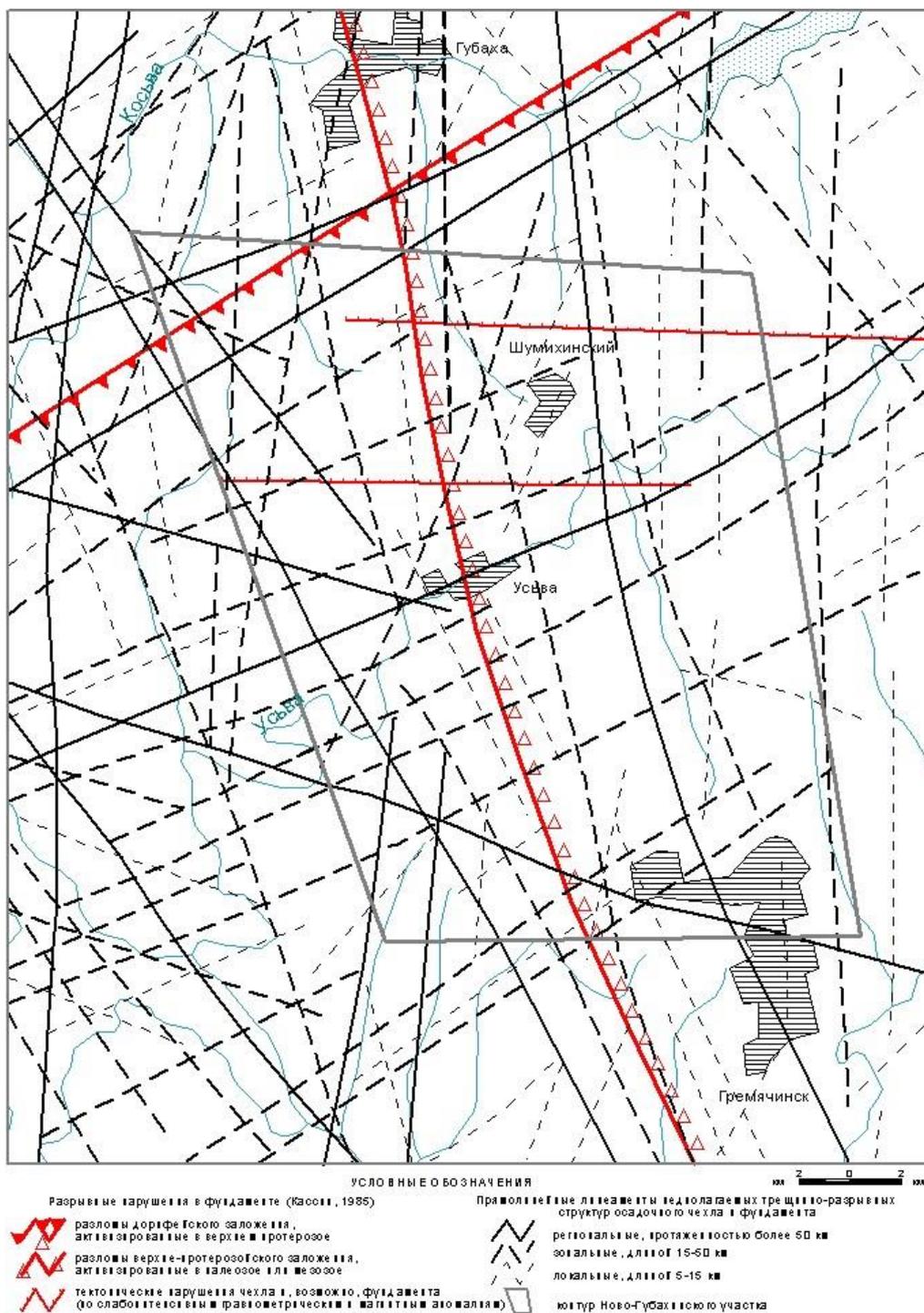


Рис. 4. Схема дешифрирования тектонических линейментов.
Масштаб 1:200 000

Прямолинейные линейменты, группируясь на отдельных участках, образуют линейментные зоны сгущения, серии и пучки. Концентрируясь вдоль региональных и зональных линейментов, локальные и короткие линейменты образуют линейные зоны неотектонической напряжённости, характеризующиеся увеличенной трещиноватостью и проницаемостью пород в верхних частях осадочного чехла.

Пересечения значительного количества разнонаправленных линеаментов любых таксономических рангов на локальном участке образуют фокальные узлы тектонической напряжённости в толще пород.

Показанный на карте строения поверхности кристаллического фундамента транзитный, прослеженный из Косьвинско-Чусовской седловины в Западно-Уральскую складчатую зону, глубинный разлом северо-восточного простирания имеет дорифейское заложение и активизирован в верхнем протерозое [3]. Зона разлома нашла довольно отчётливое отображение в результатах дешифрирования. Данный разлом пересекает площадь исследований в её северо-западном углу. Разлому планово близко соответствуют региональные северо-восточные линеаменты. Один из региональных линеаментов закартирован вдоль осевой линии разлома в 3 км южнее. Данный прямолинейный линеамент является самым протяжённым из выявленных в площади Ново-Губахинского участка. Линеамент прослежен по КС из района д.Голубята на р.Вильва в северо-восточном направлении в долину р.Косьва у пос.Широковский на расстояние до 110 км. Структурным дешифрированием крупномасштабных аэрофотоснимков в зоне влияния глубинного разлома намечается зона сгущения северо-восточных линеаментов локальной и короткой протяжённости шириной порядка 10 км. Линеаментная зона обусловлена интенсивным характером трещиноватости пород в аллохтоне на данном участке.

Закартированный в кристаллическом фундаменте по результатам региональных гравиметрических и магнитометрических съёмок разлом северо-северо-западного простирания в 345° , ограничивает в строении фундамента восточный борт Сосновского прогиба, отделяя его от Западно-Уральского погружения. Разлом имеет верхнепротерозойское заложение и активизирован в палеозое или мезозое [3]. В материалах структурного дешифрирования разномасштабных космо- и аэрофотоснимков разлом фиксируется зоной субпараллельных ему прямолинейных линеаментов зональной и локальной протяжённости. Ширина линеаментной зоны влияния разлома составляет на участке исследований порядка 5.5 км.

Трещинно-разрывные нарушения с выдержанным одним направлением выделяются в отдельные системы; для них характерна одновременность образования. Очень часто одновременными являются сразу два направления трещин, обычно взаимоперпендикулярные. Аналогичным образом объединяются в системы прямолинейные линеаменты, отображающие тектоническую трещиноватость.

В районе исследований наиболее широкое развитие имеют прямолинейные линеаменты северо-восточной системы простирания. Ново-Губахинский участок целиком располагается в крупной полосовидной линеаментной зоне северо-восточного простирания, образованной концентрацией северо-восточных линеаментов всех таксономических рангов. Линеаментная зона простирается в северо-восточном направлении из Косьвинско-Чусовской седловины через Передовые складки Урала в зону

Центрально-Уральского поднятия. Ширина зоны в районе исследований достигает порядка 40 км. Северо-восточные линеаменты характеризуются довольно выдержанными направлениями простираний в 55-70°.

Относительно небольшим количеством прямолинейных линеаментов представлена система северо-северо-восточных линеаментов с устойчивым простиранием в 20-30°. Северо-северо-восточный линеамент зонального ранга выявлен по космическим снимкам в северо-западной части Ново-Губахинского участка. Линеамент прослежен от западной границы площади исследований из долины р.Усьвы в северо-северо-восточном направлении несколько западнее п.Шумихинский. Другие линеаменты этой системы представлены локальными и короткими линеаментами и выявлены дешифрированием аэрофотоснимков к востоку от зонального линеамента.

В целом менее развиты северо-западные прямолинейные линеаменты, среди которых выделяются линеаменты трёх систем: северо-западные линеаменты с генеральным простиранием в 325°, линеаменты северо-северо-западные с усреднённым простиранием в 340° и запад-северо-западные линеаменты с простиранием в 290°. Из северо-западных линеаментов наиболее представительны системы северо-западная 325° и северо-северо-западная 340°, линеаменты системы запад-северо-западной 290° отмечаются в ограниченном количестве. Северо-западные прямолинейные линеаменты системы 325° образуют полосовидную зону шириной около 4 км, протягивающуюся вблизи западной границы Ново-Губахинского участка. Зона ограничена региональными линеаментами и образована увеличенной концентрацией северо-западных линеаментов локальной и зональной протяжённости. Линеаменты отмеченной зоны контролируют простирание и положение Столбовской и Большеуткинской ландшафтных аномалий и согласуются с простиранием палеозойских толщ западного крыла Столбовской антиклинали. Восточнее, на остальной площади Ново-Губахинского участка северо-западные линеаменты, как правило, имеют локальную и короткую протяжённость.

Северо-северо-западные прямолинейные линеаменты системы 340° в большинстве представлены линеаментами локальной и короткой протяжённости, в меньшей степени - зональными линеаментами. Линеаменты данной системы более характерны для восточной половины Ново-Губахинского участка, где они контролируют положение некоторых ландшафтных аномалий.

Система запад-северо-западных прямолинейных линеаментов с генеральным направлением простирания в 290° в пределах Ново-Губахинского участка не имеет широкого развития. некоторые исследователи разрывные нарушения с простираниями в 290° рассматривают, как субширотные. В районе наших исследований закартированы два региональных линеамента этой системы: один из них пересекает площадь Ново-Губахинского участка вблизи его южной границы, другой входит в площадь работ своим восточным окончанием в районе п.Усьва. Они имеют большую протяжённость, выявлены и прослежены по космическим снимкам в площадь наших исследований от левобережья р.Камы. Зональные, локальные и короткие запад-северо-западные

линеаменты редки и не образуют зон сгущения вдоль региональных линеаментов.

Не менее отчётливо и уверенно прослеживается система меридиональных и субмеридиональных линеаментов, но в количественном отношении они уступают северо-восточным и северо-западным линеаментам. Меридиональные и субмеридиональные линеаменты относительно равномерно покрывают всю площадь Ново-Губахинского участка и представлены всеми таксономическими рангами.

Система широтных линеаментов для Ново-Губахинского участка не характерна и является наименее представительной. Представлена небольшим количеством коротких линеаментов, выявленных дешифрированием крупномасштабных аэрофотоснимков.

Таким образом, в районе исследований структурным дешифрированием космо- и аэрофотоснимков установлены 7 систем прямолинейных линеаментов, характеризующихся определённым устойчивым направлением своего простирания. Наиболее широко развиты северо-восточные $55-70^\circ$ линеаменты, несколько в меньших количествах отмечаются линеаменты северо-западные 325° и северо-северо-западные 340° , заметно менее представительна система меридиональных и субмеридиональных линеаментов, существенно реже проявлены северо-северо-восточные $20-30^\circ$ и запад-северо-западные 290° линеаменты, широтные линеаменты представлены небольшим количеством только коротких линеаментов.

Отрезки линеаментов регионального и зонального рангов послужили границами неотектонических блоковых структур.

Отображение локальных антиклинальных структур в ландшафте земной поверхности

В результате крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований на Ново-Губахинском участке выявлено 25 локальных ландшафтных аномалий (ЛА), предположительно отобразивших погребённые или сквозные тектонические локальные структуры осадочного чехла (рис. 5, 6).

Ландшафтные аномалии, как отображающие положительные пликвативные структуры различного генезиса, в т.ч. на эталонных структурах, в целом характеризуются относительно близким спектром геоиндикационных признаков. Установление достаточно точных критериев для надёжного отождествления выявленных ЛА со структурами различной природы встречает определённые затруднения. Отождествление ландшафтных аномалий с тем или иным типом структуры с достаточной степенью уверенности возможно, учитывая морфологические характеристики, ориентировку и характер группировки ЛА, а также геологическую и тектоническую позицию рассматриваемого участка.

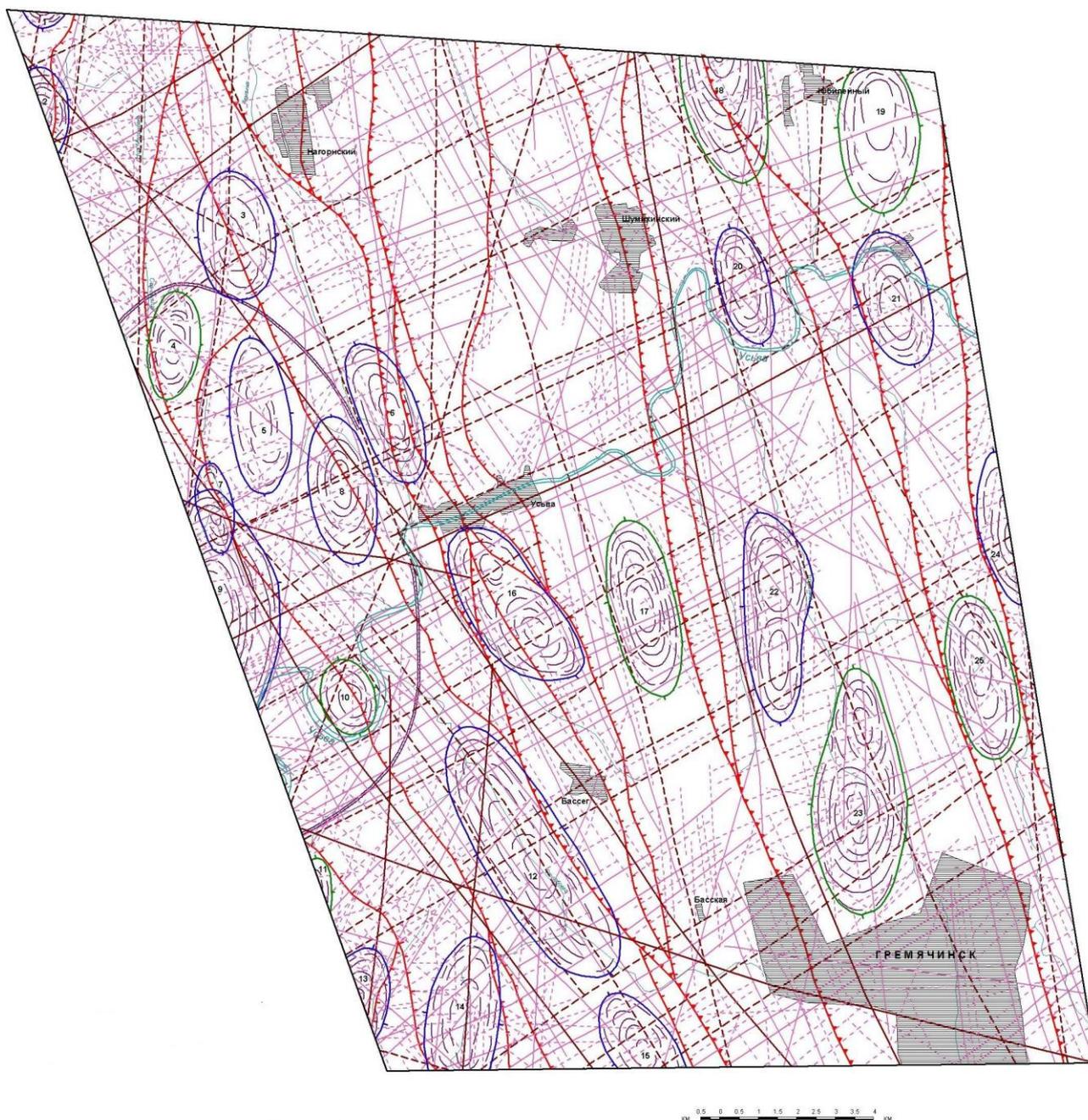


Рис. 5. Карта результатов структурного дешифрирования

По результатам комплексной интерпретации результатов дешифрирования и накопленного геологического материала из 25 выявленных локальных ЛА предположительно отождествляются 16 аномалий с аллохтонными и паравтохтонными тектоногенными антиклинальными складками, 1 аномалия предположительно отобразила автохтонную структуру, 8 ландшафтных аномалий отождествить с определённым типом структур осадочного чехла не представляется возможным и такие аномалии показаны, как отображающие структуры не выясненного генезиса.

Выделенные аэрокосмогеологическими исследованиями ЛА в абсолютном большинстве имеют правильную овальную или эллипсовидную форму.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Рис. 6. Условные обозначения к карте результатов структурного дешифрирования

Размер аномалий по длинной оси изменяется в интервале от 2.0 км до 7.5 км, ширина колеблется в пределах от 0.9 км до 3.3 км. Аномалии ориентированы, как правило, в меридиональном и субмеридиональном направлении.

В основе выделенных ЛА лежат как прямые, так и обращённые морфоструктуры. Редко отмечаются аномалии с полуобращённым типом рельефа. В контурах аномалий с прямым типом рельефа располагаются либо одиночные вершины центрального типа, либо компактные группы явных остаточных высот. Аномалии с обращённым типом рельефа характеризуются расположением остаточных высот по периферии аномалии, центральная часть

аномалии пересекается эрозионной формой.

Основными геоиндикационными признаками ЛА являются закономерно расположенные концентрические системы эрозионных и денудационных микро- и мезоформ рельефа.

Западная часть Ново-Губахинского участка располагается в пределах Западно-Кизеловской структурной зоны Передовых складок Урала.

Расположенные вдоль западной границы Ново-Губахинского участка ландшафтные аномалии Нижнемальцевская, Верхнемальцевская, Нагорная, Северострельнинская, Наворотная, Стрельнинская, Навислая, Ломовская и Селищная были выявлены предшествующими АКГИ (Быков и др., 2003ф). Настоящими исследованиями аномалии были доизучены.

Нижнемальцевская и Верхнемальцевская ЛА расположены в северо-западном углу Ново-Губахинского участка. Нижнемальцевская аномалия большей частью выходит за границу площади исследований. Аномалии выделены на южной периклинали Мальцевской антиклинали. Аномалии идентичны по своим морфологическим параметрам и геоиндикационным показателям. Аномалии овального облика, ориентированы субмеридионально и меридионально. Характеризуются достаточно широким комплексом геоиндикационных признаков. Они отчётливо проявляются в материалах комплексного дешифрирования. На участках аномалий закартированы небольшие по размерам антиклинальные складки в сакмарских карбонатах нижней перми, образованные в результате ундуляции шарнира Мальцевской антиклинали. Антиклинали осложнены Мальцевским взбросом, протрассированным геологическим дешифрированием с севера из долины р.Косьва, где он установлен бурением.

Нижнемальцевская и Верхнемальцевская аномалии отобразили в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского фронтального надвига мелкие тектоногенные антиклинальные складки, осложнившие южную периклинали Мальцевской антиклинали.

Нагорная ЛА выделена в осевой части Косогорской синклинали. Правильной овальной формы размером 2.8 км x 1.4 км субмеридиональная аномалия уверенно выявляется структурным дешифрированием. На участке аномалии закартирован синклинальный перегиб в отложениях урминской свиты артинского яруса, а также выявлены разрывные нарушения взбросо-надвигового типа, одно из которых явилось продолжением Косогорского взброса в южном направлении. Характер структуры, отображённой аномалией, не ясен.

Северострельнинская ЛА имеет облик вытянутого в меридиональном направлении овала размером 4.0 км x 1.6 км. Аномалия характеризуется достаточно широким набором геоиндикационных признаков. Геологическим дешифрированием в площади аномалии зафиксирован антиклинальный перегиб в поле развития урминских отложений артинского яруса. Аномалией отображена небольшого размера аллохтонная тектоногенная антиклинальная складка.

Стрельнинская ЛА выделена на правобережье р.Усьвы на западной границе Ново-Губахинского участка и входит в площадь исследований своей восточной половиной. Имеет овальную форму размером 6.2 км x 3.3 км, ориентирована меридионально, характеризуется достаточно широким набором контрастно проявленных геоиндикационных признаков. Это одна из самых крупных по размерам ландшафтных аномалий, выделенных на Ново-Губахинском участке. Проявляется очень уверенно при структурном дешифрировании аэрофотоснимков любых масштабов и на космических снимках. На космоснимках Стрельнинская аномалия соответствует концентрическому центру Усьвинской крупной кольцевой структуры размером 15.0 км x 9.0 км. Усьвинская кольцевая структура выявлена региональными АКГИ (Шитин и др., 1983ф) и детализирована настоящими исследованиями. Кольцевая структура входит в площадь Ново-Губахинского участка своей восточной половиной. Усьвинская кольцевая структура охватывает расположенные кольцеобразной полосой вдоль её границы ландшафтные аномалии, представленные в площади наших исследований аномалиями Нагорная, Северострельнинская, Каменноложская и Навислая. В плане Стрельнинская ЛА расположена на восточном крыле Стрельнинской антиклинали, закартированной геологическими съёмками по карбонатам нижней перми в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского фронтального надвига. Антиклиналь осложнена взбросо-надвигами, оперяющими Всеволодо-Вильвинский надвиг. Горизонтальное перемещение аллохтонной пластины относительно автохтонной части антиклинали к западу оценивается в 1.3-1.5 км. Осевая линия ЛА смещена на 2 км к востоку относительно свода антиклинали, закартированной по поверхности. Таким образом, можно предполагать, что Стрельнинская ландшафтная аномалия отобразила ядро одноимённой антиклинали по отложениям девона и турне в автохтоне или паравтохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига, которое находится в 2.5-3.0 км восточнее относительно закартированного по поверхности.

Наворотная ЛА частично наложена на Стрельнинскую аномалию. Аномалия правильной овальной формы, вытянутой в меридиональном направлении, размер 2.4 км x 0.9 км. Характеризуется достаточно широким набором геоиндикаторов. В контуре аномалии геологическим дешифрированием закартирован антиклинальный перегиб в поле развития артинских (бурцевских) карбонатов. Аномалией Наворотная отображена небольшого размера аллохтонная тектоногенная антиклинальная складка.

Навислая ЛА выделена в крупной излучине р.Усьвы. Аномалия овальной, почти изометричной формы, размер 2.0 км x 1.5 км, ориентирована по длинной оси в меридиональном направлении. Несмотря на сравнительно ограниченное количество геоиндикаторов, главным из которых является почти полный охват аномалии долиной р.Усьвы. Геологическое дешифрирование не проясняет характера структуры, отображённой аномалией. Аномалия расположена на южной центриклинали Косогорской синклинали и осложнена разрывным нарушением взбросо-надвигового типа, установленным

геологическим дешифрированием. Аномалия отнесена к группе аномалий с невыясненным генезисом.

Ломовская и Селищная ЛА расположены на юго-западной границе Ново-Губахинского участка и входят в площадь исследований своими северо-восточными половинами.

Ломовская ЛА установлена в междуречье реки Ломовка и её правого безымянного притока. Аномалия овального очертания размером 3.1 км x 1.5 км с северо-северо-восточным простиранием по длинной оси. В результатах дешифрирования аномалия проявляется достаточно уверенно. Геологическим дешифрированием на участке аномалии выявлен синклинальный перегиб в отложениях урминской свиты. Характер структуры, отображённой аномалией, не выяснен.

Селищная ЛА выделена на правом берегу верховий р.Верх.Селищная. Аномалия овальной формы размером 4.2 км x 1.7 км северо-северо-восточного простирания, характеризуется широким набором геоиндикационных признаков. В отложениях урминской свиты геологическим дешифрированием на участке аномалии закартирован антиклинальный перегиб, осевая линия которого близка к длинной оси аномалии. Селищная аномалия отобразила аллохтонную антиклинальную складку в толще нижнепермских пород.

Малоуткинская ЛА выделена в юго-западном углу Ново-Губахинского участка. Аномалия имеет форму вытянутого в меридиональном направлении правильного овала размером 4.7 км x 2.0 км. Аномалия отличается обращённым типом рельефа, обусловленным пересечением её по длинной оси глубоковрезанной долиной р.Мал.Утка. Аномалия уверенно выделяется в материалах структурного и геоморфологического дешифрирования и охарактеризована широким спектром контрастно выраженных геоиндикационных признаков. По периферии аномалия дугообразно ограничивается узкими водораздельными грядами, осложнёнными многочисленными остаточными высотами. Участок аномалии отличается высокой как горизонтальной, так и вертикальной расчленённостью рельефа, глубоко врезанными эрозионными формами со склонами увеличенной крутизны. На участке Малоуткинской аномалии развиты терригенные отложения урминской свиты артинского яруса, залегающие, по данным геологического дешифрирования, с пологим в 3° падением в западном направлении, осложнённым разрывными нарушениями взбросо-надвигового характера. Предполагается сочленение на глубине отмеченных взбросо-надвиговых структур с Всеволодо-Вильвинским фронтальным надвигом. В результате осадочный чехол разбивается на наклонные клиновидные блоки (пластины), частично перекрывающие друг друга. Таким образом, следует рассматривать как автохтонные или аллохтонные пластины относительно ближайших надвиговых нарушений, хотя, в принципе, вся Западноуральская складчатая зона является аллохтонной относительно фронтальных (Всеволодо-Вильвинского на данном участке) надвигов. В плане Малоуткинская аномалия располагается в блоке, образованном взбросо-надвиговыми разрывными

нарушениями, выявленными геологическим дешифрированием. Предполагается возможное отображение аномалией, погребённой под отложениями урминской свиты автохтонной или паравтохтонной относительно взбросо-надвигов, оперяющих Всеволодо-Вильвинский надвиг, и аллохтонной относительно последнего небольшой тектоногенной антиклинальной складки.

Верхнекаменская ЛА расположена на восточном крыле Косогорской синклинали. Аномалия имеет форму правильного овала размером 3.2 км x 2.0 км, ориентирована меридионально. Аномалия отличается большим количеством отчётливо проявленных геоиндикационных признаков. На участке аномалии карбонатные отложения бурцевского горизонта артинского яруса приведены в тектонический контакт с урминскими терригенными отложениями по разрывному нарушению, сопряжённому с Пултовско-Чусовским надвигом. Не исключается возможность отображения аномалией аллохтонной мелкой антиклинальной складки.

Каменноложская ЛА имеет форму вытянутого в меридиональном направлении правильного овала размером 3.8 км x 1.7 км. Отличается увеличенным количеством ярко выраженных геоиндикационных признаков. Характеризуется интенсивной горизонтальной и вертикальной расчленённостью рельефа, увеличенным врезом эрозионных форм с крутыми склонами, осложнёнными резкими перегибами. Аномалия расположена на западном крыле северной периклинали Столбовской антиклинали, осложнённом взбросо-надвиговым разрывным нарушением, сопряжённым с запада с Пултовско-Чусовским надвигом. Предполагается возможное отображение аномалией антиклинальной складки в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига.

Синюхинская, Столбовская и Большеуткинская ЛА выделены вдоль Пултовско-Чусовского надвига и вдоль сводовой части крупной Столбовской антиклинальной структуры.

Столбовская ЛА имеет правильную эллипсовидную форму, вытянутую в северо-северо-западном направлении, с размерами 7.5 км x 2.1 км. Основу Столбовской аномалии составляет обращённая морфоструктура с концентрацией остаточных вершин по периферии аномалии. Отчётливо выраженный обращённый тип рельефа на участке аномалии обусловлен интенсивно врезанной долиной р. Столбовки, пересекающей аномалию вдоль по длинной оси. Форма и строение аномалии обусловлена овально-концентрическим расположением систем дугообразных отрезков эрозионных и денудационных микро- и мезоформ рельефа в её контуре, представленных резкими бровками, уступами и перегибами на склонах, водораздельными линиями, ложками и ложбинами низких порядков. Аномалия характеризуется расширенным спектром отчётливо проявленных геоиндикационных признаков. Анализ данных геологических съёмок, углеразведочного бурения и результатов комплексного дешифрирования показывает, что аномалией отображён участок на своде крупной Столбовской антиклинальной структуры с наиболее приподнятым положением ядра вследствие воздымания её шарнира. В ядре

антиклинали выведены карбонаты серпуховского яруса нижнего карбона, скважинами углеразведки разрез изучен только до кровли турнейского яруса. Восточное крыло антиклинали перекрыто Пултовско-Чусовским надвигом. Аномалией отображено ядро Столбовской антиклинали в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига. Столбовская антиклиналь является преднадвиговой структурой, поэтому она будет являться в то же время и автохтонной складкой относительно осложняющего её Пултовско-Чусовского надвига.

Большеуткинская ЛА выделена несколько южнее Столбовской аномалии на её простирании. Аномалия имеет форму правильного овала с размерами 4.0 км x 1.6 км, ориентирована в северо-северо-западном направлении. В материалах комплексного дешифрирования выявляется уверенно. Характеризуется значительным количеством достаточно отчётливо проявленных геоиндикационных признаков, из которых следует отметить центростремительный рисунок эрозионной сети и наличие молодых развивающихся оврагов. Большеуткинская аномалия представляет собой морфоструктуру с полуобращённым типом рельефа, обусловленным пересечением западного крыла аномалии долиной р.Бол.Утка. В площади Большеуткинской аномалии закартирована мелкая антиклинальная складка, осложняющая Столбовскую структуру вследствие ундуляции её шарнира. Яро складки сложено известняками верхнего карбона в поле развития карбонатов ассельского яруса. Восточное крыло складки также осложнено Пултовско-Чусовским надвигом. Ландшафтная аномалия соответствует этой антиклинальной складке.

Синюхинская ЛА имеет форму правильного овала размером 3.6 км x 1.5 км, ориентирована субмеридионально. Характеризуется прямым типом рельефа, занимая водораздельное пространство между долинами р.Синюха и её безымянного правого притока, долины которых обладают ярко выраженной правосторонней асимметрией. В результатах комплексного дешифрирования аномалия проявляется достаточно уверенно. Расчленённость рельефа в контуре аномалии несколько понижена и увеличивается по периферии аномалии. Аномалия охарактеризована значительным количеством отчётливо проявленных геоиндикаторов. Планово Синюхинская аномалия расположена на северной периклинали крупной Столбовской антиклинальной структуры. Строение северной периклинали Столбовской структуры очень сложное, осложнено Пултовско-Чусовским и Луньевским надвигами и оперяющими их разрывными нарушениями взбросо-надвигового типа. Предполагается отображение аномалией антиклинальной складки, осложняющей Столбовскую структуру, в автохтоне Пултовско-Чусовского надвига.

Центрально - Кизеловская структурная зона Передовых складок Урала занимает значительную часть площади Ново-Губахинского участка. В границах зоны выделено пять ЛА: Нырокская, Моховатная, Макарьевская, Порожная и Гремячая.

Нырокская ЛА располагается в крутой излучине р Усьвы. Имеет форму правильного овала размером 3.0 км x 1.2 км, простирание субмеридиональное.

Аномалия характеризуется прямым типом соотношения с рельефом и отличается большим количеством контрастно проявленных геоиндикаторов. Аномалия с юга огибается долиной р.Усьвы, склоны которой осложнены эрозионными скальными уступами. Аномалия расположена в осевой зоне на южной центриклинали Косьвинской синклинали. Характер структуры отображаемой Нырокской аномалией предполагается как мелкая антиклинальная складка, осложняющая Косьвинскую синклиналь.

Порожная ЛА расположена на слабо расчленённом относительно выровненном левобережье р.Брусляна, огибающей аномалию с востока. Аномалия имеет форму неправильного овала с пережимом в средней части по короткой оси. Форма обусловлена системой дугообразных линеаментов с двумя концентрическими центрами. В целом размер аномалии составляет 5.4 км x 1.6 км, ориентирована в меридиональном направлении. Аномалия характеризуется довольно ограниченным спектром геоиндикационных признаков. В результатах структурного дешифрирования выявляется отчётливо. Порожная аномалия находится на западном крыле крупной синклинальной структуры в промежутке между Косьвинской и Бруснянской синклиналими. Несколько западнее аномалии закартирована Гореловская антиклиналь, крылья которой осложнены Басковским надвигом и сопряжённым с ним разрывным нарушением взбросо-надвигового характера. Предполагается возможное отображение ландшафтной аномалией антиклинальной структуры, осложняющей синклинальную зону в аллохтоне или паравтохтоне Басковского надвига.

Гремячая ЛА по выраженности в ландшафте земной поверхности и характеру геоиндикационных признаков идентичная аномалии Порожная. Аномалия Гремячая имеет форму несколько неправильного овала размером 6.5 км x 2.5 км, ориентирована меридионально. Конфигурация аномалии обусловлена группировкой эрозионно-денудационных микро- и мезоформ рельефа, образующих концентрические системы дугообразных линеаментов с двумя фокальными центрами. Аномалия уверенно выделяется структурным дешифрированием. Аномалия характеризуется относительно небольшим набором достаточно контрастно выраженных геоиндикаторов, из которых следует отметить развитие заболоченных участков по периферии аномалии. Аномалия Гремячая планово близко соответствует Бруснянской синклинали. Аномалии подобного типа обычно отвечают положительным структурам, но имеющийся в настоящее время геологический материал не позволяет отождествить её с антиклинальной структурной. Аномалия отнесена к группе аномалий невыясненного генезиса. Не исключается возможность отображения аномалией небольшой антиклинальной складки в аллохтоне Басковского надвига, осложняющей Бруснянскую синклиналь.

Макарьевская ЛА расположена на левобережье р.Усьвы. Аномалия примыкает к Басковскому надвигу с запада на участке Гореловской антиклинали. Имеет правильную овальную форму, вытянутую в субмеридиональном направлении. Размер аномалии 4.6 км x 1.7 км. Макарьевская аномалия отличается ярко выраженным прямым типом рельефа,

занимая высокий (до 500 м) водораздел с крутыми склонами на междуречье р.р.Порожная и Свиной Лог. Аномалия характеризуется увеличенным количеством достаточно отчётливо проявленных геоиндикационных признаков. Характерны увеличенная расчленённость рельефа, центробежный рисунок малых эрозионных форм и интенсивное проявление карстовых процессов. В плане Макарьевская аномалия находится на моноклиналином склоне, падающем под углом в 50° в западном направлении. Аномалия отнесена к группе ландшафтных аномалий с невыясненным генезисом.

Моховатная ЛА расположена на левобережье р.Усьвы к югу от ст.Усьва. Имеет несколько неправильную эллипсовидную форму, обусловленную системой дугообразных линеаментов с двумя концентрическими центрами. Размер аномалии 4.7 км x 2.1 км, ориентирована в северо-северо-западном направлении. Аномалия имеет прямой тип соотношения с рельефом и занимает относительно выровненное пространство между р.р.Моховатка и Свиной Лог. Характеризуется несколько уменьшенным количеством геоиндикаторов. В плане Моховатная аномалия располагается на северной периклинали аллохтонной Усьвинской синклинали, интенсивно осложнённой надвигами и взбросо-надвигами. Аномалия примыкает с востока к Пултовско-Чусовскому надвику и планово находится в его аллохтоне. Предполагается возможное отображение Моховатной аномалией небольшой антиклинальной складки, осложняющей крупную Столбовскую антиклиналь в автохтоне Пултовско-Чусовского надвига.

Загорско - Кумышская структурная зона Передовых складок Урала протянулась узкой полосой вдоль восточной границы Ново-Губахинского участка. В пределах зоны выделены четыре ландшафтные аномалии. Аномалии Юбилейная, Поповская и Никитинская образуют меридиональную цепочку, зажатую между Журавлинским и Чикманским надвигами.

Юбилейная ЛА находится в северо-восточном углу площади исследований. Аномалия уверенно выявляется структурным дешифрированием крупномасштабных АФС. Имеет форму правильного овала с размерами 4.2 км x 2.1 км, ориентирована по длинной оси в меридиональном направлении. Аномалия Юбилейная отличается ярко выраженным прямым типом рельефа, обусловленным наличием в площади аномалии соразмерной вершины центрального типа с абсолютной отметкой 479.10 м. Последнее обусловило повышенное положение аномалии в рельефе и центробежный рисунок ложковой сети. В целом аномалия характеризуется ограниченным количеством геоиндикаторов, но выраженность их достаточно контрастная. Юбилейная ЛА расположена в центральной осевой зоне (мульда) Громовской синклинали. Однако выраженность аномалии в материалах дешифрирования характерна для положительных структур. Поэтому характер структуры, отображённой аномалией Юбилейная, остаётся невыясненным.

Поповская ЛА имеет форму несколько неправильного овала размером в 3.5 км x 1.9 км, ориентирована субмеридионально. По результатам аэрокосмогеологических исследований выделяется очень уверенно. Аномалия

отличается ярко выраженным прямым типом рельефа. В контуре аномалии располагается центрального типа вершина 438.5 м со склонами увеличенной крутизны. Горизонтальная и вертикальная расчленённость рельефа на участке аномалии высокая, характерен центробежный рисунок эрозионных форм. Северная периферия аномалии огибается долиной р.Усьвы. Аномалия характеризуется расширенным спектром контрастно выраженных геоиндикационных признаков. Поповская ЛА находится в осевой зоне Громовской синклинали, примыкая западным крылом к Журавлинскому надвигу. Предполагается возможное отображение Поповской аномалией небольшой антиклинальной складки, осложняющей Громовскую синклинали в аллохтоне Журавлинского надвига. На данном участке отмечается перекрытие Журавлинским надвигом восточного крыла Зеленчинской антиклинали, которое может быть осложнено небольшой антиклиналью ниже плоскости сместителя, что и нашло своё отражение в Поповской ландшафтной аномалии.

Никитинская ЛА правильной эллипсовидной формы имеет размеры 4.2 км x 1.6 км и меридиональную ориентировку. Расчленённость рельефа на участке аномалии несколько снижена, особенно вертикальная. Аномалия характеризуется крайне узким спектром геоиндикационных признаков. На участке Никитинской ЛА по данным геологических съёмок закартирована сложно построенная антиклинальная структура, зажата в узкой полосе между Журавлинским и Чикманским надвигами. Структура образована выходами пород венда и девона среди нижнекаменноугольных отложений и разделяет Громовскую и Восточно-Гремячинскую синклинали. Восточная половина Никитинской аномалии частично охватывает эту антиклинальную структуру, западная часть аномалии охватывает северную центриклинали Восточно-Гремячинской синклинали. Таким образом, данные геологических съёмок не проясняют характер структуры, отображённой Никитинской аномалией. Не исключается возможность отображения аномалией мелкой антиклинальной складки в автохтоне Журавлинского надвига.

Костоватикская ЛА располагается на северной границе Ново-Губахинского участка, выходя за его пределы. Аномалия эллипсовидной правильной формы, размер 7.5 км x 2.2 км, простирание меридиональное. Это одна из наиболее крупных по размерам из выявленных ландшафтных аномалий. Костоватикская аномалия характеризуется отчётливо выраженным прямым соотношением рельефа: в площади аномалии находится меридиональный водораздел на междуречье р.р.Костоватик и Шумиха, который осложнён по осевой линии цепочкой явных остаточных высот. Аномалия уверенно выделяется структурным дешифрированием, но охарактеризована ограниченным количеством геоиндикаторов. Основными признаками аномалии служит овально-концентрическое расположение эрозионно-денудационных элементов рельефа, интенсивное развитие карстовых процессов. В контуре аномалии расчленённость рельефа невысокая и резко увеличивается вокруг аномалии, где крутые склоны р.р.Костоватик, Шумиха и Сухой Лог осложняются эрозионными уступами со скальными выходами коренных пород.

Костоватикская ЛА находится на южной периклинали. Раздельной антиклинали и осложнена Журавлинским надвигом. Характер отображаемой аномалией структуры не выяснен. Можно предполагать, что аномалия связана с аллохтонной антиклиналью, осложняющей южную периклинали Раздельной антиклинали, или отображает перекрытую Журавлинским надвигом автохтонную тектоногенную антиклинальную структуру.

Восточная структурная зона Передовых складок Урала расположена вдоль восточной границы Ново-Губахинского участка и занимает крайне незначительную часть его площади. В Восточной зоне выделена только одна ландшафтная аномалия - Песчаная. В площадь Ново-Губахинского участка аномалия входит своей западной половиной.

Песчаная ЛА имеет вид вытянутого в субмеридиональном направлении правильного овала с размерами в 4.0 км x 2.0 км. Аномалия уверенно выявляется в материалах дешифрирования и охарактеризована значительным количеством достаточно контрастных геоиндикационных признаков. Расчленённость рельефа на участке аномалии несколько увеличенная, соотношение аномалии с рельефом обращённое. Обращённый тип рельефа обусловлен пересечением аномалии по длинной оси долиной р.Песчаная. На участке аномалии Песчаная на поверхность выведены терригенные отложения вендского комплекса верхнего протерозоя, залегающие в аллохтоне Чикманского надвига. Анализ имеющегося геологического материала позволяет предполагать отображения аномалией Песчаная тектоногенной антиклинальной складки в верхнедевонских отложениях в автохтоне Чикманского надвига.

Перспективы и рекомендации нефтегазопроисловых работ

Ново-Губахинский лицензионный участок крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований полностью располагается в пределах Передовых складок Урала и характеризуется повышенной геодинамической активностью, которая в количественном отношении была охарактеризована более поздними работами [5-18] и здесь детально не рассматривается.

Ведущая роль в тектонической структуре исследуемого района принадлежит надвиговым деформациям и оперяющим их разрывам взбросового характера, что предопределило сложное блоково-чешуйчатое строение осадочного чехла. Толщи горных пород собраны в сложные складки, сопряжённые с надвигами. Характерно развитие полной линейной складчатости, осложнённой разрывными нарушениями, и отсутствие многократных перекрытий аллохтонов [22].

В палеотектоническом отношении Ново-Губахинский участок приурочен к осевой наиболее погруженной зоне Кизеловского палеопргиба Камско-Кинельской системы с повсеместным, в границах исследований, развитием депрессионных типов разреза верхнего девона и турне. В пределах Передовых складок Урала севернее района наших исследований установлен по

геологическим и геофизическим данным и глубоким бурением позднедевонский рифогенный Луньевский массив, осложнённый Ветосской структурой облекания. Такие структуры, как известно, играют ведущую роль в распределении углеводородного сырья в платформенной и прогибовой частях Пермского Приуралья. В площади Ново-Губахинского участка не исключается некоторая возможность обнаружения мелких одиночных рифов позднедевонского возраста в автохтонных и паравтохтонных частях разреза в примыкающей к Соликамской депрессии Западно-Кизеловской структурной зоне Передовых складок Урала.

На восточной окраине Русской плиты и в Предуральском краевом прогибе поднятия, имеющие верхнедевонско-турнейские рифогенные карбонатные ядра, сохранились до настоящего времени, несмотря на все структурные перестройки, а по своей амплитуде превосходят соседние структуры тектонического генезиса. В зоне Передовых складок Урала тектоническая перестройка на заключительных стадиях герцинского цикла тектоногенеза была значительно интенсивней, и современная структура этой зоны определяется наличием региональных субмеридиональных надвигов и сопряжённых с ними высокоамплитудных складок тангенциального сжатия. Верхнедевонско-турнейские рифогенные массивы в этих условиях в значительной степени утратили своё структуроформирующее значение и в настоящее время лишь осложняют более масштабные структуры тектонического генезиса [21]. В результате становится крайне затруднительным разделение в ПСУ аэрокосмометодами чисто тектонических антиклинальных структур и антиклиналей с рифогенными образованиями в ядре.

Ещё одним следствием позднегерцинской тектонической перестройки региона Передовых складок Урала является широкое развитие тектонической трещиноватости, сопровождающей формирование надвиговых и складчатых структур.

Верхнепротерозойские и палеозойские породы в зоне Передовых складок Урала метаморфизованы в значительно большей степени, чем породы рифея, венда и палеозоя восточной окраины Русской плиты, что существенно снижает перспективы их нефтегазоносности. Соответственно более перспективными в отношении нефтегазоносности будут являться орогенные формации палеозоя в Западно-Кизеловской структурной зоне, приближающиеся к платформенным. С неясными перспективами будут формации Центрально-Кизеловской и Загорско-Кумышской структурных зон. Восточная зона, сложенная осадочными образованиями верхнего протерозоя и низов палеозоя, рассматривается авторами исследований, как неперспективная.

Формирование в Передовых складках Урала крупных складчатых и разрывных структур способствовало образованию трещинных коллекторов в палеозойских карбонатных и терригенных толщах интенсивно дислоцированного осадочного чехла, а с другой стороны, существенно усложнило условия сохранения залежей углеводородов. Таким образом, в зоне Передовых складок Урала тектоническая трещиноватость приобретает ведущее

значение в распределении коллекторов в карбонатных массивах, а литолого-фациальная изменчивость последних имеет второстепенное значение, играя роль фактора, осложняющего проявление тектонической трещиноватости.

Формирование надвигов и складкообразование на позднегерцинском этапе геологической истории сопровождалось интенсивным прогревом толщ горных пород с последующим их остыванием, что явилось причиной значительных эпигенетических преобразований в терригенных породах и изменения их фильтрационно-ёмкостных и изолирующих свойств [21].

По имеющимся далеко неполным данным, характерной особенностью зоны Передовых складок Урала является довольно широкое распространение коллекторов в палеозойских карбонатных толщах, в отличие от терригенных толщ девона, нижнего карбона и нижней перми, тогда как в более западных районах, в том числе и в Соликамской депрессии, терригенные коллекторы имеют широкое распространение, а терригенная толща нижнего карбона является одним из основных продуктивных комплексов. Наиболее широким распространением в зоне Передовых складок Урала пользуются карбонатные коллекторы башкирского яруса. В Передовых складках Урала значительно меньшее распространение имеют поровые коллектора и возрастает значение трещинных коллекторов.

Промышленные притоки нефти и газа в зоне Передовых складок Урала получены на Ветосской, Исаневской и Сурсайской структурах. Ветосское месторождение приурочено к аллохтонной структуре, осложнённой карбонатным рифогенным позднедевонским массивом. Исаневское и Сурсайское месторождения связаны с тектоногенными антиклинальными складками, на которых в турне-фаменской части разреза установлено наличие депрессионных фаций, характерных для внутренних частей палеопрогибов Камско-Кинельской системы. Месторождения являются многопластовыми, продуктивны карбонатные породы башкирского, серпуховского, визейского, турнейского и фаменского ярусов.

Таким образом, при всей своей идентичности на доорогенном этапе в палеотектоническом и палеогеографическом отношении и сходности палеозойских комплексов Передовых складок Урала с Предуральским краевым прогибом и восточной окраиной Русской плиты, зона Передовых складок Урала по своей геологической истории и современной тектонической структуре принципиально отличается от более западных регионов. Соответственно, существенно отличаются и условия размещения нефтегазоносности. В целом Передовые складки Урала рассматриваются разными авторами как перспективные или малоперспективные земли на поиски нефти и горючего газа. Перспективы, связанные с этими полезными ископаемыми для различных участков Ново-Губахинской площади, будут различаться в зависимости от тектонического строения.

В пределах Ново-Губахинского участка наиболее благоприятной в нефтегазоносном отношении является Западно-Кизеловская структурная зона Передовых складок Урала. Эта зона непосредственно примыкает к

Соликамской депрессии и характеризуется лучшими условиями сохранения залежей по сравнению с расположенными восточнее структурными зонами. На большей её части развиты пермские отложения и только на восточной границе вдоль Пултовско-Чусовского надвига обнажены породы карбона, что обеспечивает условия гидрогеологической закрытости основных перспективных литолого-стратиграфических комплексов. Здесь меньшая степень дислоцированности отложений и меньшая степень катагенеза пород, чем в более восточных районах. В этой зоне, за пределами Ново-Губахинского участка к северу, установлено сейсморазведкой и бурением развитие внутренних верхнедевонских рифогенных массивов Камско-Кинельской системы с Ветосской продуктивной структурой, принятой за эталон при настоящих исследованиях.

По-видимому, более благоприятные условия сохранения залежей углеводородов существуют в менее дислоцированной части разреза на участке Косогорской синклинали, расположенной в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского фронтального надвига, подтверждением чему может служить Ветосское месторождение в одноимённой синклинали в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига.

На участке Косогорской синклинали и далее к югу по её простиранию до границы площади исследований в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига следует ожидать развитие полного разреза палеозойских толщ от нижне-среднедевонских до урминских отложений артинского яруса нижней перми. В автохтонной части разреза отложения, залегающие выше турнейских, будут срезаны плоскостью надвига. Объектами для дальнейших нефтегазопроисследовательских работ могут быть участки локальных ЛА Верхнекаменская, Северо-Стрельнинская, Каменноложская и Малоуткинская, предположительно отобразившие небольшие антиклинальные структуры, осложняющие Косогорскую синклинали. Из них Верхнекаменская аномалия по своим морфологическим и геоиндикационным показателям более всего соответствует Ветосской эталонной аномалии из всех аномалий, выявленных на Ново-Губахинском участке. Аномалии уверенно выделяются в материалах дешифрирования и характеризуются широким спектром контрастно проявленных геоиндикационных признаков. На их участках могут быть обнаружены мелкие залежи в верхневизейско-башкирских и в верхнедевонско-турнейских известняках, не исключается возможность выявления нефтеносности в верхнеэмско-тиманском карбонатно-терригенном комплексе.

Определённый интерес представляют ЛА Синюхинская, Столбовская и Большеуткинская, выявленные вдоль восточной границы Западно-Кизеловской структурной зоны. Аномалии уверенно картируются комплексным дешифрированием и отличаются значительным количеством достаточно отчётливо проявленных геоиндикаторов. Аномалии соответствуют приподнятым участкам, осложняющим Столбовскую антиклинальную структуру в аллохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига и одновременно в

автохтонной части разреза относительно Пултовско-Чусовского надвига, что хорошо фиксируется на геологических разрезах.

На участках Столбовской и Синюхинской аномалий на поверхность выведены карбонаты серпуховского яруса нижнего карбона и в результате наиболее перспективный верхневизейско-башкирский литолого-стратиграфический нефтегазоносный комплекс оказался раскрытым. Признаков нефтеносности во вскрытых углеразведочными скважинами, пробуренными на Столбовской антиклинали в контуре одноимённой аномалии, отложениях нижней перми, верхнего карбона и визейского яруса нижнего карбона не обнаружено. В известняках среднего карбона встречены капли и выпоты нефти. Мелкие залежи углеводородов могут быть обнаружены в нижезалегающих карбонатных и терригенных отложениях девона. Полностью не исключается возможность нефтегазовых скоплений и в терригенных ниже-средневизейских отложениях, представленных породами угленосной толщи, хотя коллекторские свойства пород изменчивы и невысоки.

В площади Большеуткинской аномалии обнажены верхнекаменноугольные карбонаты. Нефтеносность может быть приурочена к отложениям среднего карбона и ниже.

Залежи углеводородного сырья в Западно-Кизеловской структурной зоне можно ожидать, в основном, в автохтонных частях разреза. В автохтоне же можно ожидать залежи, связанные с эмско-тиманским карбонатно-терригенным и верхнедевонско-турнейским карбонатным комплексами, т.к. вышезалегающие толщи срезаны плоскостью Всеволодо-Вильвинского надвига. Ожидать следует только мелкие залежи.

Интерес представляет Стрельнинская ЛА, выявленная на восточном крыле одноимённой структуры, закартированной по поверхности, и отображившая автохтонную часть одноимённой структуры. Вследствие осложнения Стрельнинской антиклинали Всеволодо-Вильвинским надвигом и оперяющими его взбросо-надвиговыми разрывными нарушениями скважины 71п и 72п, заданные в своде антиклинали (за пределами Ново-Губахинского участка), были пробурены не в самых оптимальных геологических условиях. Верхнедевонско-турнейское ядро антиклинали находится в автохтоне Всеволодо-Вильвинского надвига и располагается в 2.0 км восточнее свода структуры, закартированного по поверхности. Исходя из вышеизложенного, продуктивность Стрельнинской антиклинали окончательно не выяснена.

С учётом тектонических и литологических критериев нефтегазоносности Центрально-Кизеловская и Загорско-Кумышская структурные зоны ПСУ в границах Ново-Губахинского участка следует относить к землям с неясными перспективами. На поверхности на большей части территории обнажаются породы нижнего карбона, а в ядрах некоторых антиклиналей выходят отложения девона и верхнего протерозоя, и только на локальных участках в ядрах крупных синклиналей выведены на поверхность ассельско-среднекаменноугольные образования. Таким образом, основные перспективные литолого-стратиграфические комплексы гидрогеологически раскрыты. На

западной границе Центрально-Кизеловской зоны расположена Главная Кизеловская антиклиналь, где зафиксированы в углеразведочных скважинах и шахтах наиболее многочисленные и значительные газо-нефтепроявления во всём вскрытом разрезе, которые свидетельствуют о прошедших процессах разрушения ранее существовавших залежей нефти.

В автохтонах надвигов обнаружения залежей ожидать, вероятно, не приходится, т.к. ширина зон перекрытия очень небольшая (не более 3-4 км). В результате отсутствия зон полного перекрытия, в автохтоне развиты преимущественно верхнепротерозойские терригенные образования.

Существует какая-то вероятность сохранения залежей в аллохтонах надвигов на участках крупных синклиналей, осложнённых мелкими антиклинальными складками, где несколько увеличивается толщина палеозойского разреза. залежи могут быть связаны с верхнедевонско-турнейскими карбонатами, а также с известняками верхнеэмско-тиманского карбонатно-терригенного комплекса. На глубине девонские отложения Ново-Губахинского участка практически не изучены. В обнажениях наличие битумонефтепроявлений установлено в известняках вязовского, койвинского и бийского горизонтов. Породы при ударе издают сильный запах битума или специфический запах нефти, твёрдые вязкие битумы обнаружены в кавернах известняков и в раковинах брахиопод и в колониях кораллов. В разрезах верхнего протерозоя никаких признаков битума или нефтепроявлений не обнаружено.

В связи с некоторой возможностью обнаружения небольших скоплений углеводородов в Центрально-Кизеловской и Загорско-Кумышской структурных зонах представляют определённый интерес ландшафтные аномалии Нырокская, Поповская, Моховатная и Порожная, предположительно отобразившие аллохтонные небольшие антиклинальные складки. Аномалии уверенно отображаются в результатах комплексного дешифрирования и охарактеризованы достаточно широким набором геоиндикаторов и морфонеотектонических показателей, а также характеризуются высокими и очень высокими значениями геодинамической активности.

Заключение

Таким образом, исходя из вышеизложенного, на основании анализа возможной перспективности объектов, рекомендуемых для продолжения поисковых работ, ландшафтные аномалии подразделены условно на три группы очерёдности их ввода в изучение (рис. 7).

1. Более перспективными первоочередными следует считать ландшафтные аномалии Верхнекаменскую, Северострельнинскую, Каменноложскую и Малоуткинскую.

2. К перспективным второй очереди отнесены аномалии Синюхинская, Столбовская, Большеуткинская и Стрельнинская.

3. Менее перспективными объектами третьей очереди являются аномалии Моховатная, Порожная, Нырокская и Поповская.

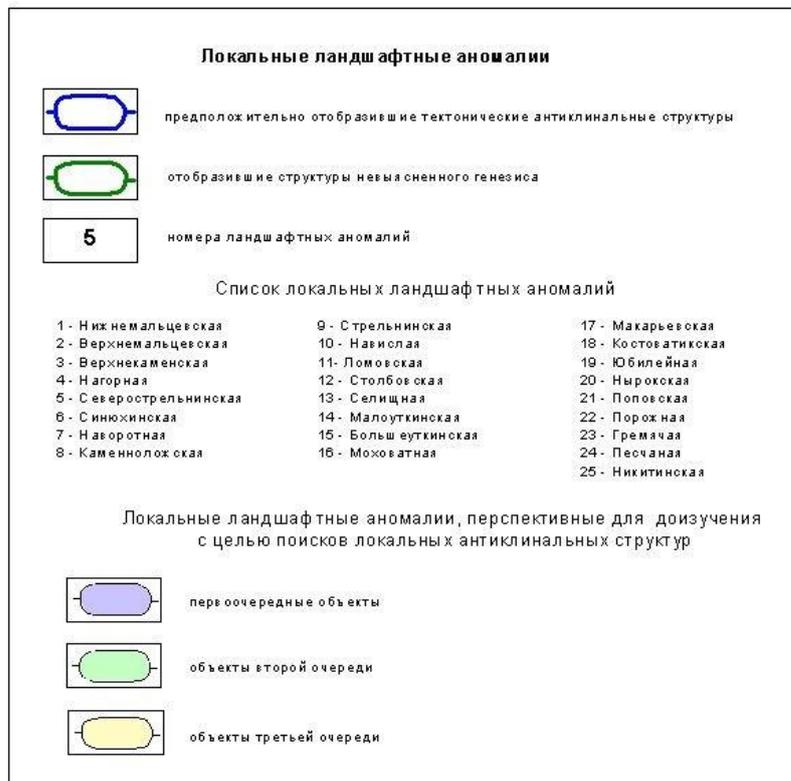
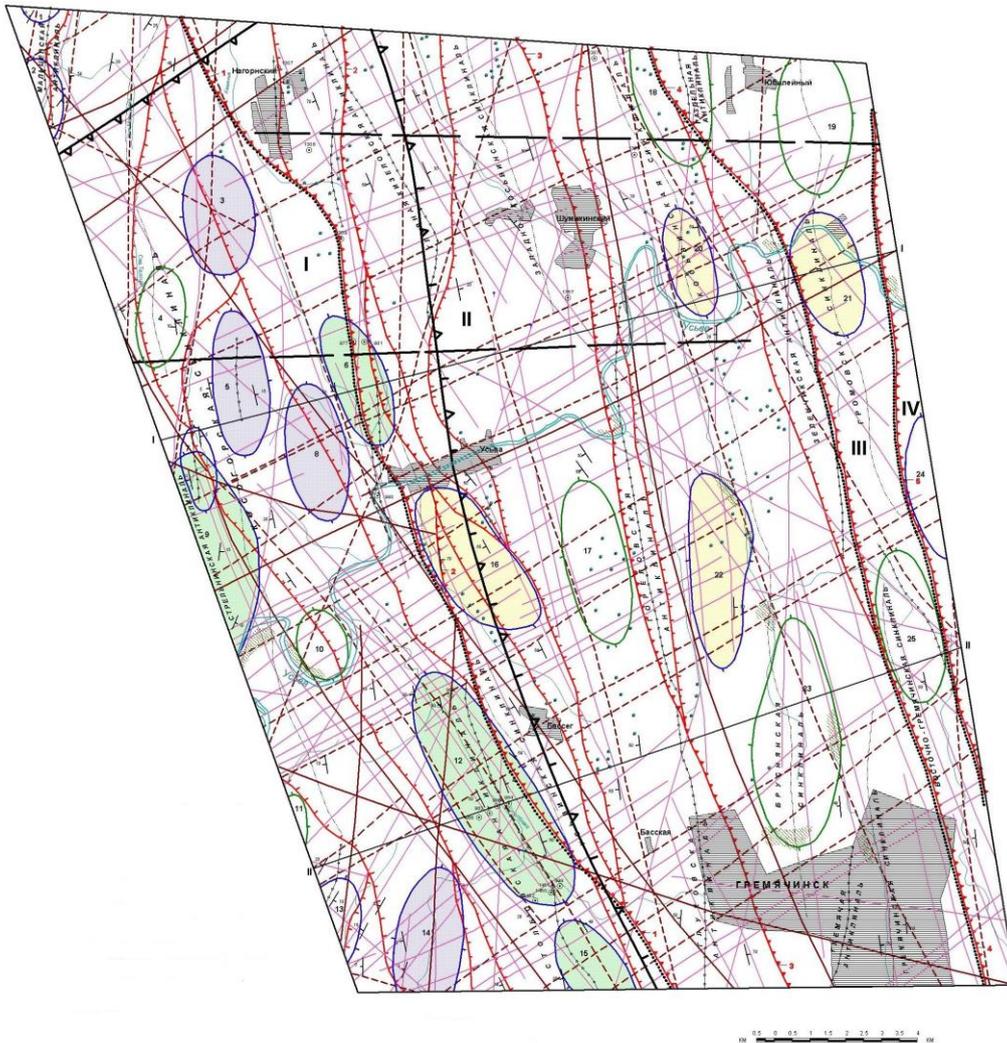


Рис. 7. Карта результатов АКГИ и рекомендаций нефтегазопроисковых работ

Остальные аномалии считаются малоперспективными или бесперспективными.

Рекомендуется проведение на участках аномалий сейсморазведочных работ в комплексе с высокоточной гравиразведкой и геохимическими исследованиями.

При этом следует иметь ввиду возможное обнаружение, вероятно, мелких залежей с невысокими запасами, что ставит в определённую экономическую зависимость целесообразность проведения дальнейших работ в настоящее время.

Авторы проведенных исследований (В.З. Хурсик, Н.Я.Быков, И.С. Копылов и др.) сделали вывод о целесообразным продолжение детальных аэрокосмогеологических исследований в Передовых складках Урала в районе Луньевского палеоатолла и севернее, где геологические условия более благоприятные для поисков углеводородов. Горизонтальное перекрытие надвигов здесь более значительное и обнаружение залежей возможно как в аллохтонных, так и в автохтонных частях разреза палеозоя. Предлагается комплексирование аэрокосмогеологических исследований с сейсморазведкой, гравиметрической съёмкой и геохимическими работами.

Библиографический список

1. Быков Н.Я., Болгарин Н.П., Хурсик В.З., Копылов И.С. и др. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) на Ново-Губахинском лицензионном участке. Отчёт сектора комплексных геологических исследований ООО «ПермНИПИнефть». Пермь, 2005. 128 с.

2. Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использованию их результатов при нефтегазопроисследовательских исследованиях /Коллектив авторов. Отв. ред. В.В. Стасенков, А.А. Аксенов. Министерство нефтяной промышленности. АН СССР. М.: ИГиРГИ, 1987. 159 с.

3. Кассин Г.Г. и др. Обобщение материалов детальных аэромагнитных съёмок в комплексе с другими геофизическими методами на территории Пермского Приуралья. Отчёт по теме 62-201-83. Свердловск, 1985. Фонд ОАО «Пермнефтегеофизика».

4. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра. 1986. 140 с.

5. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

6. Козлов С.В., Копылов И.С. Геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина) в связи с его газонасытённостью // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2016. № 16. С. 98-101.

7. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисследовательских аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

8. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.

9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*

10. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.

11. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования.* 2012. № 6.
12. Копылов И.С. *Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 25-37.*
13. Копылов И. С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
14. Копылов И.С. *Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.*
15. Копылов И.С. *Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 38-47.*
16. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования.* 2011. № 4.
17. Копылов И.С., Козлов С.В. *О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.*
18. Копылов И.С., Козлов С.В. *Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.*
19. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.*
20. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. *Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.*
21. Макаловский В.В. и др. *Оценка перспектив поиска нефти и газа на Передовых складках Урала к востоку от Соликамской депрессии (по договору с ЗАО ЛУКойл-Пермь № 1-172/3). Москва, 1999. Фонд ООО «ПермНИПИнефть».*
22. Щербаков О.А. и др. *Фашии и палеогеография западного склона Урала, Предуральского прогиба и восточной части платформы в пределах Пермской области в связи с выяснением закономерностей размещения залежей нефти и газа, оценкой перспектив и выбором направлений поисково-разведочных работ. Пермь, 1980. Фонд ООО «ПермНИПИнефть».*
23. Ярош А.Я. *Внутренняя структура и тектонический рельеф фундамента Русской платформы. В кн.: Вопросы разведочной геофизики. Тр. Свердловского горного ин-та, вып.54. Свердловск, 1968. С.39-57.*
24. Ярош А.Я., Кассин Г.Г. *Строение фундамента и осадочного чехла Пермского Приуралья по данным геофизики // В кн.: Геология и разведка нефти и газа Пермского Приуралья. Пермь, 1971.*

А.Д. Перовщикова, Д.М. Бобров

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УСИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Проведен региональный аэрокосмогеологический анализ территории городского округа «Усинск» Республики Коми, на которой располагаются промышленные нефтяные месторождения. Рассмотрены природные и геологические условия района. Проведено дешифрирование космических снимков и линеаментно-геодинамический анализ с описанием методики. Выявлено 161 линеамент и 56 кольцевых и дугообразных структур. Построена карта плотностей линеаментов.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаментный анализ, кольцевые и дугообразные структуры, нефтяные месторождения, Усинский район, Республика Коми.

A.D. Perevoshchikova, D.M. Bobrov

Perm State University, Perm, Russia

AEROSPACE-GEOLOGICAL ANALYSIS FOR IDENTIFICATION OF PROSPECTIVE ZONES OF OIL DEPOSITS OF THE USINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF KOMI

A regional aerospace-geological analysis of the territory of the urban district "Usinsk" of the Komi Republic, where industrial oil fields are located, has been carried out. The natural and geological conditions of the area are considered. Interpretation of satellite images and lineament-geodynamic analysis with a description of the technique were carried out. Revealed 161 lineaments and 56 ring and arcuate structures. A map of lineament densities has been constructed.

Key words: aerospace geological research, interpretation, lineament analysis, ring and arcuate structures, oil fields, Usinsk region, Komi Republic.

Введение

Аэрокосмические методы в настоящее время занимают одно из ведущих мест среди способов, используемых при поисках и разведки месторождений полезных ископаемых.

Применение их в геологии основано на существовании тесной связи между геологическим строением, с одной стороны, и рельефом, гидрографической сетью, почвенно-растительным покровом и другими особенностями земной поверхности – с другой. Изучение этих особенностей визуально или по снимкам путем их дешифрирования, позволяет установить многие особенности геологического строения района, не обнаруживаемые

традиционными методами геологических исследований, и имеет важное научное и практическое значение. Также эти методы помогают в изучении мало исследованных и труднодоступных районах, дают возможность получить информацию с высокой степенью достоверности и оперативности [1, 5, 9].

Линеаментно- и ландшафтно-геодинамический анализ, по картированию линеаментной сети, кольцевых структур позволяет получить достаточно надежную информацию для прогнозирования месторождений различных полезных ископаемых и обеспечения поисковых работ потенциально перспективными участками [3-14].

Целью данной работы является анализ перспектив проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) на территории городского округа «Усинск» Республики Коми (в пределах листов Q-40-XVI, Q-40-XVII, Q-40-XXII, Q-40-XXIII) и выявление зон, благоприятных на поиски нефти и газа.

Основные задачи:

- изучение геологического строения северо-востока Республики Коми;
- разработка критериев и методики поисков полезных ископаемых (нефть и газ) аэрокосмогеологическими методами на данной территории, выбор дешифровочных признаков;
- дешифрирование и аэрокосмогеологический анализ территории;
- выделение существующих и перспективных зон на поиски нефти по данным АКГИ.

Физико-географические и геологические условия

В административном отношении территория исследований расположена в северной части Республики Коми, в пределах городского округа «Усинск». Занимает части тополистов Q-40-XVI, Q-40-XVII, Q-40-XXII, Q-40-XXIII. (рис.1).

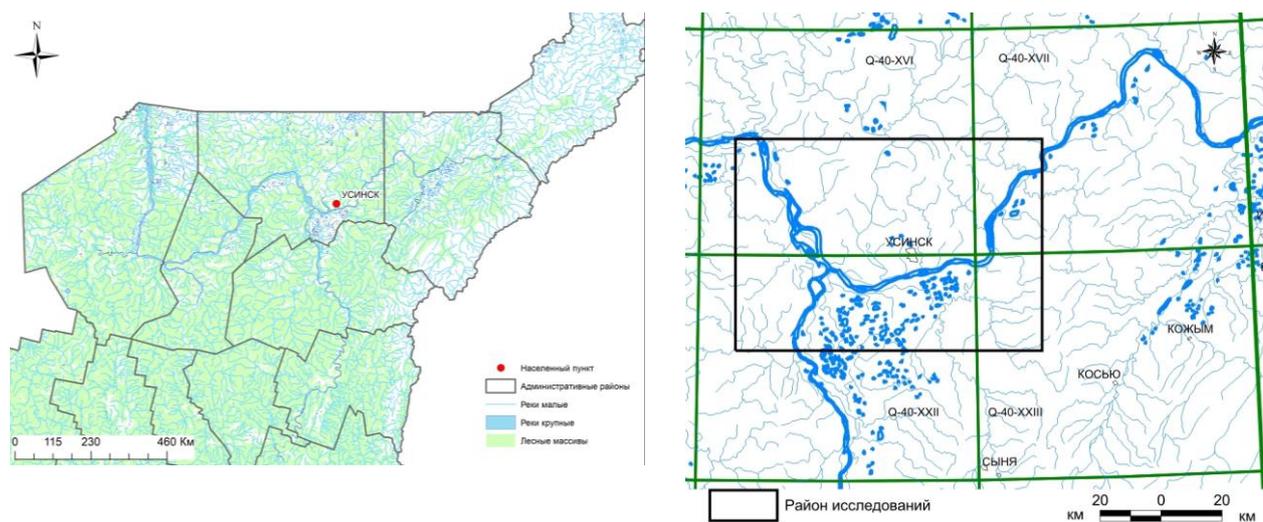


Рис. 1. Схема района исследований на территории Республики Коми

В геоморфологическом отношении район исследований расположен в северо-восточной части Русской равнины, в пределах Печерской низменности, которая представляет собой слабоувалистую заболоченную равнину.

Рельеф района представляет собой полого-волнистую, местами холмистую равнину. Абсолютные отметки района исследования варьируют от 50 до 150 м. Территория покрыта сетью многочисленных ручьев и рек, для рельефа характерно чередование пологих валообразных возвышенностей.

Климат района определяется как умеренно-континентальный с коротким прохладным летом и длительной холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Близость морей, наличие многочисленных рек, озер и, особенно, болот способствует большой влажности климата [2].

В гидрографическом отношении участок исследований расположен в южной части Большеземельской тундры в районе водораздела рек Колва, Косью, правых притоков р. Усы, принадлежащих бассейну Печоры. Основной водной артерией является р. Уса, крупнейший приток Печоры, протекающая в 6 км от г. Усинска, судоходна.

В тектоническом отношении (по картосхеме размещения фонда структур по состоянию на 01.01.2005г. ОАО «Севергеофизика» [15]) исследуемая территория расположена в пределах Колвинского мегавала Тимано-Печорской плиты, занимает северную часть Печоро-Колвинского авлакогена (ПКА). Вдоль его юго-западной и северо-восточной границ простираются крупный инверсионный Печоро-Кожвинский и Колвинский мегавалы (рис.2), осложненные локальными поднятиями и впадинами.

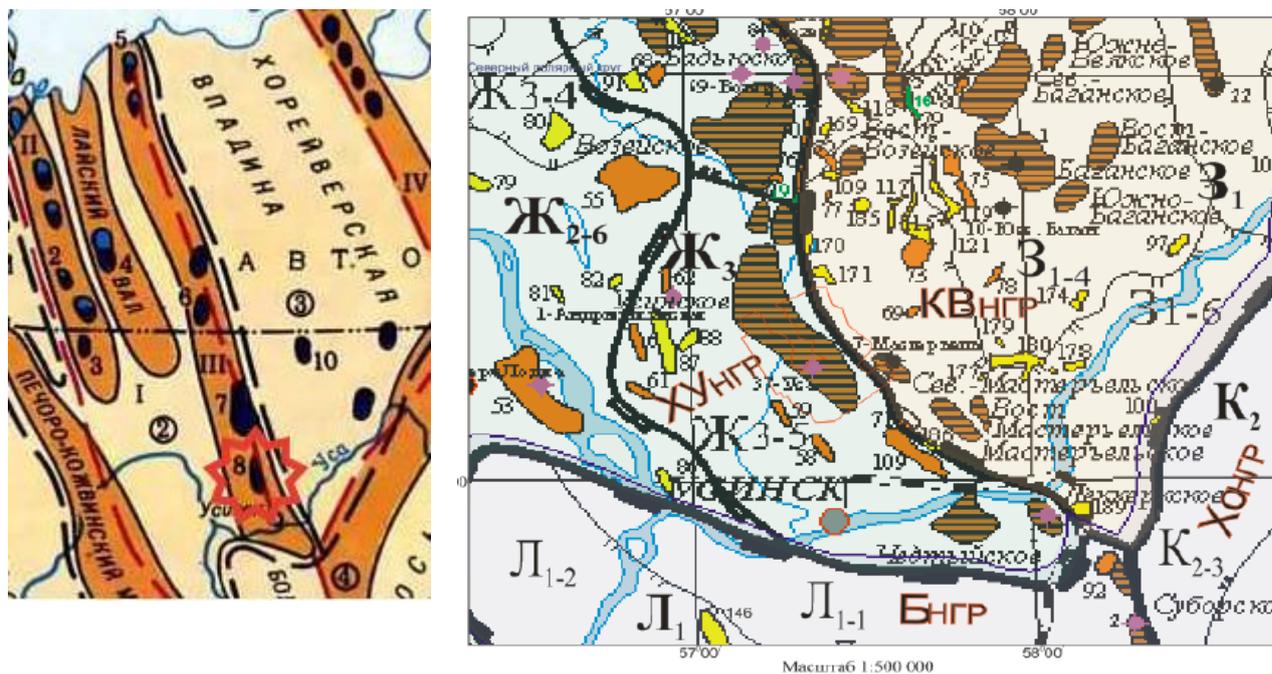


Рис. 2. Тектоническое строение района [15]

Территория исследований располагается в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, где установлен ряд месторождений, наиболее крупные из них – Возейское, Ярегское, Усинское, Ухтинское, Пашнинское, Шапкинское.

Территория изучена неравномерно: покрыта геологическими съемками,

отдельные площади достаточно хорошо изучены глубоким бурением и сейсморазведкой. Геологический разрез Усинского месторождения изучен от силурийских отложений до четвертичных включительно.

Вся территория Тимано-Печерской плиты изучена обзорными и региональными аэрокосмогеологическими исследованиями (АКГИ) масштаба 1:2500000 и отдельные площади масштаба 1:1 000 000-1:500 000 и крупнее [10, 11] (рис. 3).

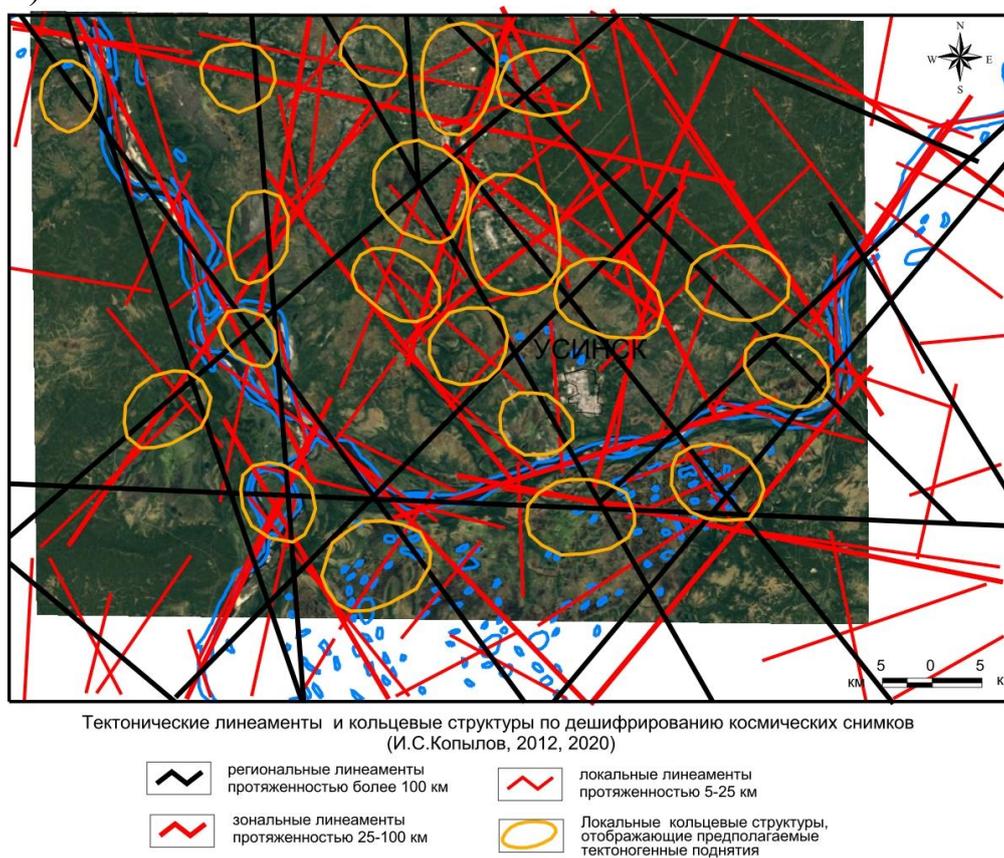


Рис. 3. Региональное линеаментное поле и кольцевые структуры Усинского района [11]

Методика и результаты исследований

Основными направлениями геологических исследований с помощью аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) являются: анализ распределения и характера протяженности линеаментов разных рангов (при изучении и уточнении геологических границ крупных геологических структур, тектоники территории); выделение кольцевых и дугообразных структур (предполагаемых нефтегазоперспективных объектов) [4-8, 12].

Для аэрокосмогеологического исследования были проведены следующие работы:

- геологический анализ района исследования;
- подбор цифровых космоснимков изучаемой территории с помощью программы SASPlanet в растровом виде (рис. 4);
- дешифрирование участков нефтяных месторождений (рис. 5);

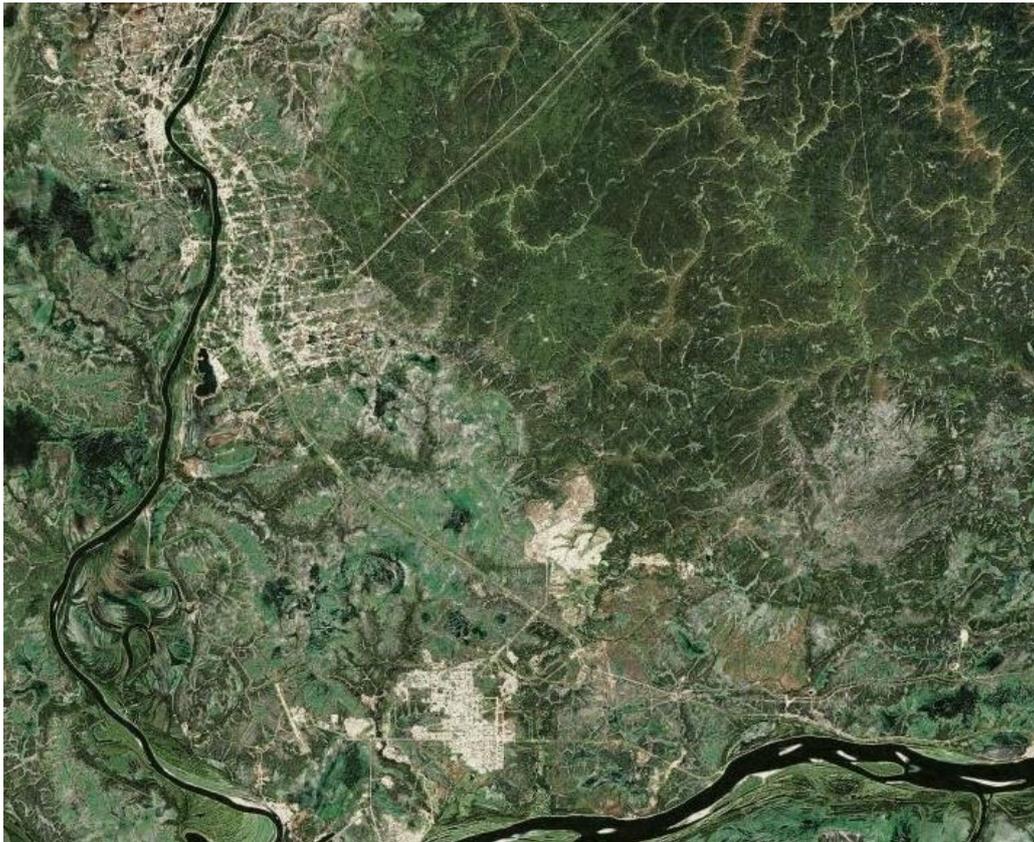


Рис. 4. Космоснимок (спутник Landsat-8) Усинского района
(Масштаб 1:500 000)

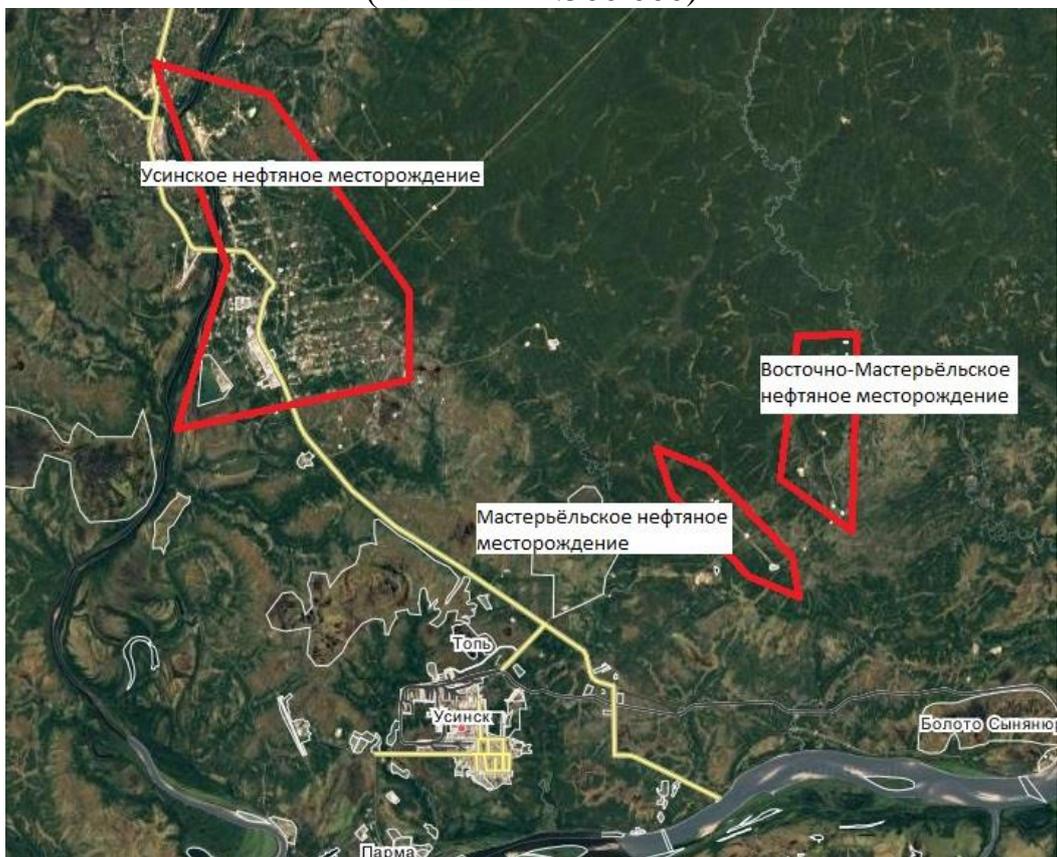


Рис. 5. Дешифрирование нефтяных месторождений на территории
Усинского района

- проведение компьютерного дешифрирования и выделение основных линеаментов и кольцевых структур с помощью программного обеспечения ArcGIS и модуля Spatial Analyst фирмы ESRI (рис. 6);
- анализ и построение карты плотностей линеаментов;
- анализ сопоставления результатов дешифрирования с материалами предшественников и нефтегазоносностью.

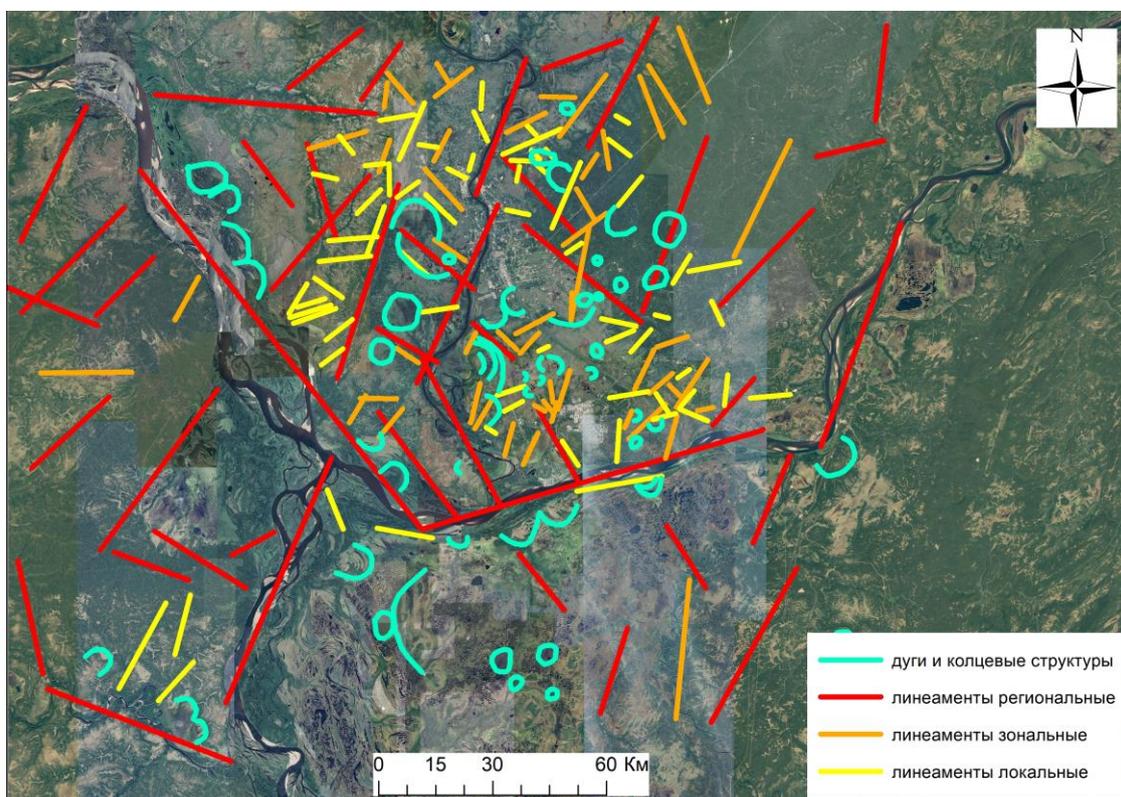


Рис. 6. Дешифрирование тектонических линеаментов и кольцевых структур.
Масштаб 1:1 000 000

В качестве основного вида дешифрирования Усинского месторождения проводилось структурное дешифрирование. На космоснимках различных масштабов (обзорный, региональный и регионально-зональный) выделялись линейные структуры, отождествляемые с тектоническими нарушениями осадочного чехла. В результате проведенных исследований на основе дешифрирования современных космических снимков (Landsat-8) было выделено 161 линеамент (табл. 1).

По размеру все выделенные линеаменты подразделены на таксономические ранги:

- региональные линеаменты (протяженностью более 100 км) – 1 линеамент;
- регионально-зональные линеаменты (протяженностью 25-100 км) – 31 линеамент;
- локальные линеаменты (протяженностью 5-25 км) – 111 линеаментов;
- короткие линеаменты (протяженностью менее 5 км) – 18 линеаментов.

Результаты дешифрирования линеаментов

Масштаб дешифрирования	Площадь исследований, км ²	Ранги линеаментов	Протяженность линеаментов, км	Количество линеаментов, шт	
				Копылов 2012, 2020	Авторы
1:2 500 000	40 000	региональные	более 100	15	-
1:1000000 (обзорный)	7000 (100x70)	региональные и зональные	50-100	20	44
1:500000 (региональный)	7000 (100x70)	зональные	15-50	95	51
1:200000 (детальный)	район	локальные	5-15	-	66

Самые крупные линеаменты совпадают с руслом реки, проходят в юго-западном и северо-восточном направлении. Можно предположить, что данные линеаменты играют одну из определяющих ролей в формировании нефтяных месторождений на изучаемой площади.

Важную роль в локализации зон нефтегазового накопления и отдельных месторождений нефти и газа играют локальные положительные структуры, которые отражаются на космоснимках в виде кольцевых и дуговых структур близких к локальным поднятиям размеров. По космоснимкам различных масштабов были выделены кольцевые структуры и дуговые вспомогательные. В сумме выделено 56 структур (рис. 7).

По результатам дешифрирования линеаментов и дешифрированию линеаментов предшественников была построена карта плотности линеаментов (рис. 8).

Принимая во внимание ранее проведенные работы [7], можно отметить, что большинство выделенных линеаментов совпадают с линеаменами, выделенными предшественниками, при этом выделяются новые линеаменты, не отмеченные ранее. Большинство кольцевых структур также сконцентрировано в центральной части исследуемого объекта, на территории Усинского нефтяного месторождения. Проводя сравнительный анализ карты плотностей линеаментов и схемы расположения границ нефтяных месторождений (рис. 5-8) на территории Усинского района в Республике Коми, можно отметить, что участки с высокой плотностью выделенных линеаментов близки и почти совпадают с реальным местоположением существующих месторождений.

Заключение

Результаты, полученные на основе АКГИ, свидетельствуют о том, что аэрокосмические методы дают возможность с меньшими финансово-экономическими затратами выделить наиболее перспективные нефтегазовые регионы и в дальнейшем спланировать систему проведения геолого-геофизических работ. По результатам проделанной работы можно сделать вывод о том, что в некоторых выделенных перспективных зонах располагаются

ныне существующие промышленные месторождения нефти. Это доказывает достоверность и эффективность аэрокосмических методов.

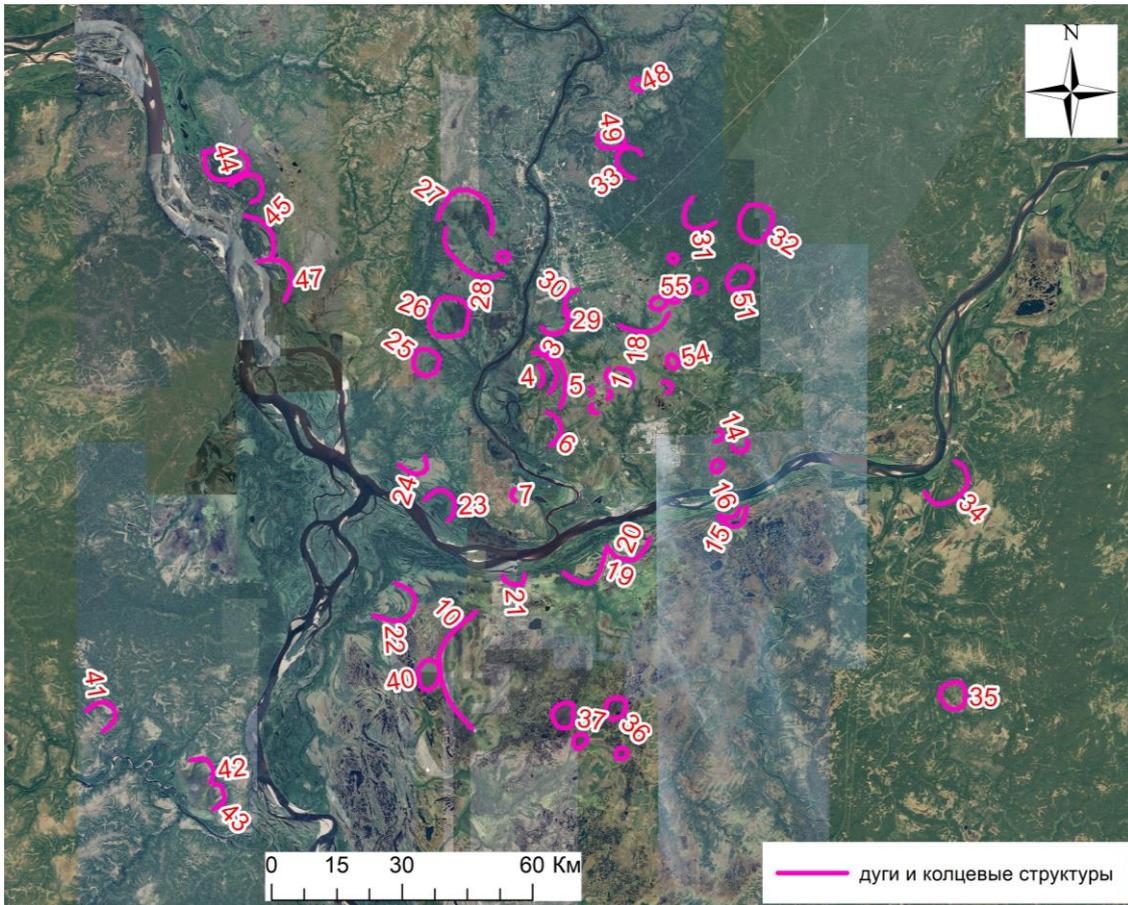


Рис. 7. Кольцевые и дуговые структуры на космоснимке.

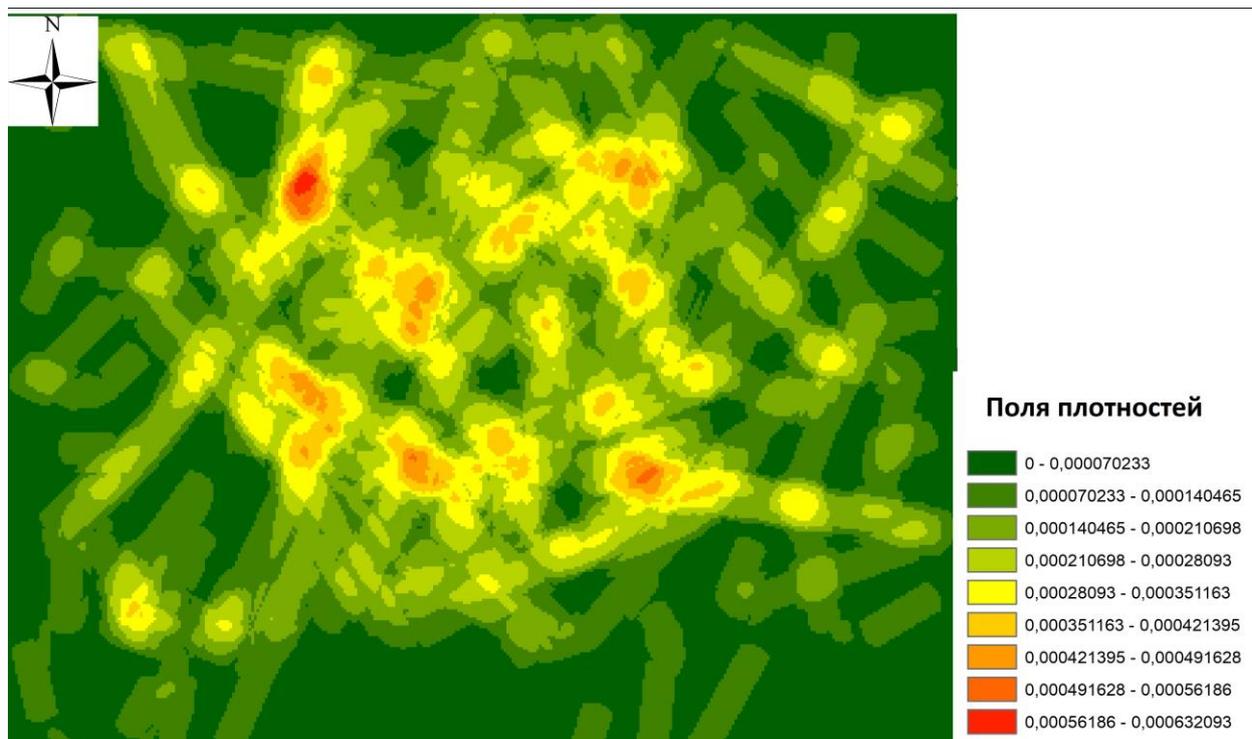


Рис. 8. Карта плотности линеаментов (масштаб 1:1000000)

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.*
2. *Бахарева Н.С., Димухаметов Д.М., Новопоселенских Л.А. Оценка инженерно-геологических условий территории Баяндыкского нефтяного месторождения // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.*
3. *Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.*
4. *Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.*
5. *Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius, 2018. 210 с.*
6. *Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.*
7. *Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.*
8. *Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
9. *Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.*
10. *Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.*
11. *Копылов И.С. Результаты детальных аэрокосмогеологических исследований в восточной части Тимано-Печорской плиты (Северо-Югидская площадь) // Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 223-233.*
12. *Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*
13. *Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.*
14. *Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.*
15. *Руднев С.А. Геолого-промысловое моделирование карбонатного резервуара залежи высоковязкой нефти в каменноугольных и нижнепермских отложениях Усинского месторождения на основе детальной корреляции разрезов скважин / диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва, 2014. 29 с.*

К.И. Софронова, А.В. Васильева, М.С. Ускова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ЛАНДШАФТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ

Подготовлена дистанционная основа и дана ландшафтная характеристика территории Удмуртии. Выполнен региональный аэрокосмогеологический анализ. Выделены тектонические линеаменты и кольцевые структуры. Проведен сравнительный анализ аэрокосмических данных с расположением месторождений нефти. Установлено, что большинство нефтегазоносных структур располагается в местах с повышенной плотностью линеаментов

Ключевые слова: нефть и газ, аэрокосмические методы, дешифрирование, ландшафты, линеаменты, кольцевые структуры, Удмуртская Республика.

K.I. Sofronova, A.V. Vasilieva, M.S. Uskova

Perm State University, Perm, Russia

LANDSCAPE CHARACTERISTICS OF THE REMOTE BASE AND AEROSPACE ANALYSIS OF THE TERRITORY OF UDMURTIA

A distance basis was prepared and a landscape characteristic of the territory of Udmurtia was given. Regional aerospace geological analysis has been carried out. Tectonic lineaments and ring structures are identified. A comparative analysis of aerospace data with the location of oil fields is carried out. It was found that most of the oil and gas structures are located in places with an increased density of lineaments.

Key words: oil and gas, aerospace methods, interpretation, landscapes, lineaments, ring structures, the Udmurt Republic.

Аэрокосмические методы занимают одно из ведущих мест среди способов, используемых при поисках и разведки месторождений нефти и газа. Связано это с тем, что они позволяют дать информацию, которую трудно получить традиционными методами исследования. Так же эти методы помогают в изучении мало исследованных и труднодоступных районов, дают возможность получить информацию с высокой степенью достоверности и оперативности [22, 27].

Целью данной работы является подготовка дистанционной основы и региональный аэрокосмогеологический анализ территории Удмуртской Республики (УР) для дальнейших поисков нефтегазоперспективных структур.

Природные и геологические условия

В физико-географическом отношении УР расположена на востоке Восточно-Европейской равнины (в западной части Среднего Приуралья) в бассейнах рек Камы и Вятки и имеет площадь 46 061 км² (рис. 1) [29].



Рис.1.1. Общегеографическая карта Удмуртской Республики [29]

Территория представляет собой невысокую равнину, имеющую общее понижение с севера на юг и с востока на запад. Морфология рельефа междуречных пространств определяется его ярусным ступенчатым строением. Рельеф подвергается значительному изменению за счет эрозионного расчленения и выравнивания в условиях климата ледниковых эпох.

В тектоническом отношении территория Удмуртии расположена в пределах Волго-Камской антеклизы, одной из крупных положительных структур Русской платформы, которая состоит из ряда более мелких положительных и отрицательных структур. В пределах Удмуртии выделяются: Татарский свод (выражен по всем структурным этажам); Калтасинский авлакоген (выражен по кристаллическому фундаменту); Верхнекамская впадина (выражена в осадочном чехле, по размерам несколько больше, чем Калтасинский авлакоген).

Геологический разрез представлен породами кристаллического фундамента и осадочного чехла. Кристаллический фундамент в пределах УР складывается высокометаморфизованными породами карельского комплекса нижнего протерозоя: гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами. Распространены магматические породы типа габбро-диабазов. На северо-востоке УР ограниченно развиты гранитогнейсы верхнего архея. Осадочный чехол складывается породами верхнего протерозоя, девона, карбона, перми, триаса, неогена и четвертичной систем. На поверхность выходят только пермские и более молодые отложения [20, 30] (рис. 2).

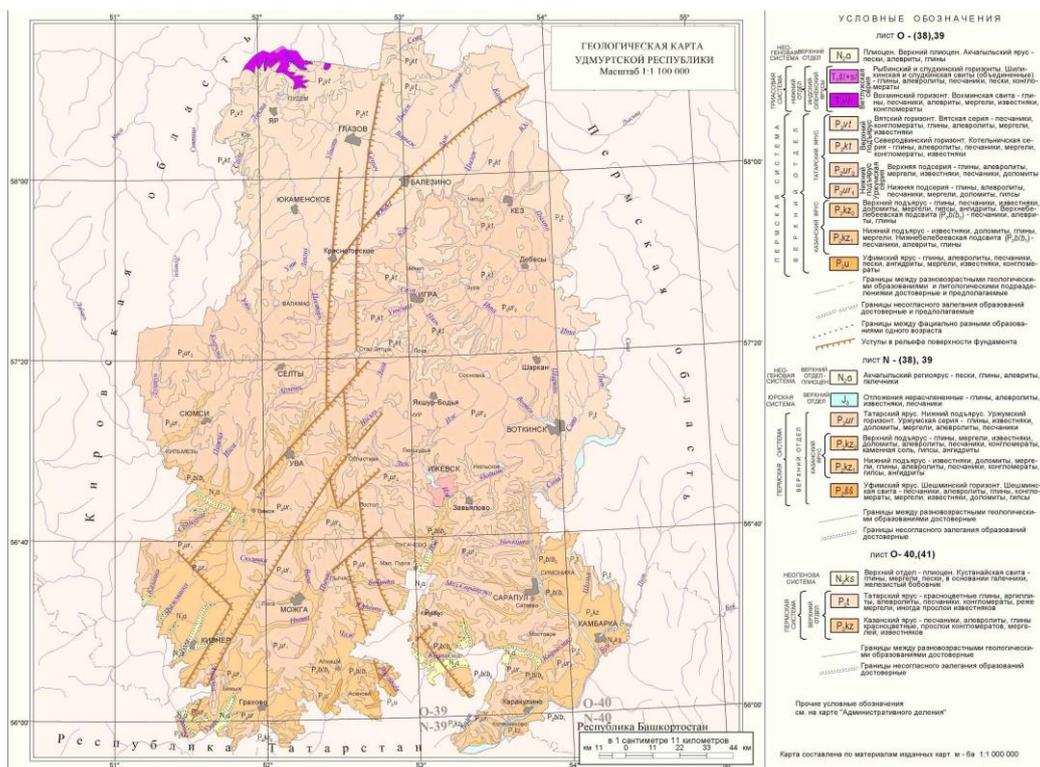


Рис. 2. Геологическая карта Удмуртской Республики. Масштаб 1:1100000 [30]

Минерально-сырьевая база УР, в силу особенностей геологического строения ее территории, не отличается разнообразием твердых полезных ископаемых и представлена, в основном, месторождениями глинистых пород, керамзита, песков, песчано-гравийных материалов, известняков.

Основным ресурсом недр УР является нефть. Нефтепоисковые работы были начаты в 1945 г. и продолжаются в настоящее время. Насчитывается 115 месторождения нефти (72 месторождения находятся в разработке, а 33 подготовлены для промышленного освоения) (рис. 3). Годовые темпы добычи нефти 8-9 млн т. Разведанные промышленные запасы нефти составляют около 300 млн т., Промышленные залежи нефти выявлены в основном в девонских и каменноугольных отложениях и приурочены к пликативным антиклинальным, братихантиклинальным складкам, рифогенным массивам.

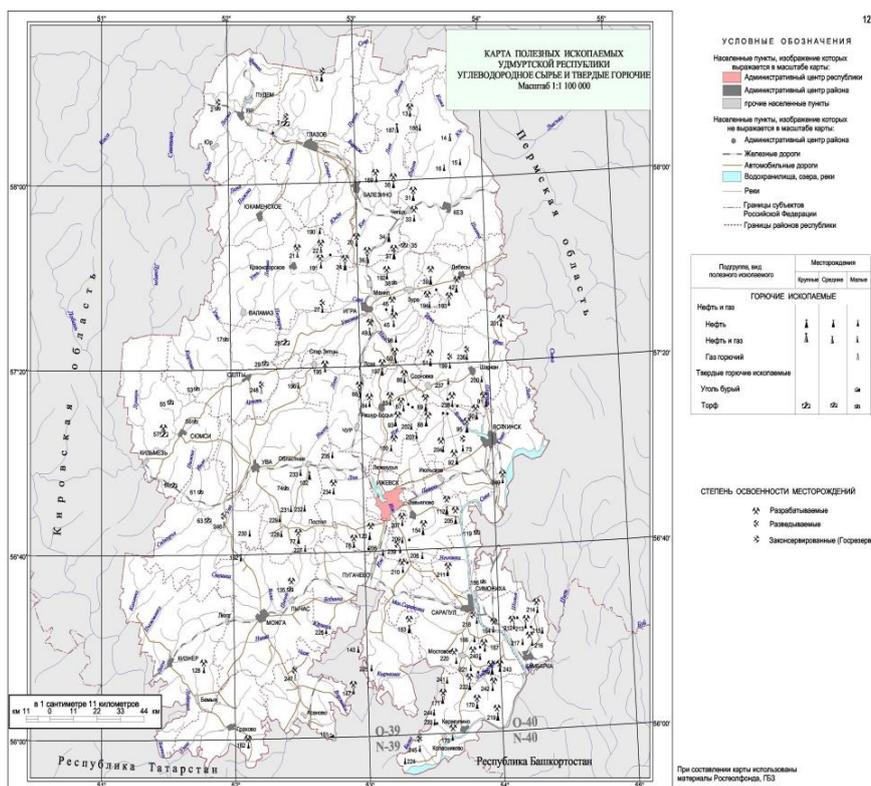


Рис. 3. Карта полезных ископаемых Удмуртской Республики. Масштаб 1:1100000 [30]

Крупнейшие месторождения: Чутырско-Киенгопское Мишкинское, Гремихинское, Ельниковское, Вятское, Карсовайское. По своему составу в основном является тяжелой (60,4%), вязкой (70,8%) с высоким содержанием серы, парафина и смол при низком количестве растворенного газа. В Удмуртии самая большая доля тяжелой нефти из всех входящих в Волго-Уральскую нефтяную провинцию регионов – 83% [27]. Перспективы нефтегазоносности глубинных горизонтов и структур, связанных с глубинными разломами земной коры обусловлены в работах [1, 21].

Методика и результаты исследований

Для изучения территории использовались методы аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) [2, 15-17], которые позволяют изучать рельеф и новейший структурный план любой территории, устанавливать характер перестройки речной сети, изменения областей размыва и транспортировки обломочного материала, выявлять участки долин, где более всего вероятно концентрация полезного компонента, выявлять предполагаемые тектонические нарушения, участки погребенных структур – потенциальных ловушек нефти и газа и тем самым определять стратегию проведения наземных поисковых работ [2, 13, 22, 27].

На первом этапе проведена подготовка дистанционной основы Удмуртской Республики. Осуществлялась из открытых источников (Google Earth). Снимки Landsat – 8, последних лет (летних сезонов).

Подобраны цифровые космоснимки (масштаб 1:4 000 000-1:1 500 000) (рис. 4), разделенной на 3 части (Северная, Центральная, Южная) (масштаб 1:500 000) (рис. 5-7) и выполнена их ландшафтная характеристика [5, 6, 26, 29].



Рис. 4. Дистанционная основа УР. Масштаб 1:4 000 000



Рис. 5. Дистанционная основа северной части УР. Масштаб 1:500000

Ландшафтная характеристика северной части УР. Преимущественно рельефный ландшафт перемешанный с лесным ландшафтом первичных и вторичных лесов (сосновые, пихтово-еловые леса с примесью мелколиственных). Территория приурочена к Верхне-Камской возвышенности, которая рассечена многими долинами небольших рек, впадающих в Чепцу. Почвы преимущественно дерново-подзолистые, в долинах рек прослеживаются аллювиальные дерновые, аллювиальные болотные, также в долинах рек выделяются дерново-карбонатные. Многочисленные селитебные зоны населенных пунктов. Прослеживаются линейные трассы дорог, линий электропередач и др. Характеризуется средней хозяйственной освоенностью территории.

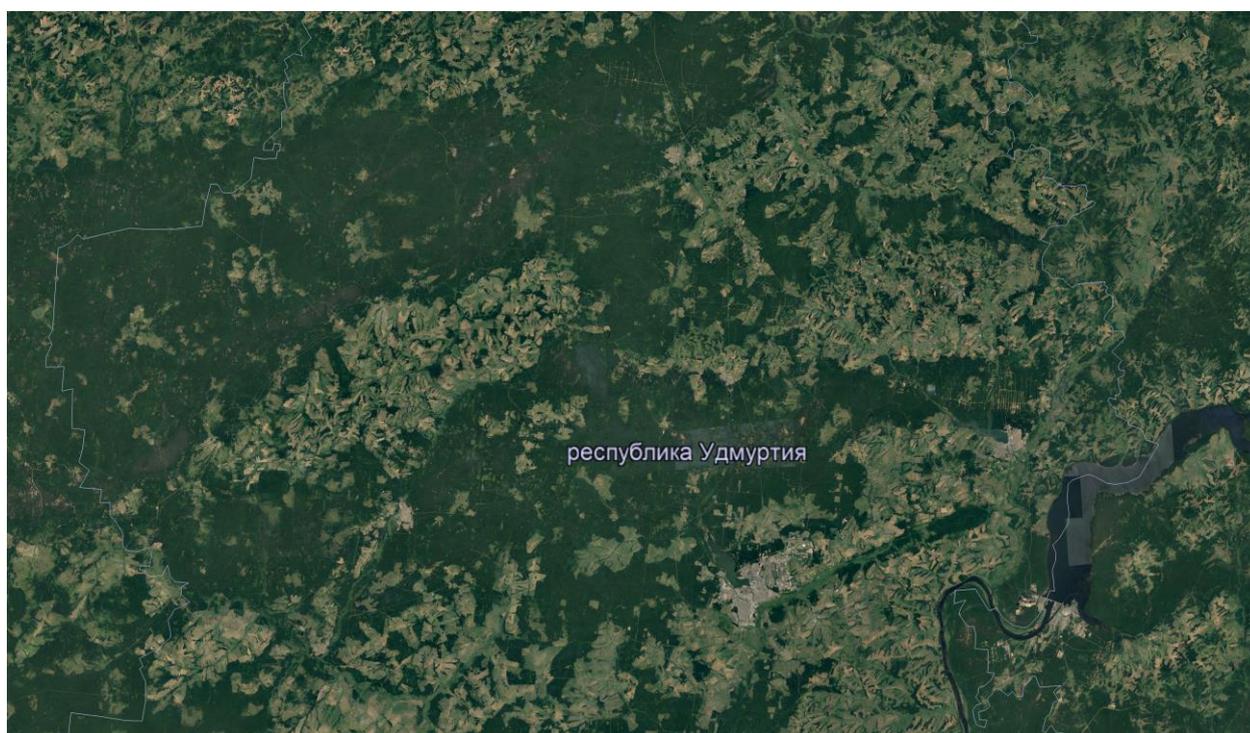


Рис. 6. Дистанционная основа центральной части УР. Масштаб 1:500000

Ландшафтная характеристика центральной части УР. Ландшафт представлен высокой залесенностью широколиственных лесов и пихтово-еловых. Рельеф преимущественно равнинный, местами увалисто-грядовой, на западе имеются небольшие возвышенности. На востоке протекает р. Кама, в долине которой наблюдается низменный рельеф, слабо расчлененный. На границе с Пермским краем находится Воткинское водохранилище. Преобладают в основном дерново-подзолистые почвы, а в долинах рек преобладают аллювиальные дерновые, аллювиальные болотные. Многочисленные селитебные зоны населенных пунктов. Развиты транспортная сеть, в том числе железнодорожное и водное сообщение.

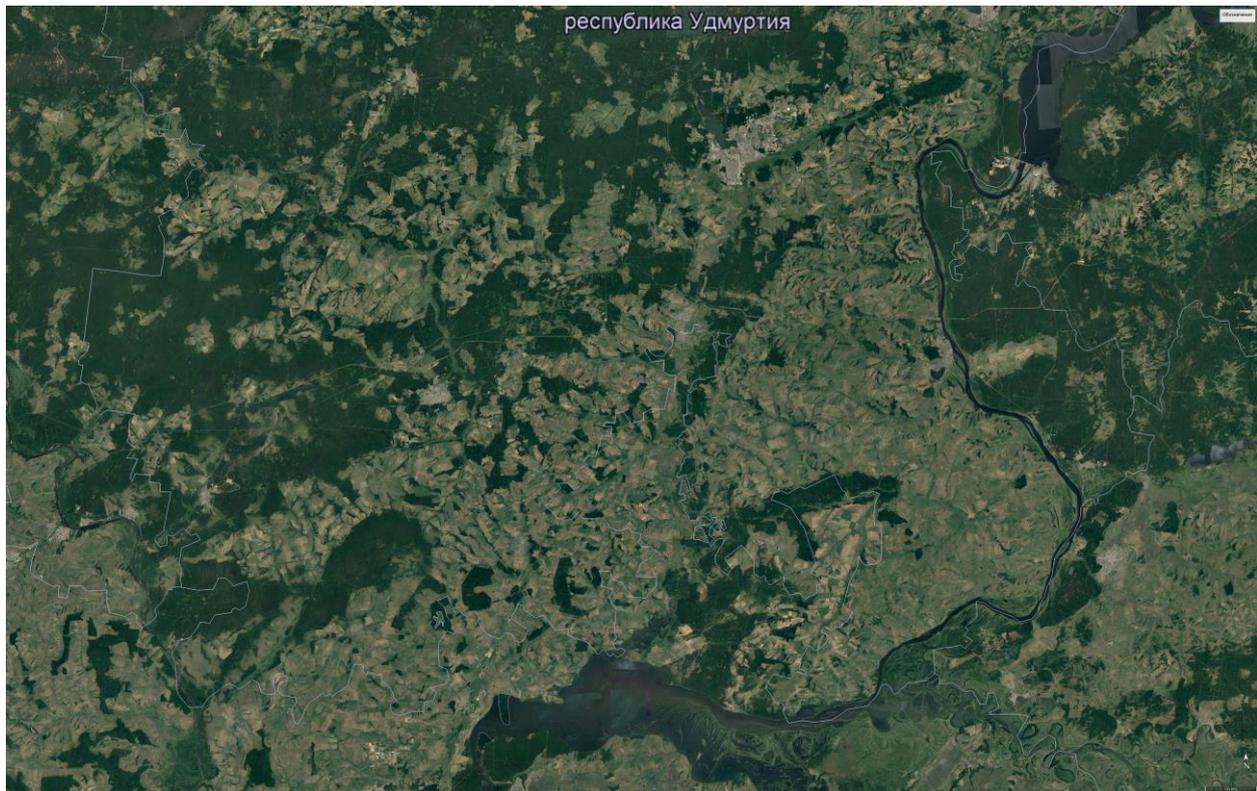


Рис. 7. Дистанционная основа южной части УР. Масштаб 1:500000

Ландшафтная характеристика центральной части УР. Ландшафт южной части УР представлен темнохвойными лесами (ель обыкновенная, ель сибирская, сосны и др.). Характеризуется чередованием возвышенностей и низменностей, в юго-западной части отличается высокой эрозийной расчлененностью. На данной территории находится русловое Нижнекамское водохранилище равнинного типа на реке Кама. Территория представлена разнообразием почв, выделяются серые и светло-серые лесные оподзоленные, дерново-подзолистые, сильноподзолистые, подзолистые глеевые, аллювиальные дерновые и аллювиальные болотные (на речных долинах).

Основным видом работ в комплексе аэрокосмогеологических исследований является структурное (линеаментное) дешифрирование – выделение линеаментов (как правило, прямолинейного характера) на материалах аэрокосмических съемок, отражающих элементы структурно-тектонического строения и тектонических и неотектонических особенностей изучаемой территории. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел, рек, границы ландшафтных структур и др. признаки. Кольцевые структуры и линеаменты указывают на наличие зоны высокой проницаемости пород [7].

Проведено компьютерное дешифрирование космических снимков масштаба 1:500 000 (рис. 8).

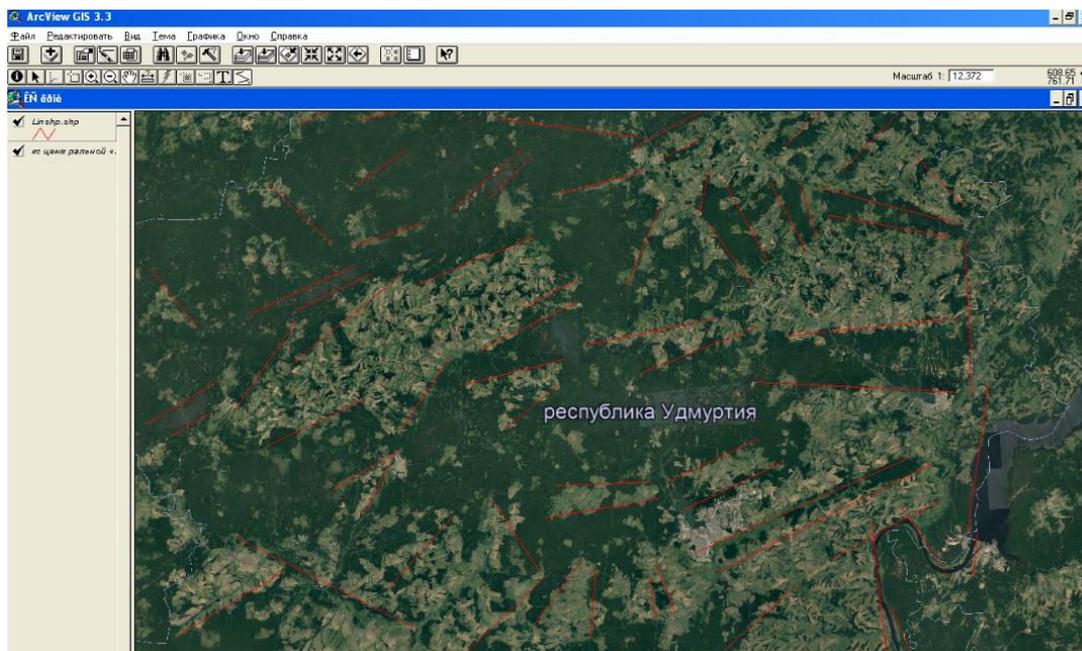


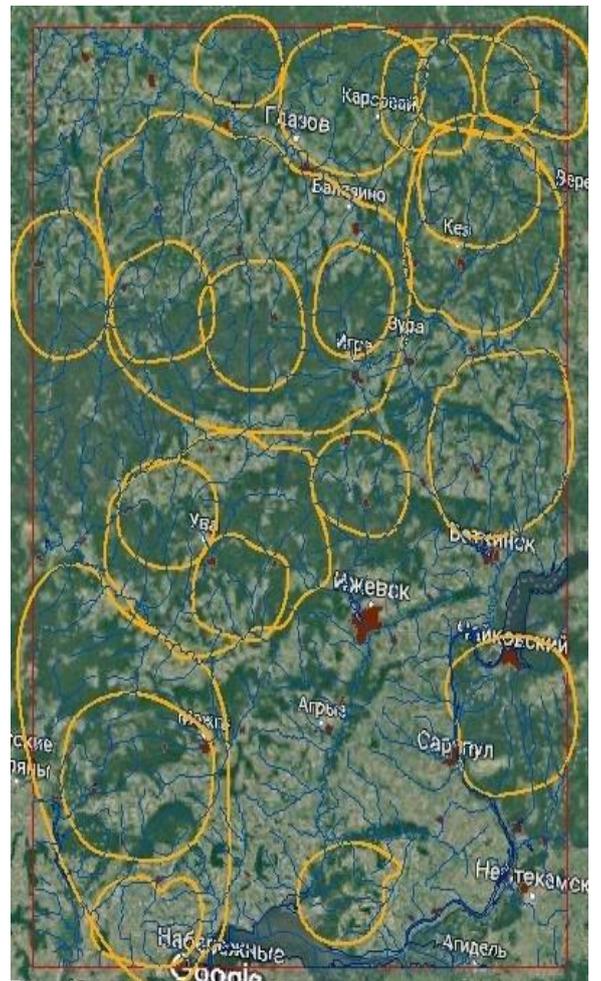
Рис. 8. Построение линеаментов на территории центральной части УР (рабочее окно программы)

Распространение линеаментов и кольцевых структур разных рангов на территории представлено на рис. 9. Было выделено более 500 линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями и ландшафтными структурами, протяженностью 5-10 до 50 км, ориентированных преимущественно в северо-западном и северо-восточном направлениях и более 20 кольцевых структур.

Для выделения активных геодинамических зон, на территории проведен линеаментно-геодинамический анализ, обоснование и результаты которого приведены в ряде работ [3, 4, 7-14, 18, 20, 24, 25]. Задача по оценке плотности линеаментов выполнялась в программном обеспечении ArcGIS ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент Плотность линий (Line Density). Он вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате было построено поле плотности линеаментов (рис. 10), в котором выделены фоновые и аномальные участки. В аномальных участках – наблюдается наибольшее скопление кольцевых структур или пересечение этих структур друг с другом.



а



б

Рис. Карта линеаментов (а) и кольцевых структур (б)

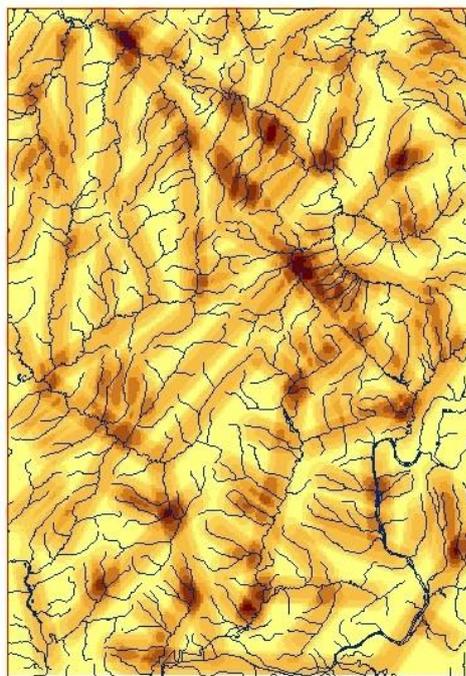


Рис. 10. Карта плотности линеаментов (коричневый цвет – зоны с высокой плотностью линеаментов)

Проанализированы ранее выявленные факторы и условия нефтегазоносности исследуемой и окружающей [23] территории, сопоставлены со схемами геологического строения и результатам ранее проведенных АКГИ, на основе чего выделены перспективные зоны.

В некоторых выделенных перспективных зонах располагаются все ныне существующие промышленные нефтяные месторождения (Архангельское, Киенгопское, Гремихинское, Областовское, Красногорское, Чутырское, Мишкинское) (рис. 11). Результаты исследований в большинстве случаев совпадают с ранее проведенными региональными АКГИ [19].

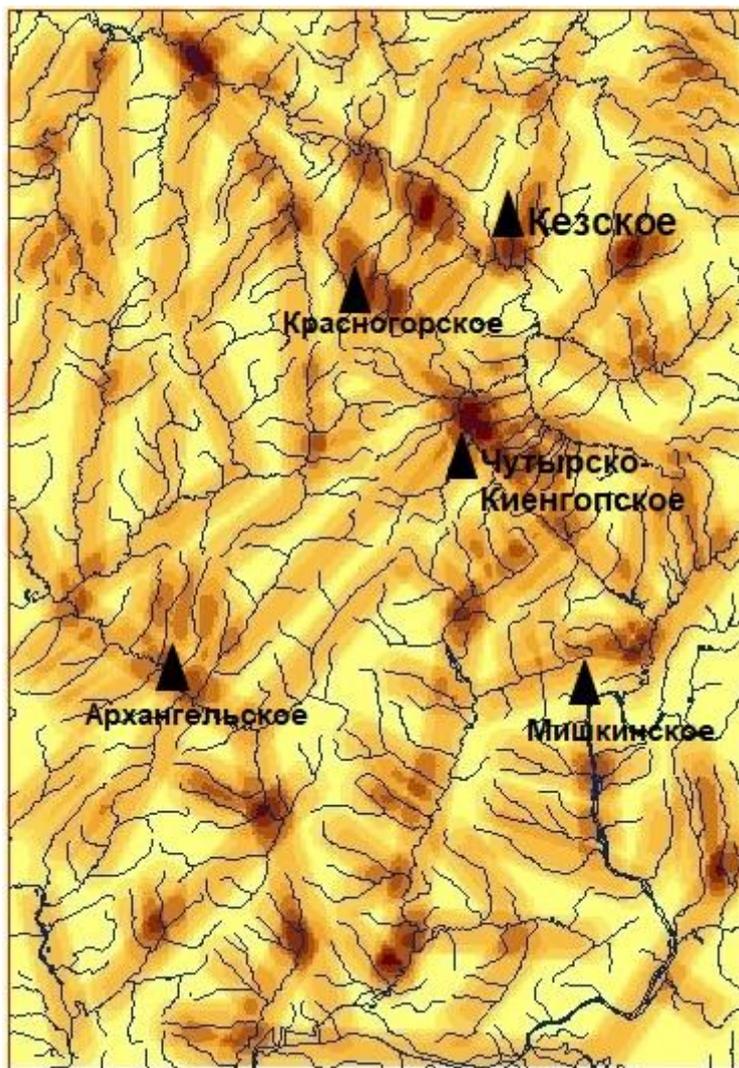


Рис. 11. Карта перспективных зон на поиски нефти и газа: (коричневый цвет – перспективные зоны с повышенной геодинамической активностью; черные треугольники – основные месторождения нефти)

По результатам проведенных региональных исследований на территории Удмуртии подтверждается вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно определить районы и зоны, перспективные на поиски нефти. Однако выполненные исследования в региональном масштабе не позволяют проводить локальный прогноз перспектив нефтегазоносности.

Для прогнозирования новых перспективных на нефть и газ структур необходимо проводить детальные аэрокосмогеологические исследования.

Библиографический список

1. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
3. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.
6. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4.
7. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Veau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
9. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
10. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 25-37.
11. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.
12. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
13. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.
14. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.
15. Копылов И.С. Поиски нефти и газа на основе методов АКГИ И ГПНГ // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. Пермь, 2017. С. 178-186.
16. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 38-47.
17. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 321-328.
18. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. *Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing*, 2012. 152 с.
19. Копылов И.С. Региональный линеаментно-геодинамический анализ Удмуртии для оценки инженерно-геологических и гидрогеологических условий // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 254-264.

20. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
21. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
22. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2013. № 13. С. 68-73.
23. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
24. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.
25. Копылов И.С., Ликутев Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 9-3. С. 602-606.
26. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.
27. Корчуганова Н.Т., Корсаков А.К. Дистанционные методы геологического картирования. М., 2009. 288 с.
28. Нефтегазовые месторождения: Удмуртия республика.
https://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/udmurtija/16
29. Рысин И.И., Саранча М.А. Атлас Удмуртской Республики. Ижевск: издательство «Феория», 2016. 282 с.
30. Электронный ресурс ВСЕГЕИ – Режим доступа:
<https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/pfo/udmurtiya>.

Р.Р. Фахртдинов, А.Э. Рахимов
АО «СМП-Нефтегаз», г. Альметьевск, Республика Татарстан

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ГАГАРИНСКОГО И УТЕВСКОГО ПОДНЯТИЙ (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Проведено дешифрирование космических снимков территории Гагаринского и Утевского поднятий в Самарской области. Выделены перспективные участки для поисков залежей нефти.

Ключевые слова: нефть и газ, поиски, аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаментный анализ, поднятия, Самарская область.

R.R. Fakhrtdinov, A.E. Rakhimov
JSC "SMP-Neftegaz", Almetyevsk, Republic of Tatarstan

AEROSPACE ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE GAGARINSKY AND UTEVSKY RISE (SAMARA REGION)

Interpretation of satellite images of the territory of the Gagarinsky and Utevsky uplifts in the Samara region has been carried out. Promising areas for prospecting for oil deposits have been identified.

Key words: oil and gas, prospecting, aerospace methods, interpretation, lineament analysis, uplifts, Samara region.

В настоящее время аэрокосмические методы помогают решать в глобальном масштабе важнейшие проблемы теоретической геологии и подтверждать основные закономерности размещения полезных ископаемых, в т.ч. – нефти и газа. При дешифрировании геологических объектов на космических снимках (КС) задачами являются изучение ландшафтной оболочки земной поверхности, геоморфологических особенностей территории и их анализ, а также изучение характера тектоники, морфологии структурных форм [15]. Информация, полученная с помощью аэрокосмических методов исследования, необходима для уточнения геологического строения и установления путей перемещения углеводородов в ловушки по зонам повышенной трещиноватости [12].

Целью данной работы является поиски перспективных на нефть структур на территории в Самарской области в районе Гагаринского и Утевского поднятий. Были поставлены следующие задачи: провести дешифрирование КС, выделить зоны трещиноватости, провести комплексный анализ территории, определить перспективные структуры.

В административном отношении Гагаринское и Утевское поднятия расположены в пределах Нефтегорского и Богатовского района Самарской области. Рельеф территории пологий, со слабо развитой овражно-балочной сетью. Абсолютные высотные отметки редко превышают 50 м. Изучаемая территория находится в зоне умеренно-континентального климата. Зима умеренно холодная, снежная. Лето теплое, дождливое. Лесные массивы на участке работ не распространены. Территория месторождения приурочена к левобережью р. Самары в ее среднем течении. Пойма реки характеризуется наличием большого количества стариц и озер; поверхность поймы неровная, покрыта лиственным лесом. К востоку от участка протекает р. Ветлянка, впадающая в одноименное водохранилище. На юго-востоке от Утевского поднятия находятся с. Ветлянка, южнее – районный центр г. Нефтегорск, западнее – с. Утевка, связанные между собой асфальтированными и грунтовыми дорогами.

В региональном тектоническом плане, согласно схеме тектонического районирования Самарского Поволжья, поднятия располагаются в Бузулукской впадине и приурочены к Кулешовской системе валов (рис. 1). По отложениям верхнего девона они расположены в пределах восточной прибортовой зоны Волго-Сокской палеовпадины, по отложениям нижнего карбона – в пределах юго-западного борта Муханово-Ероховского прогиба Камско-Кинельской системы [16]. Территория характеризуется повышенной геодинамической активностью с высокой трещиноватостью и разломно-блоковым строением. Региональные линеаменты отражают глубинные тектонические разломные структуры, по которым идет подток углеводородов в ловушки [1-3, 11].

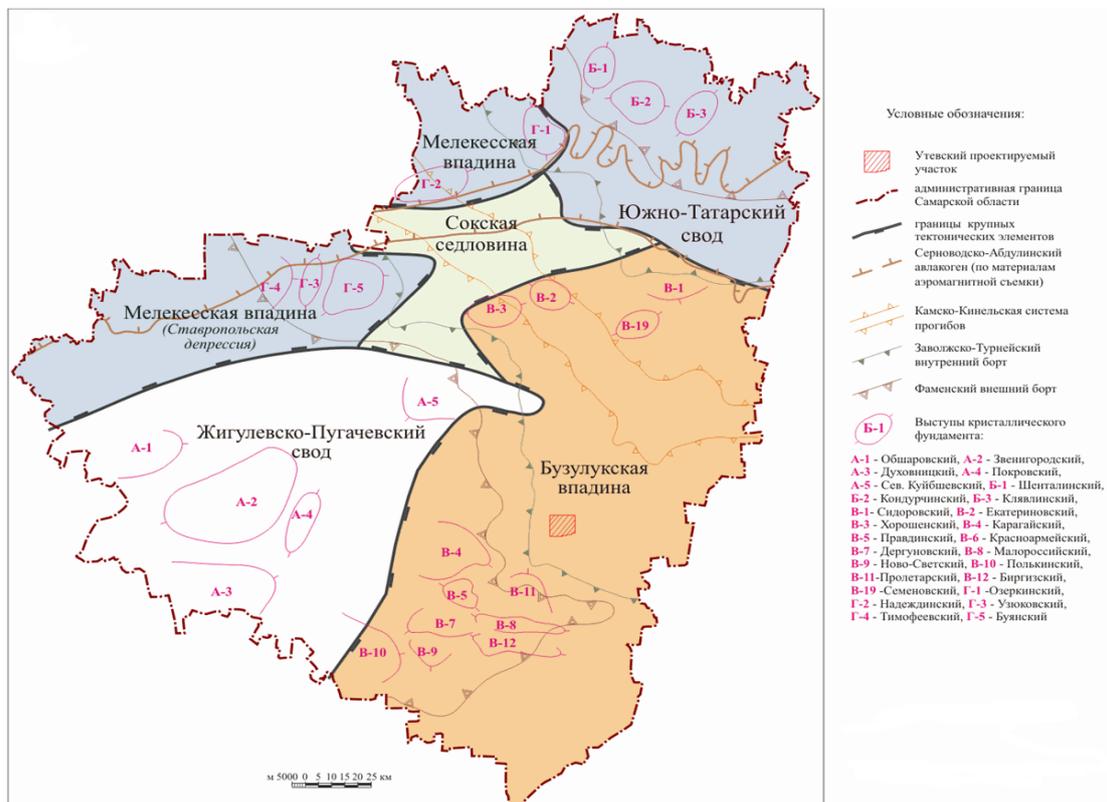


Рис. 1. Тектоническая схема района

На территории исследований геолого-геофизические исследования были направлены на изучение особенностей геологического строения с целью поисков нефтеперспективных объектов в отложениях среднего, нижнего карбона и верхнего девона, подготовки их к глубокому бурению. Проектируемый участок в разные годы был изучен электро- и гравиразведочными, аэромагнитными и сейсморазведочными партиями треста «КНГ». С 1936 г. вся территория Самарской области покрыта структурно-геологической съемкой. Выполненными работами изучена стратиграфия пермских отложений. Выявлен ряд хорошо выраженных локальных поднятий, представляющих интерес на поиски нефти и газа. В 90-х годах 20 в. геологические съемки (включая и крупномасштабную, 1:50 000) были завершены. Составлена единая карта масштаба 1:200 000 по единой стратиграфической схеме. Участками, на площадях, прилегающих к р. Волга, выполнена съемка масштаба 1:25 000. В 1970-1975 гг., Рудневым Г.А. и др. составлена карта аномального магнитного поля, схема тектонического районирования территории. В 1985 г. Мавричевым В.Г. и др. изучено строение осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента; выделена сеть разломов различного простирания в породах фундамента и осадочного чехла. В 1992 г. материалы аэромагнитной съемки переинтерпретировались и обобщались В.Г. Мавричевым. В 2002 г. Э.А. Блюмом и др. проведена работа по созданию сводной цифровой модели аномального магнитного поля [16].

Методика и результаты

Основными методами исследований являлись структурное дешифрирование и комплексный аэрокосмогеологический анализ. Месторождения нефти, как правило, приурочены к антиклинальным структурам. На аэрокосмических снимках такие области хорошо дешифрируются в виде кольцевых структур и участков сгущения линеаментов, связанных с глубинными разломами (геоактивными зонами) [3-10, 13, 14].

В ходе работ выделялось два типа зон:

- 1) зоны, в которых происходит наибольшее пересечение линеаментов друг с другом (узлы);
- 2) зоны, в которых, тектонические условия такие же, как на существующих месторождения исследуемой территории.

Для исследования территории были взяты космоснимки (сервисы Google Карты) (рис. 2).

Для повышения точности выделения линеаментов аэрокосмоматериалы подвергаются предварительной обработке – корректируются показатели яркости, контраста, гистограммы.

Методика исследований включала структурное дешифрирование линеаментов и кольцевых структур. Было выделено более 100 тектонических прямолинейных линеаментов и 6 локальных кольцевых структур (рис. 3).

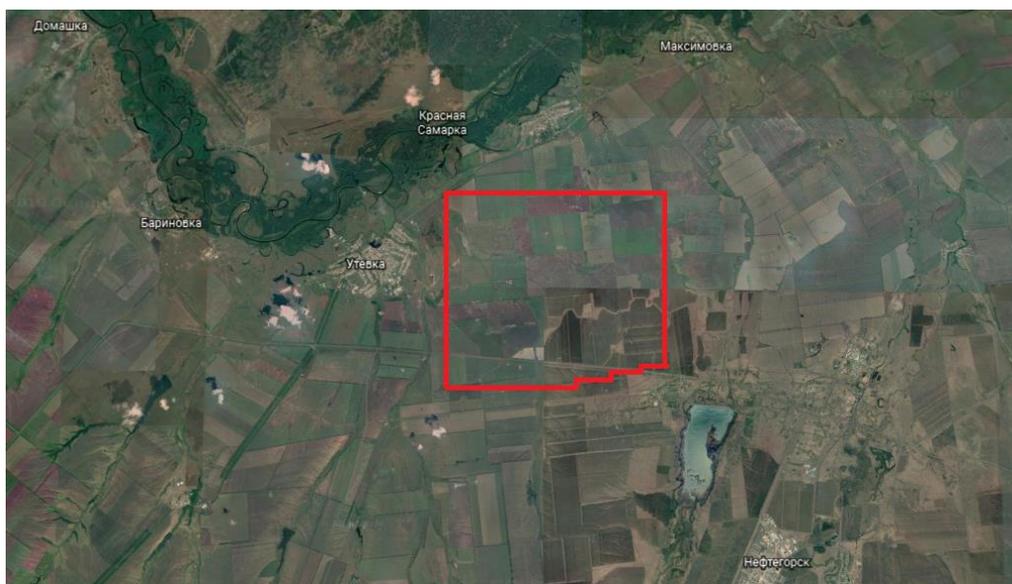


Рис. 2. Карта изучаемой территории Утевского и Гагаринского поднятий



Рис. 3. Карта линеаментов и кольцевых структур

Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов. Задача выполнялась в программном обеспечении ArcGIS, ArcMap модуль SpatialAnalystools, инструмент «Плотность линий». Он вычисляет плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате было построено поле плотности линеаментов.

Максимумы их отражены рис. 4. Они отражают участки с повышенной неотектонической (геодинамической активностью) [10, 14].

Были проанализированы ранее проведённые работы методами аэромагниторазведки. Эти данные были сопоставлены с результатами аэрокосмических методов, на основе чего, выделены перспективные зоны по участкам совпадений аэромагнитных и космогеологических материалов.

В результате построена интегральная карта зон, перспективных на поиски нефтяных месторождений (рис. 4). Установлено 6 перспективных участков. 2 из них совпадают с контурами Утевского и Гагаринского месторождений нефти.

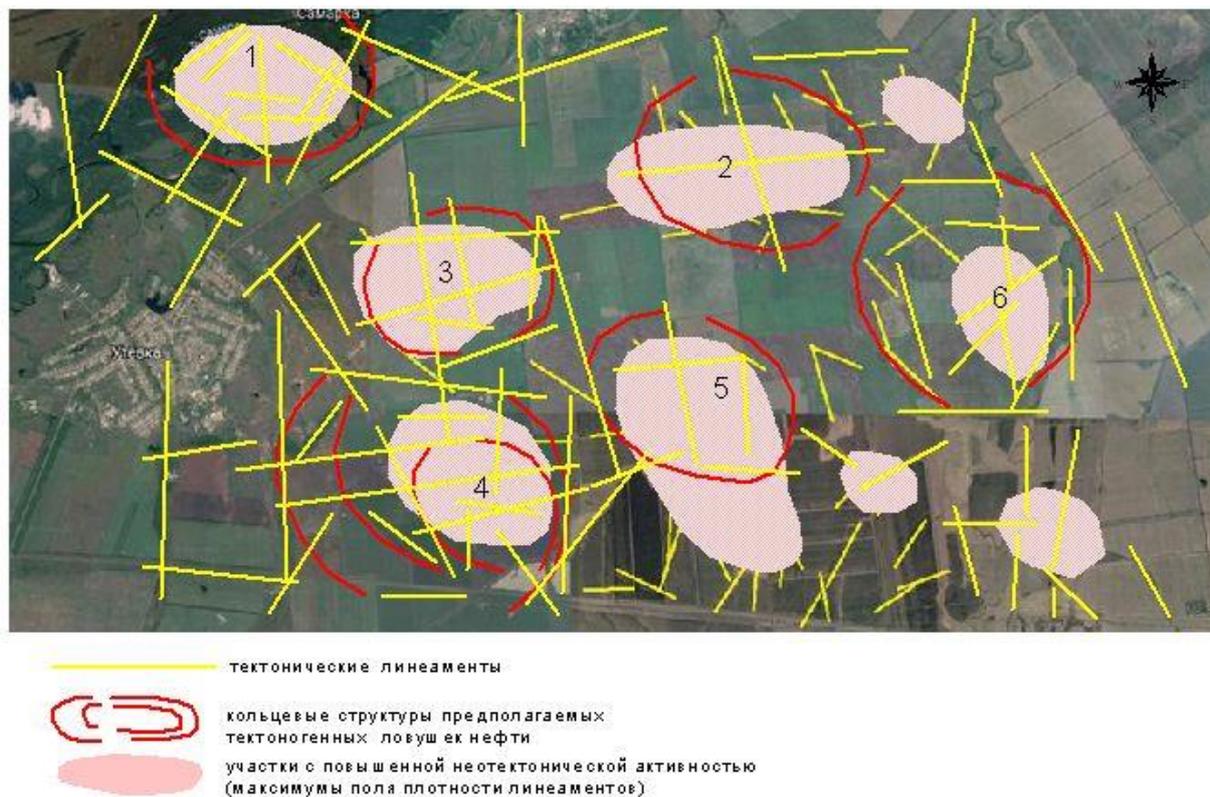


Рис. 4. Карта зон, перспективных на поиски нефтяных месторождений по аэрокосмогеологическим методам

По проведённым исследованиям на территории Самарской области, можно сделать вывод, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно и оперативно определить участки, перспективные на поиски нефтяных залежей.

Библиографический список

1. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

2. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского

университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

3. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. *Lap Lambert Academic Publishing. Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.

4. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.

5. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С. 66-94.

6. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 25-37.

7. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. *Перм. гос. нац. исслед. ун-т*. Пермь, 2019. 131 с.

8. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.

9. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2012. № 6. С. 341-351.

10. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

11. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

12. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2013. № 13. С. 68-73.

13. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

14. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.

15. Корчуганова Н.И. *Аэрокосмические методы в геологии*. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244 с.

16. Сидоров А.А. *История открытия нефти на Самарской земле в её значении для становления и развития нефтепромысла в России*. ОАО «Самаранефтегаз». Самара, 2012. 52 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ, ГЕОГРАФИИ, БИОЛОГИИ

APPLICATION OF AEROCOSMIC METHODS FOR SOLVING THE
TASKS OF ENGINEERING GEOLOGY, HYDROGEOLOGY,
GEOECOLOGY, GEOGRAPHY, BIOLOGY

УДК 629.785

С.Н. Гладких

*Новгородский государственный университет имени
Ярослава Мудрого, Великий Новгород, Россия*

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Анализируется применение космического мониторинга для исследования Земли. Рассмотрена история развития аэрокосмических методов исследований. Представлена оценка масштабов и периодичности составления оперативных экологических карт мониторинга природной среды в различных регионах. Рассмотрены методы съемки поверхности Земли из космоса, их главные достоинства.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, экологический мониторинг, аэрокосмический мониторинг, космические съемки, глобальная система мониторинга.

S.N. Gladkikh

*Yaroslav the Wise Novgorod State University,
Veliky Novgorod, Russia*

AEROSPACE MONITORING IN ENVIRONMENTAL RESEARCH

The application of space monitoring for Earth exploration is analyzed. The history of the development of aerospace research methods is considered. An assessment of the scale and frequency of the compilation of operational environmental maps for monitoring the natural environment in various regions is presented. The methods of surveying the Earth's surface from space are considered, their main advantages.

Keywords: remote sensing, environmental monitoring, aerospace monitoring, space surveys, global monitoring system.

Введение

Российская наука занимает передовые позиции в мире по использованию космической информации для решения многообразных задач. Достигнутый уровень развития методов и средств космогеологии свидетельствует о возможности их привлечения к решению самой острой и сложной проблемы

современности – к решению проблемы охраны и рационального использования окружающей природной среды с использованием космического мониторинга.

В узком смысле космический мониторинг – это мониторинг с помощью космических средств наблюдений. В широком смысле космический мониторинг это технологический комплекс, интегрирующий наземные, воздушные и космические технологии и системы. Главная черта космического мониторинга – глобальная оперативность. По аспекту направленности мониторинга различают внутренний (земной) и внешний (внеземной) виды геоинформационного мониторинга.

Внутренний направлен на поверхность Земли и околоземное пространство [3]. Внешний мониторинг направлен на объекты, влияющие на биосферу Земли и протекающие процессы на ее поверхности. Это Луна, планеты Солнечной системы и особо опасные космические объекты [5].

Космический мониторинг позволяет оперативно выявлять изменения окружающей среды, оценивать динамику и качество изменений и изучать взаимодействие техногенных систем. Развитие космического мониторинга определяется уровнем развития науки и техники, достижениями компьютерной техники, и методами обработки информации, текущими проблемами человечества, уровнем развития информационных, а недалеком будущем и интеллектуальных технологий [8].

Материалы дистанционного зондирования получают в результате неконтактной съемки с летательных воздушных и космических аппаратов, судов и подводных лодок, наземных станций.

История развития аэрокосмических методов исследований

Первые снимки с самолетов – одиночные фотографии небольших участков местности – появились перед Первой мировой войной. Число стран, развивающих национальные космические программы, неуклонно увеличивается. Начало было положено в 1957 г. в СССР и США (советские и американские метеорологические системы серий «Tiros», «ESSA», «Nimbus», «ITOS», «Метеор» и космические съемочные системы детальной фоторазведки военных ведомств США (спутники-съемщики с аппаратурой «Key. Hole» – «замочная скважина») и СССР (спутники-съемщики «Зенит»), а затем Франция запустила свой первый спутник для исследования ветров. В Западной Европе в 1973 г. было создано Европейское космическое агентство (ЕКА). Уверенно вошли в мировое космическое сообщество страны Азиатско- Тихоокеанского региона – Япония и Китай, запустившие спутники в 1970 г., Индия в 1980 г., Израиль в 1988 г. Число стран, имеющих свои спутники, непрерывно увеличивается [6].

В последующем начали функционировать космические системы изучения природных ресурсов и мониторинга окружающей среды, доставляющие пространственную геоинформацию широкому кругу гражданских потребителей, изучающих недра и морские акватории, оценивающих земельные, лесные и водные ресурсы, составляющих карты. Национальные космические системы природно-ресурсного направления первого поколения: •

Landsat (США); • Ресурс (СССР); • SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre, Франция). За четверть века регулярно запускаемые спутники каждой из этих систем многократно покрыли съемками всю Землю, дав миллионы снимков, образовавших их глобальный фонд [2].

Современные отечественные спутниковые системы

В соответствии с Федеральной космической программой России, в настоящее время развиваются следующие спутниковые системы второго поколения:

- Спутниковая система изучения природных ресурсов и мониторинга окружающей среды, включающая космические аппараты серий «Ресурс» и «Канопус». В настоящее время запущены и находятся в эксплуатации космические аппараты Ресурс-ДК 1 и Канопус-В.

- Гидрометеорологическая спутниковая система «Метеор», включающая космические аппараты серий Метеор-М (полярные) и Электро-Л (геостационарные). В настоящее время запущены и находятся в эксплуатации космические аппараты Метеор-М № 1 и Электро-Л № 1 [7].

Главнейшее значение для реализации программы создания службы мониторинга окружающей среды имеют дистанционные (аэрокосмические) средства и методы.

Оперативное слежение и контроль за состоянием окружающей среды и отдельных ее компонентов по материалам дистанционного зондирования и картам называют **аэрокосмическим (дистанционным) мониторингом**.

Иногда в это понятие включают слежение за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли (в горах, на Крайнем Севере), показания которых передаются в центры наблюдения с помощью методов дальней передачи информации (по радио, проводам, через спутники и т. п.). Аэрокосмический мониторинг подразделяется на авиационный и космический.

Авиационный мониторинг осуществляют с самолетов, вертолетов и других летательных аппаратов (включая парящие воздушные шары и т. п.), не поднимающихся на космические высоты (в основном из пределов тропосферы).

Космический мониторинг - мониторинг с помощью космических средств наблюдения. Авиационный мониторинг ориентирован на региональные или локальные явления. Например, он широко используется при инвентаризации лесов, выявлении площадей, пораженных пожарами, промышленными загрязнениями, вредителями. Космический мониторинг позволяет составить представление об отдельных изменениях в биосфере, которые при других методах не выявляются.

Первый экологический искусственный спутник земли (ИСЗ) «Космос-1906» был запущен в конце 1987 г. Программа полета ИСЗ предусматривает получение и обработку данных дистанционного зондирования Земли, выполнения съемок ряда территории СНГ, Антарктиды и Мирового океана. На основе космической информации ведутся планомерные широкомасштабные

исследования природных ресурсов, окружающей среды, изучаются результаты воздействия на нее хозяйственной деятельности.

Спутник мгновенно может обеспечить съемку от 8 до 40 тыс. км² земной поверхности, а за 10 мин работы - около 1 млн км. Такой огромный объем информации обрабатывается, естественно, с применением ЭВМ. С помощью спутниковых данных изучают изменение границы тундры и лесотундры (это характеризует динамику глобального потепления), динамику и состояние лесов, определяют очаги распространения вредителей сельскохозяйственных культур, отслеживают динамику растительности. В настоящее время в народном хозяйстве по материалам космических съемок решается около 300 различных задач, и перечень их продолжает расти.

Основные типы космической съемки

Методов съемки поверхности Земли из космоса довольно много, и их число постепенно возрастает, поскольку новая техника позволяет реализовать не использовавшиеся ранее возможности. Возможны следующие варианты съемки Земли из космоса:

1. Регистрация солнечного света, отраженного поверхностью Земли в видимой области спектра (длины волн 0,5 – 0,7 мкм) и в «окнах прозрачности» атмосферы так называемого ближнего ИК - диапазона (~0,7 – 3 мкм). Космические съемки в этих областях в дальнейшем будем называть съемками в оптическом диапазоне спектра.

2. Съемка собственного ИК-теплового и радиотеплового излучения Земли, главным образом ИК-тепловая съемка в зоне длин волн 9 – 12 мкм и радиотепловая съемка в микроволновом диапазоне радиоволн, включающем миллиметровые и сантиметровые волны.

3. Активные методы дистанционного зондирования, т. е. регистрация сигналов, отраженных от поверхности Земли и генерируемых искусственным источником направленного излучения, находящимся на борту космического аппарата (КА). Это или лазерная, или радиолокационная съемка.

Для целей мониторинга природной среды в настоящее время наибольший интерес представляют космические съемки в оптическом диапазоне.

Главные достоинства аэроснимков, космических снимков и цифровых данных, получаемых в ходе дистанционного зондирования, - их большая обзорность и одномоментность. Они покрывают обширные, в том числе труднодоступные, территории в один момент времени и в одинаковых физических условиях. Снимки дают интегрированное и вместе с тем генерализованное изображение всех элементов земной поверхности, что позволяет видеть их структуру и связи. Очень важное достоинство - повторность съемок, т.е. фиксация состояния объектов в разные моменты времени и возможность прослеживания их динамики.

Ведущая роль в реализации аэрокосмического мониторинга должна принадлежать съемкам, выполняемым в оптическом диапазоне спектра, так как они дают максимум полезной информации.

Так как мониторинг предполагает не только наблюдение за процессом или явлением, но также его оценку, прогноз распространения и развития, а кроме того - разработку системы мер по предотвращению опасных последствий или поддержанию благоприятных тенденций, оперативное картографирование становится средством контроля за развитием явлений и процессов и обеспечивает принятие управленческих решений.

Картографический метод создания глобальной системы мониторинга предполагает развертывание работ при обследовании и изучении любой территории в двух основных направлениях:

1. Создание базовой инвентаризационной картографической документации, отражающей современное состояние и оценку природных ресурсов;

2. Картографирование динамики изменений природной среды, предусматривающее обновление инвентаризационных карт, создание специальных карт динамики и прогноза, т. е. систематическое картографическое слежение за состоянием природной среды и ее изменениями, обусловленными хозяйственной деятельностью людей [9].

Масштабы картографического представления и периодичность составления оперативных тематических карт мониторинга во многом зависят от характера использования земель и степени развития природно-территориального комплекса.

Масштабы и периодичность карт мониторинга природной среды в различных регионах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Масштабы и периодичность составления оперативных карт мониторинга природной среды в различных регионах [4]

Использование земель	Степень развития территориально-производственного комплекса	Масштаб карт	Период составления карт
Интенсивное	Развитые со сложной инфраструктурой	1:200 000 и крупнее	Ежегодно
	Развивающиеся	1:200 000 – 1: 500 000	1-3 года
	Формирующиеся	1:200 000 – 1: 500 000	3-5 лет
Экстенсивное	Слабая, но естественно высокодинамичные природно-территориальные комплексы	1:200 000	1-3 года
	Слабая	1:500 000 – 1: 1 000 000	5-7 лет и более
	Отсутствует (природоохранные зоны)	1:200 000 – 1: 500 000	1-3 года

Структура космической системы изучения природных ресурсов состоит из 4 основных подсистем: получения космической информации; получения дополнительной дистанционной информации; сбора и хранения информации; обработки информации (рис. 1) [4].

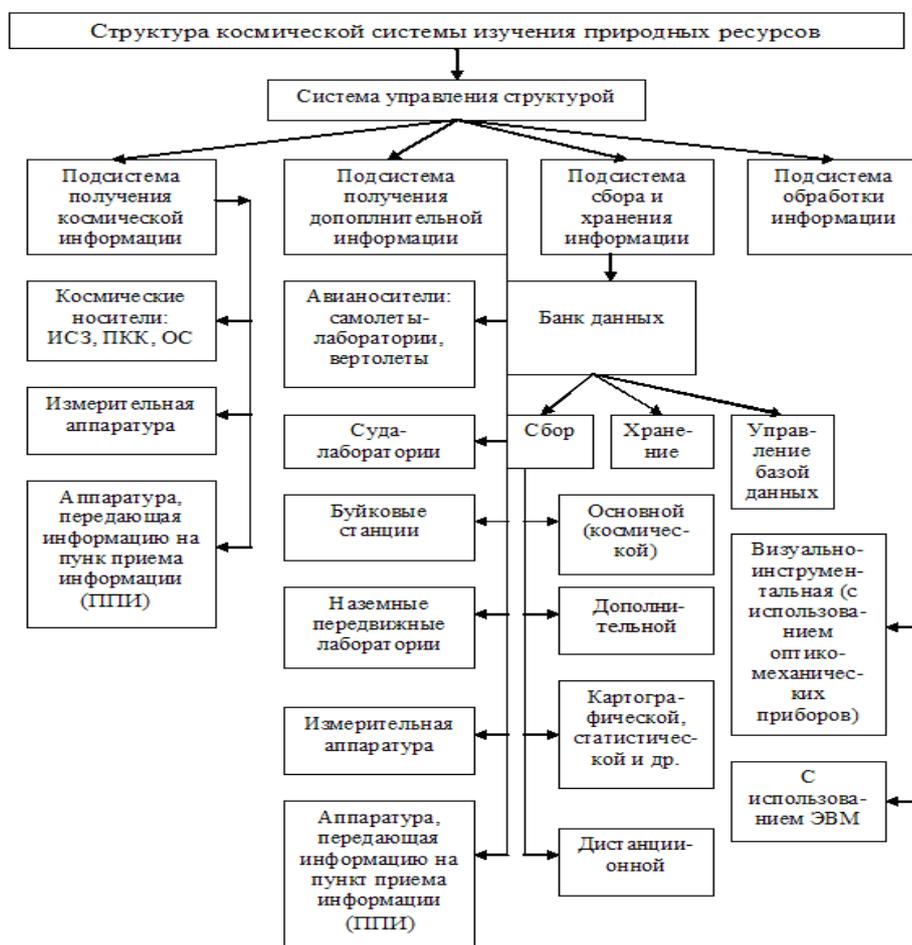


Рис. 1 - Структура космической системы изучения природных ресурсов (ИСЗ – искусственные спутники Земли; ПКК – пилотируемые космические корабли; ОС орбитальные станции) [4]

Подсистема получения космической информации включает: космические носители измерительной аппаратуры; измерительную аппаратуру, устанавливаемую на космических носителях; аппаратуру, передающую полученную информацию на Землю (на пункты приема информации – ППИ) в подсистему сбора информации.

Данные, полученные с помощью космической измерительной подсистемы, содержат для каждого отдельного элемента природного объекта информацию о его состоянии. Эти данные передаются на пункты приема информации и оттуда в банк данных подсистемы сбора информации на хранение.

Подсистема получения дополнительной дистанционной информации объединяет средства и методы получения дистанционной информации о

природных и антропогенно измененных объектах, осуществляемых в основном в пределах тропосферы.

В эту подсистему включены: авиационные средства (самолеты-лаборатории и вертолеты); суда-лаборатории, буйковые станции, наземные передвижные лаборатории, установленная на этих носителях измерительная аппаратура, установленная на них аппаратура, передающая получаемую информацию на пункт приема информации.

В структуру космической системы изучения природной среды Земли и Мирового океана в подсистему получения дополнительной информации включены также научно-исследовательские суда-лаборатории, буйковые станции и наземные передвижные лаборатории.

В состав судов-лабораторий входят научно-исследовательские суда, экспедиционные суда, морские, озерные и речные суда, специально построенные или перестроенные из другого типа судов для комплексных исследований и для проведения различных специальных исследований (геофизических, гидробиологических и др.) в толще водных масс, морского дна, атмосферы и космического пространства.

Так, на борту научно-исследовательского судна космической службы «Космонавт Юрий Гагарин» имеется 110 научных лабораторий.

Буйковые станции (автоматические станции) снабжены специальной аппаратурой для получения определенных типов информации через спутники на пункты приема информации, космической системы изучения природных ресурсов.

Наземные передвижные лаборатории позволяют получать достоверные и точные данные о природных объектах, процессах и данные на локальных участках земной поверхности. Наземные измерения выполняют синхронно космическими и авиационными измерениями точно в момент прохождения космических аппаратов и авиасредств над данной точкой.

Наземные измерения служат базой для проведения необходимых методических работ, связанных с проблемой идентификации природных ресурсов и изучения их свойств на основе сопоставления и корреляции различных данных дистанционного зондирования с данными непосредственных наземных измерений.

Все вышесказанное относится к измерениям, выполняемым судами-лабораториями и автоматическими буйковыми станциями.

Основные требования, предъявляемые к измерениям (данным), получаемым в подсистемах космической и дополнительной дистанционной информации:

- синхронность получения всех видов информации;
- метрологическое единство всех видов измерений;
- репрезентативность наземных и измерений с самолета относительно территорий, охватываемых космической съемкой;
- сопоставимость масштабов и разрешающей способности всех видов измерений;

- оперативность доставки информации с самолета и наземной в пункты приема и обработки космической информации.

Репрезентативность в статистике - главное свойство выборочной совокупности, состоящее в близости ее характеристик (состава, средних величин и др.) к соответствующим характеристикам генеральной совокупности, из которой отобрана выборочная.

Подсистема сбора и хранения информации формирует банк данных огромного и постоянно меняющегося объема различного вида информации. Задачи этой подсистемы - формирование, хранение и управление базой данных, нахождение необходимой для определенных конкретных целей информации и оперативная передача ее в блок подсистемы обработки информации.

База данных должна содержать:

1. Разновременные и разномасштабные материалы космических и аэрофотосъемок;
2. Характеристики измерительной аппаратуры;
3. Результаты наземных (натурных) измерений (выполненных синхронно с космическими съемками) параметров состояния природной среды в отдельных пунктах земной поверхности;
4. Разновременные и разномасштабные картографические материалы (топографические и специальные тематические карты);
5. Статистические и другие данные.

Эта структура (сбора, хранения, управления базой данных) подсистемы должна обеспечить оперативный обмен информацией между ее частями и доступ к ней подсистемы обработки информации.

Подсистема обработки информации заключается в оперативной обработке, полученной из банка данных информации и выдаче результатов обработки в виде картографических материалов в требуемом масштабе.

Заключение

Мониторинг должен обеспечить систематическое и оперативное слежение за состоянием природной среды с целью ее контроля и управления правильным использованием всех ее компонентов.

Такой мониторинг может быть создан только на основе самых современных технических средств. Длительный опыт дистанционного зондирования Земли и планет, особенно успешное развитие космогеологии, дают твердую уверенность в необходимости широкомасштабного использования всего потенциала накопленных космических средств для создания эффективной системы мониторинга окружающей природной среды.

Библиографический список

1. Апкин Р.Н., Минакова Е.А. *Экологический мониторинг / уч. пос. 2-е изд., испр. и доп. Казань: Казанский гос. энерг. ун-т, 2015. 127 с.*

2. *Аэрокосмические методы в экологическом мониторинге и охране природы*
URL:<https://present5.com/aerokosmicheskie-metody-v-ekologicheskom-monitoringe-i-oxrane-prirody/> (дата обращения 17.11.2021).

3. Бармин И.В., Кулагин В.П., Савиных В.П., Цветков В.Я. *Околосемное космическое пространство как объект глобального мониторинга* // *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*. 2013. № 4. С. 4-9.

4. *Использование аэрокосмического мониторинга в экологических исследованиях*
URL:https://revolution.allbest.ru/ecology/00259393_0.html (дата обращения 20.11.2021).

5. *Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Урличич Ю.М. Глобальные проблемы человечества и космос*. М.: НИИ КС им. А.А. Максимова, 2010. 570 с.

6. Поповичев Е.А. *Использование космических систем для мониторинга климата Земли* // *Сб. докладов Республиканской научно-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Инновации в технике и технологии дорожно-транспортного комплекса». Секция «Дорожная климатология»*. В 6 ч. Ч.2.- Минск: БНТУ, 2013. С.149-159.

7. *Федеральная космическая программа России на 2016-2025 годы*
URL:<https://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2020/443/> (дата обращения 18.11.2021).

8. Цветков В. Я. *Анализ применения космического мониторинга* // *Перспективы науки и образования*. 2015. № 3 (15). С. 48-55.

9. Якутин М.В., Анопченко Л.Ю. *Картографические методы в мониторинге запасов органического углерода в почвах Причано́вской территории* // *Гео-Сибирь*. 2007. Том.3. С.134-139.

Е.В. Дробинина

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия
ООО «Противокарстовая и береговая защита», Пермский филиал, Пермь, Россия
e-mail: alenadrobina@yandex.ru*

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ GOOGLE EARTH ENGINE ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДЕЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР

В статье приводится описание методики оценки площадей термокарстовых озер и заболоченных понижений с использованием платформы Google Earth Engine, предназначенной для анализа данных дистанционного зондирования Земли. Приводится характеристика трех индексов поверхности, расчет которых производился с целью оценить площадь и местоположение термокарстовых озер. На основании изложенного материала даны выводы о возможности применения данной методики для оценки динамики термокарстовых явлений.

Ключевые слова: термокарст, данные дистанционного зондирования Земли.

E.V. Drobina

*Perm State University, Perm, Russia
LLC «Karst-Control and Bank Protection», Perm, Russia*

EXPERIENCE OF USING THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM TO ASSESS THE THERMOKARST LAKES AREAS

The technique of assessment of the thermokarst lakes areas and swampy depressions areas using the Google Earth Engine platform, designed for the analysis of Earth remote sensing data, is described in the research. The characteristics of three surface indices are given. The calculation of these indices was carried out in order to estimate the area and location of thermokarst lakes. On the basis of the research results, the possibility of using this technique to assess the dynamics of thermokarst phenomena are concluded.

Key words: thermokarst, Earth remote sensing data.

Введение

Изменение климатических условий, связанное с повышением среднегодовой температуры воздуха, в районах распространения многолетнемерзлых пород повышает вероятность развития термокарстовых явлений, способных приводить к деформации инженерных сооружений и, тем самым, осложнять освоение таких территорий. Мониторинг данных явлений вследствие труднодоступности прямым наблюдениям весьма успешно осуществляется с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В качестве индикаторов выступают хорошо дешифрируемые на космоснимках термокарстовые озера [1].

В статье описывается метод применения платформы Google Earth Engine (GEE) для работы с данными ДЗЗ с целью оценки распространения термокарстовых озер и динамики изменения их площади. В качестве пилотной территории предлагается участок с высокой плотностью развития термокарстовых озер на юге Ханты-Мансийского автономного округа, в 150 км юго-западнее г. Ханты-Мансийска.

В геоморфологическом отношении это четвертая надпойменная терраса р. Оби. Элементы морфоструктур носят эрозионно-криогенно-тектонический характер: основное участие в формировании современного рельефа принимали неотектонические движения, эрозия, делювиальный снос и термокарст.

В структурно-тектоническом плане участок относится к внутренним районам Западно-Сибирской плиты (ЗСП), в частности к положительной структуре I порядка – Шугурской мегатеррасе чехла ЗСП. В неотектоническом плане территория расположена в Среднеобской впадине, на севере Усть-Иртышского структурного носа. Для данной неотектонической структуры характерно широкое развитие зон трещиноватости и мелкой линейной складчатости, выраженной параллельно-грядовым и параллельно-ложбинным рельефом.

В геологическом строении принимают участие породы плиоцен-четвертичного возраста мощностью 40-80 м, реже до 100 м, представленные песками, алевритами, глинами. Подстилаются комплексом олигоценых отложений мощностью более 100 м, представленных глинами алевритистыми, с прослоями алевритов, песков мелкозернистых.

Методика анализа

Платформа GEE представляет собой весьма удобный сервис для обращения к данным ДЗЗ с возможностью проведения различных аналитических операций. В рамках данной работы пространственная пораженность территории термокарстовыми формами рельефа оценивалась посредством расчета различных индексов поверхностей.

Первый рассматриваемый индекс относится к вегетативным индексам (индексам растительности и почвы) – NDVI – нормализованный вегетационный индекс, показывающий наличие и состояние растительности (относительную биомассу). Этот индекс основан на контрасте характеристик двух каналов из набора мультиспектральных растровых данных: красного (RED), где лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом растений, и ближнего инфракрасного (NIR), где находится область максимального отражения растениями:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Отрицательные значения этого индекса (-0,05 – -0,25) характеризуют области без растительности – облака, вода (в нашем случае заполненная термокарстовая воронка) или снег; значения близкие к -0,5 – -1,0 – техногенно спланированные участки (асфальт, бетон). Умеренные значения (0,5)

соответствуют травянистым и кустарниковым областям, высокие (1,0) – обозначают леса и пышную растительность.

Расчет данного индекса для измерения экологических и климатических характеристик растительности применяется достаточно давно, с 1974 г., когда о нем было впервые упомянуто [4].

Второй из изучаемых индексов – NDMI – стандартизованный индекс различий увлажненности (NDMI) [5, 6]. Индекс основан на контрасте поглощения коротковолнового инфракрасного излучения (SWIR) влагой и отражения растениями ближнего инфракрасного (NIR). Разница значений каналов характеризует уровень влажности растений, уменьшение отражательной способности которых в спектре NIR связано с содержанием влаги, поглощающей лучи спектра SWIR:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Так как исследуемая территория в силу климатических и геоморфологических причин характеризуется высокой степенью увлажненности в данном исследовании интересны области, где значения этого показателя изменяются в диапазоне от >0 до $0,1$, что соответствует термокарстовым озерам и замкнутым заболоченным участкам.

Третий – нормализованный разностный водный индекс (NDWI) – вычисляется с использованием ближнего инфракрасного (NIR) и зеленого канала (GREEN) [3]. Визуальная интерпретация аналогична NDVI: безводные области от -1 до 0 , водоемы – от 0 до 1 :

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

В качестве исходных выбраны данные мультиспектральных спутниковых снимков коллекции USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1, полученной с помощью датчиков Landsat 8 OLI / TIRS. Коллекция содержит набор данных с учетом атмосферной коррекции. Эти изображения содержат пять полос видимого и ближнего инфракрасного (NIR) и два коротковолновых инфракрасных (SWIR) диапазона, обработанных для ортотрансформированного отражения поверхности, и один диапазон теплового инфракрасного излучения (TIR), обработанный для ортотрансформированной температуры поверхности.

Полученный набор данных был отфильтрован по значениям облачности (Percentage cloud cover 0-100): использованы снимки с облачностью не выше 1%. С целью оценить динамику в развитии термокарстовых явлений на изучаемой территории были использованы разновременные наборы спутниковых данных: усредненные (median) спутниковые данные за летний период (май-август) 2015 года и аналогичные за 2018 год.

Выбор коллекции спутниковых снимков и расчет индексов поверхностей производился непосредственно на платформе GEE (рис. 1). Полученные растровые изображения в дальнейшем экспортировались в формат GEOTIFF с целью проведения пространственного анализа с использованием геоинформационных систем (ГИС, в частности ArcGIS).

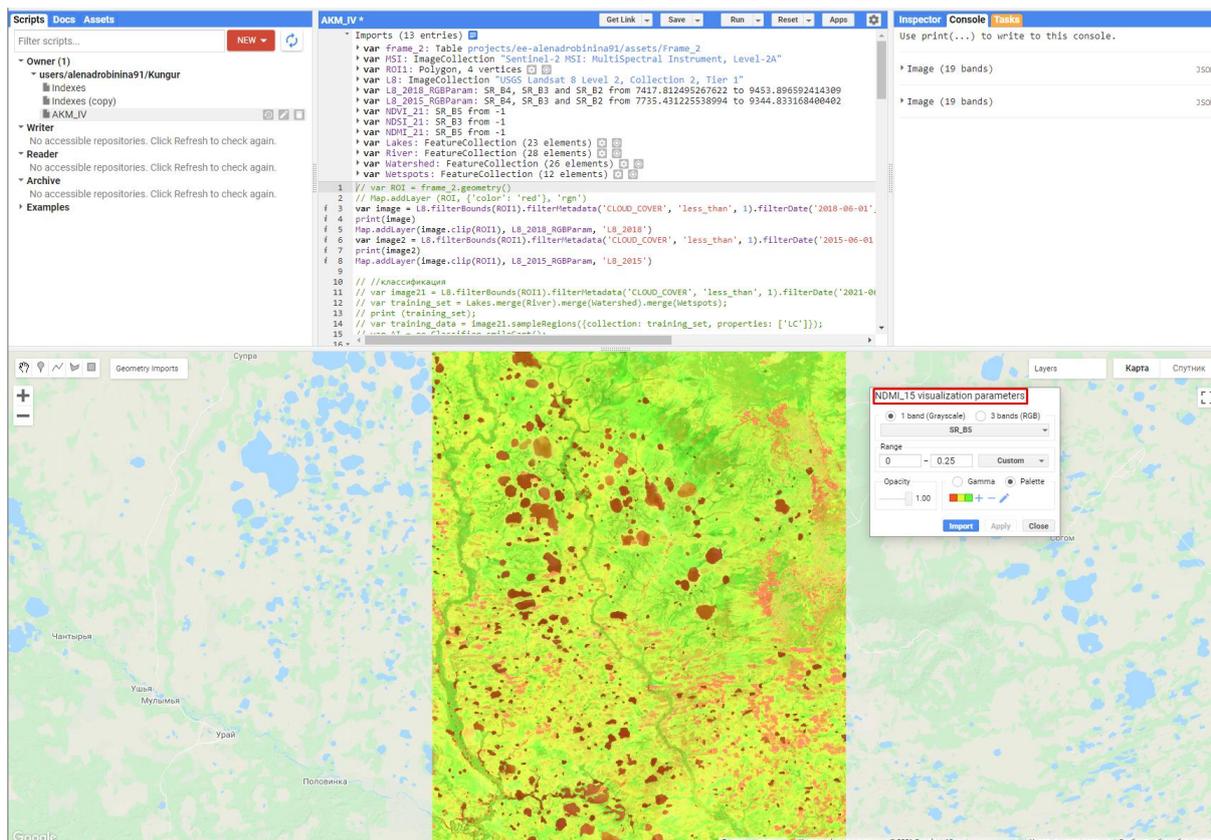


Рис. 1. Типовой вид рабочего окна платформы GEE с загруженным спутниковым снимком USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1

Так как экспортированные изображения представляют собой набор тайлов, было произведено объединение нескольких существующих наборов растровых данных в один посредством инструмента «Мозаики». Полученное таким методом изображение было переклассифицировано в растр, целочисленные значения которого соответствуют определенным интервалам исследуемых индексов. Так выделены интервалы положительных значений ($>0-1$ NDWI и $>0-0,1$ NDMI), соответствующие термокарстовым озерам и замкнутым заболоченным участкам (рис. 2). Переклассифицированные растры конвертированы в векторный формат с целью оценки площадей термокарстовых озер и заболоченных участков на 2015 и 2018 гг. (табл. 1).

Таблица 1
Площадь, занимаемая термокарстовыми озерами и участками повышенной увлажненности

Год	Площадь изучаемого участка, км ²	NDWI		NDMI	
		Площадь, км ²	Процент, %	Площадь, км ²	Процент, %
2015	22998	1347	5,9%	3949	17,2%
2018		1553	6,8%	3667	15,9%
Величина изменения показателя		+206	+0,9%	-282	-1,3%

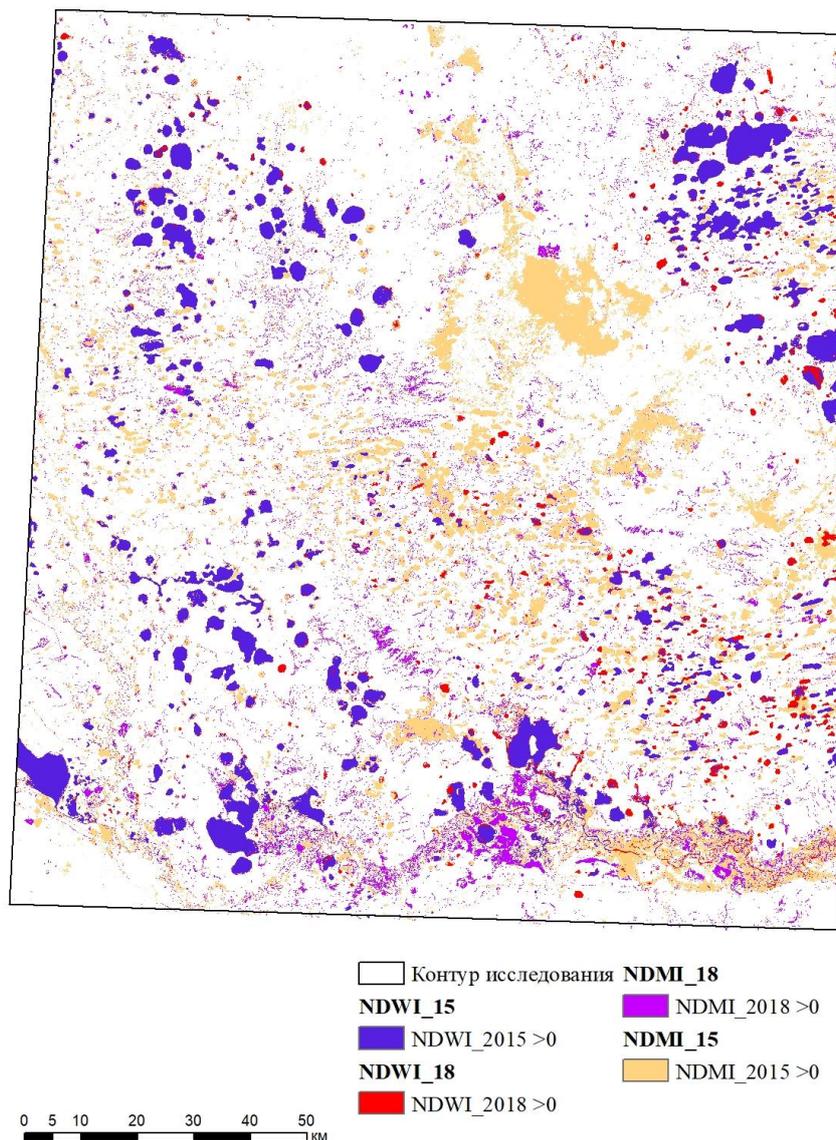


Рис. 2. Карта распространения термокарстовых озер и заболоченных участков, построенная с использованием индексов поверхностей

Таким образом, площадь, занимаемая термокарстовыми блюдцами, заполненными водой, за наблюдаемый период увеличилась. Увеличение произошло за счет изменения площади блюдец и заполнения водой заболоченных понижений (площадь которых сократилась, см. табл. 1). При визуальном анализе также отмечается увеличение количества термокарстовых блюдец и их размеров (рис.2).

Данная модель отражает наличие динамики в изменении площадной распространенности термокарстовых явлений и возможности оценки этой динамики с использованием данных дистанционного зондирования в среде ГЕЕ. Однако рекомендуется рассмотреть более продолжительный временной ряд, чтобы определить направление изменения площадей озер.

Так, в целом для территории Западной Сибири, согласно исследованию С.Н. Кирпотина, В.Ю. Полищука и др., за два последних десятилетия климатические изменения, связанные с повышением среднегодовой температуры воздуха, обуславливают сокращение площадей термокарстовых блюдечек по причине дренажа вод из малых озер в крупные на участках прерывистой и островной мерзлоты [1, 2].

Выводы

Использование методов дистанционного зондирования позволяет с большой точностью и в короткие сроки проводить мониторинг состояния термокарстовых образований на большой территории, где затруднены непосредственные наблюдения.

GEE значительно упрощает анализ данных ДЗЗ: данные высоко качества есть в свободном доступе, имеются наборы данных с атмосферной коррекцией. Имеется возможность обработки снимков непосредственно в среде GEE, а также есть возможность экспорта растровых и векторных данных, что упрощает работу с ними, применяя привычное для работы программное обеспечение.

Следует учесть, что результат мониторинга зависит от качества данных ДЗЗ и степени их подготовки для дальнейшего использования (в частности, для последующей векторизации определенных участков земной поверхности).

Библиографический список

1. Кирпотин С.Н., Полищук В.Ю. Прогнозирование динамики термокарстовых озер в зоне многолетней мерзлоты на основе космических снимков и математического моделирования // *BioClimLand*, 2013, no 1, pp.48-57.

2. Полищук Ю.М., Куприянов М.А., Полищук В.Ю. Исследование особенностей динамики термокарстовых озер Западной Сибири и Таймыра с использованием спутниковых снимков // *Материалы Девятнадцатой международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)»*. XIX.F.90.

3. McFeeters S. *The Use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features* // *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1996. pp. 1425-1432.

4. Rouse J.W, Haas R.H., Scheel J.A., Deering D.W. *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS* // *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, vol. 1, 1974. pp. 48-62.

5. Skakun R.S., Wulder M.A., Franklin S.E. *Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage* // *Remote Sensing of Environment*, Vol. 86, 2003. pp. 433-443.

6. Wilson E.H., Sader S.A. *Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery* // *Remote Sensing of Environment*, 80, 2002. pp. 385-396.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИБИРСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Проведена оценка инженерно-геологических условий Сибирского нефтяного месторождения аэрокосмическими методами. Для характеристики геодинамических критериев изучены тектонические линеаменты на основе дешифрирование космических снимков. Проведено инженерно-геологическое районирование. Установлены участки с условно благоприятными, условно неблагоприятными и неблагоприятными инженерно-геологическими условиями.

Ключевые слова: инженерные изыскания, аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаменты, Сибирское нефтяное месторождение.

V.O. Konshin

Perm State University, Perm, Russia

ENGINEERING AND GEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SIBERIAN OIL FIELD BY AEROSPACE METHODS

An assessment of the engineering-geological conditions of the Siberian oil field by aerospace methods has been carried out. To characterize the geodynamic criteria, tectonic lineaments were studied based on the interpretation of satellite images. Geological engineering zoning has been carried out. Areas with conditionally favorable, conditionally unfavorable and unfavorable engineering and geological conditions have been identified.

Key words: engineering surveys, aerospace geological studies, interpretation, lineaments, Siberian oil field.

Введение

Сибирское месторождение нефти находится в Пермском Приуралье, на территории Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС), являющимся одним из крупнейших в мире и крупнейшей сырьевой базой калийной промышленности в России. Территория месторождения характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, что является одним из важнейших факторов, влияющих на качество добычи нефти и газа, детальное их изучение комплексом методов, включающим аэрокосмические методы поможет снизить уровень проблем, возникающих при проектировании и строительстве всевозможных сооружений. Важную роль в изучении инженерно-геологический условий играет оценка степени сложности инженерно-геологических условий территории, где применение аэрокосмических методов играет ведущую роль [1-5, 12, 17].

Анализ основных факторов формирования инженерно-геологических условий и характеристика Сибирского нефтяного месторождения и южной части ВКМКС

Сибирское месторождение нефти в административном отношении расположено в Усольском районе Пермского края юго-восточнее г. Березники, в 145 км севернее г.Перми, в 15 км севернее с. Романово и в 30 км южнее железнодорожной станции г. Березники (рис. 1).

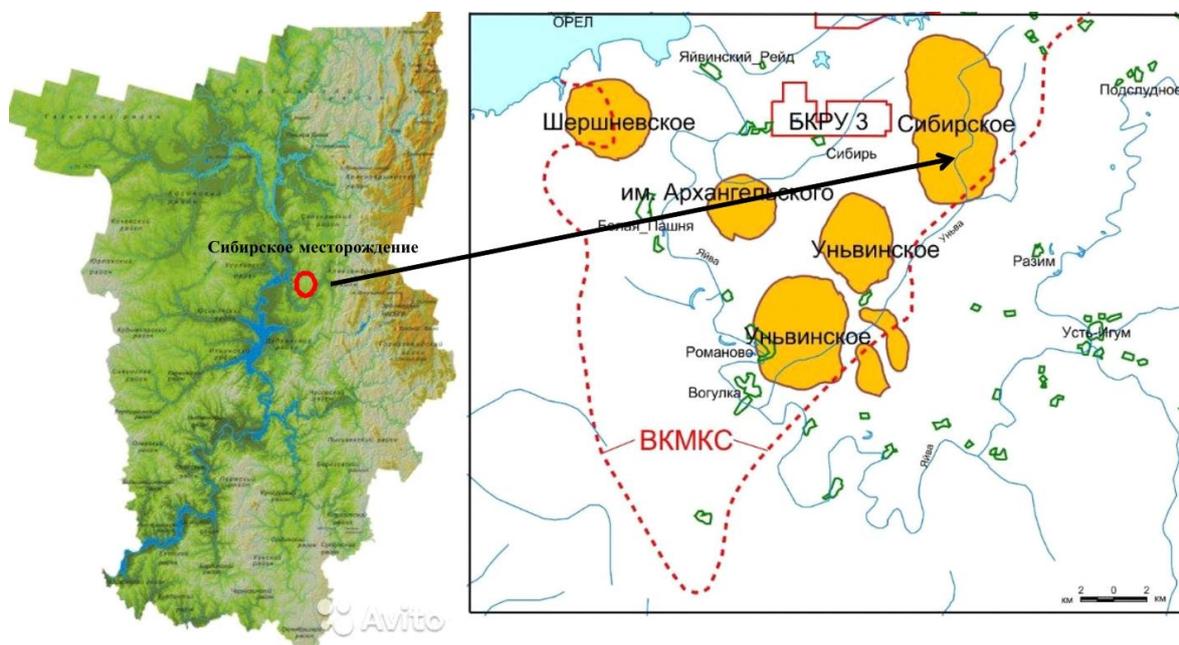


Рис. 1. Обзорная карта района

Рельеф. Территория расположена на восточной окраине Восточно-Европейской равнины, в Соликамской впадине. По морфологическим особенностям территория месторождения представляет собой слабо всхолмленную равнину, слабо наклоненной к западу. Абсолютные отметки рельефа колеблются от 170 м до 241 м.

Климат района континентальный с продолжительной холодной зимой и теплым, но сравнительно коротким летом, поздними весенними и ранними осенними заморозками. Среднегодовая температура воздуха составляет $0,7^{\circ}\text{C}$, среднемесячная в июле $17,4^{\circ}\text{C}$, в январе -16°C . Большая часть территории покрыта лесом хвойных и лиственных пород с кустарником. Пойменные участки рек заболочены.

Гидрография. Речная сеть представлена рекой Яйва (левый приток р.Камы) с ее притоками Большая Уньва, Малая Уньва, Уньва, Большая Песьянка, Песьянка, также многочисленными ручьями. Реки замерзают в начале ноября, вскрываются во второй половине апреля. Весеннее половодье длится около одного месяца, уровень воды повышается на 1,0-3,0 м.

Рассматриваемый район располагается в пределах южной части Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС), при этом

Сибирское месторождение непосредственно располагается в контурах Талицкого участка ВКМКС [3, 27].

Геологическая изученность. Геологическая среда района Сибирского месторождения изучена геолого-съёмочными работами (Харитонов и др., 1999ф), гидрогеологической съёмкой (Балдин и др., 1996ф) геофизическими методами, бурением солеразведочных скважин, глубоким параметрическим, поисково-разведочным и эксплуатационным бурением, аэрокосмогеологическими исследованиями (Коноплев, Копылов, 2011ф; Копылов, Хурсик, 2010ф) [7-10, 13, 22, 29, 33, 34, 36-38].

Геологические условия

В тектоническом отношении Сибирское месторождение находится в южной части Соликамской депрессии Предуральского краевого прогиба и приурочено к двум поднятиям Сибирскому и Родыгинскому, осложняющим Уньвинский выступ. Территория характеризуется повышенной геодинамической активностью с высокой трещиноватостью и разломно-блоковым строением, благоприятными глубинными геодинамическими условиями для формирования месторождений углеводородов [6, 7].

Геологический разрез Сибирского месторождения изучен по результатам анализа материалов бурения солеразведочных, параметрических, поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин от среднедевонских (эйфельских) до четвертичных отложений. Максимальная вскрытая толщина разреза составила 2950 м в скважине № 44 [3, 25]. На поверхность выходят породы уфимского яруса.

По гидрогеологическому районированию (ВСЕГИНГЕО, 1990) исследуемый район расположен на восточной окраине Восточно-Русского артезианского бассейна, в Северо-Предуральском бассейне, в Камско-Чусовской группе бассейнов [10, 18, 25]. По условиям взаимосвязи водоносных комплексов с земной поверхностью надсолевые отложения относятся к зонам активного и затрудненного водообмена с земной поверхностью.

В зону активного водообмена попадают пресные воды, циркулирующие выше вреза речных долин. С увеличением глубин, в переходной зоне замедленного водообмена динамика вод становятся более статичной, они приобретают соленый или горько-соленый вкус, напор. В нижней зоне весьма затрудненного водообмена, выделяемой ниже иренского регионального водоупора, пластовые воды представлены высокоминерализованными рассолами. На поверхность в районе месторождения выходят:

- шешминский водоносный горизонт (P_{1ss}), комплекс с развитыми трещинно-грунтовыми и трещинно-пластовыми водами. Верхнекамское месторождение солей составляет исключение, в его пределах выделены две водоносные толщи – пестроцветная, в которой обводнены аргиллиты и алевролиты, и известково-песчаниковая. Подземные воды шешминского терригенного комплекса гидрокарбонатного и хлоридного состава, в отдельных пробах отмечается преобладание сульфатов. Минерализация не превышает 1,5 мг/дм³. Только содержание хлоридов не соответствует нормируемым пределам.

- соликамский водоносный горизонт (P_{1sl}). Воды хлоридного состава, соленые с минерализацией 8-10 до 11 г/дм³. В интервале 70-80 м отмечается самая высокая степень засоления, минерализация стабильно высокая – 40-82 г/дм³. Концентрация хлоридов, ионов магния и натрия в 5-10 раз больше ПДК.

Кроме того, распространены подземные воды четвертичных отложений флювиогляциального и аллювиального горизонтов, покрывающих сплошным чехлом небольшой мощности (3-18 м) коренные породы. Дебит родников изменяется в пределах 0,01-1,0 л/сек. Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальцево-магниевого типа с минерализацией 0,1 - 0,3 г/л. Основной источник питания - атмосферные осадки [3, 18, 21].

Инженерно-геологические условия

По инженерно-геологическому районированию район исследований Сибирского месторождения относится к инженерно-геологическому региону восточной окраины Восточно-Европейского региона второго порядка, в пределах области денудационной равнины Предуралья, района Соликамской равнины [10, 29]. В соответствии с СП 47-13330-2012. Территория Сибирского нефтяного месторождения по категории сложности инженерно-геологических условий относится ко II (средней) (рис. 2).

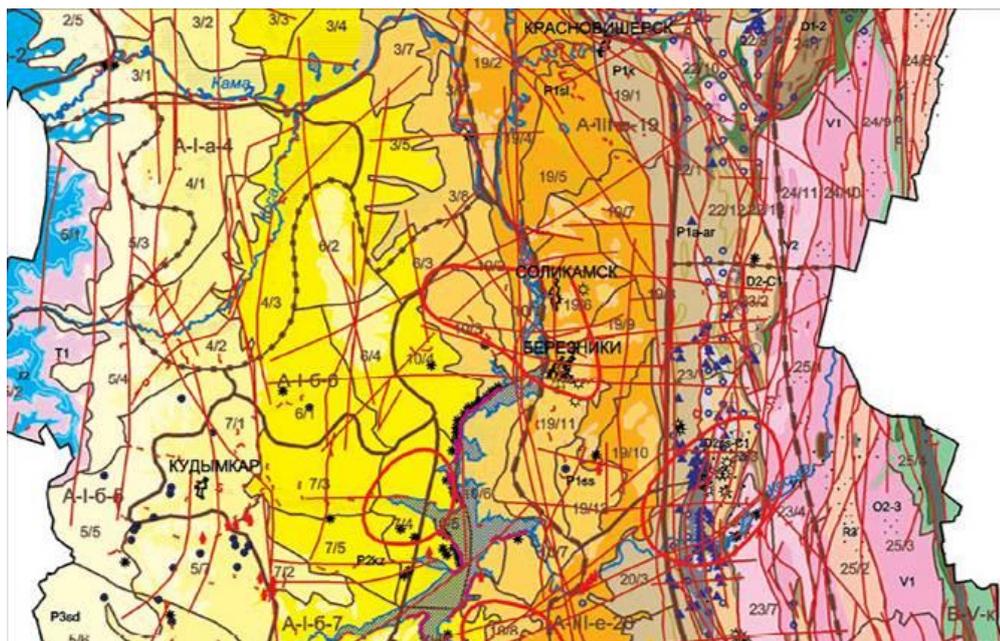


Рис. 2. Фрагмент инженерно-геологической карты Пермского края (И.С.Копылов, А.В.Коноплев [25])

На территории Сибирского месторождения развиты карбонатно-терригенная формация нижней перми, уфимской (шешминской и соликамской) карбонатно-терригенной подформации [10]. Грунты коренной основы представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами с переслоями мергелей, известняков, гипсов [25, 38] (рис. 3). Физико-геологические комплексы представлены флювиогляциальными песками, супесью, глинами, суглинками, щебнем; аллювиальными песками, глинами, галечниками и суглинками с большим диапазоном физико-механических свойств грунтов.

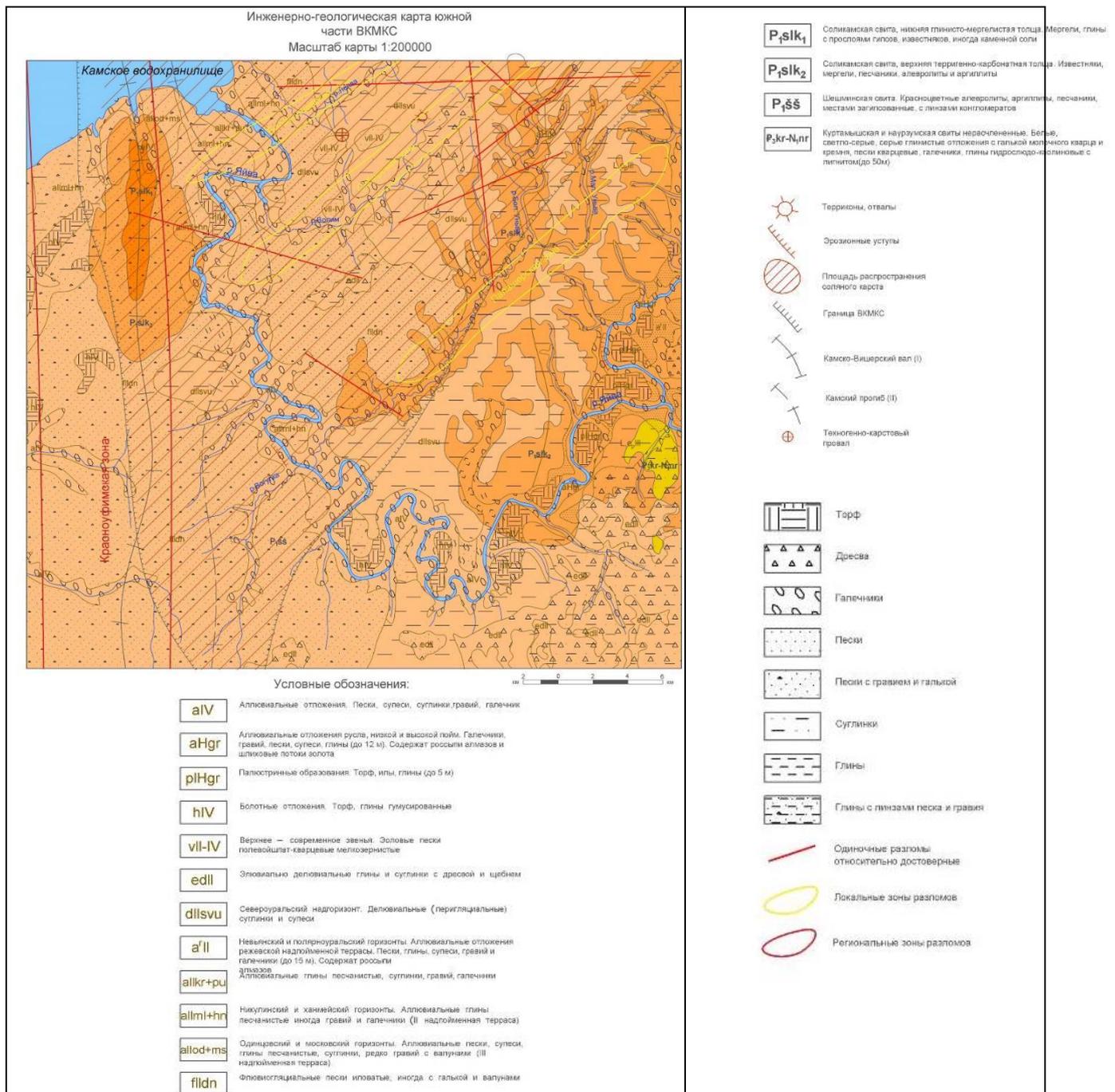


Рис. 3. Инженерно-геологическая карта (по материалам ВСЕГЕИ)

На территории широко развиты современные геологические процессы – карстовые, суффозионные, овражные, оползневые, а также различные комплексы склоновых гравитационных процессов и заболоченность в долинах рек. Территорию пересекают многочисленные тектонические нарушения.

Физико-геологические комплексы представлены флювиогляциальными песками, супесью, глинами, суглинками, щебнем; аллювиальными песками, глинами, галечниками и суглинками с большим диапазоном физико-механических свойств грунтов.

На территории широко развиты современные геологические процессы – карстовые, суффозионные, овражные, оползневые, а также различные комплексы склоновых гравитационных процессов и заболоченность в долинах рек. Территорию пересекают многочисленные тектонические нарушения [10, 14, 20, 23, 31, 32, 34].

Методика и результаты аэрокосмогеологических исследований и инженерно-геологической оценки

Задача инженерно-геологической районирования по степени сложности сводится к выбору и оценке классификационного показателя и определению его граничных значений, по которым выделяются таксоны. Детальное инженерно-геологическое районирование выполнено по методике В.В. Середина [39, 40] с учетом оценочных критериев [11, 21, 23, 30]. Достоинство этой методики в том, что она проста в использовании и позволяет получить точную информацию по имеющимся данным. Особенность заключается в том, что известны численные значения факторных признаков каждой подобласти на исследуемой территории, но неизвестен классификационный показатель (K_p) и неизвестны граничные значения (K_p). Методика районирования, основана на бальной оценке классификационного признака, выполнена в следующей последовательности.

1. Выбираются и оцениваются в баллах факторные признаки.

Территория изысканий сложена различными видами грунтов, поэтому **первым (главным)** факторным признаком выбран вид грунтов. Грунты скальные и песчаные являются более выгодным основанием, чем глинистые или торф так как менее подвержены деформациям.

Вторым и третьим признаками являются эндогенные геологические процессы – тектонические нарушения и геодинамическая активность. При их характеристике применялись аэрокосмические методы.

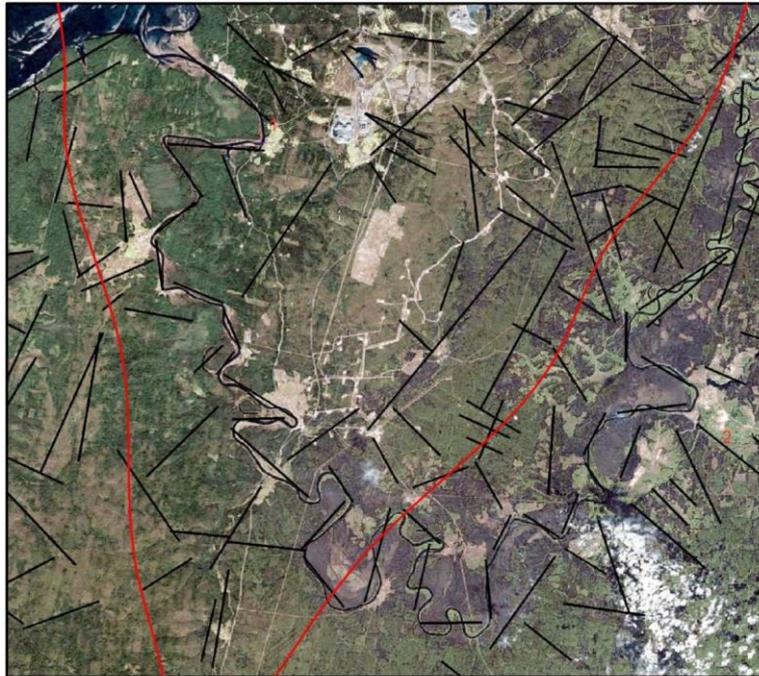
Проведены **аэрокосмогеологические исследования** по методикам И.С. Копылова [15, 16, 19, 24, 26, 28, 35]. В состав работ входило: подбор цифровых космоснимков изучаемой территории с помощью программы

- геологический анализ и анализ природно-техногенных условий;
- подбор цифровых космоснимков (из Google Earth или др.);
- проведение компьютерного (в ГИС-технологиях ArcGIS) геологического дешифрирования, выделение основных тектонических линеаментов;
- обработка данных, расчет плотности линеаментов;
- проведение комплексного аэрокосмогеологического анализа.

В результате дешифрирования различных масштабов было выделено более 100 тектонических линеаментов (протяженностью 1-2 – 10-15 км). Рассчитана их плотность и построена карта. Карты геодинамической активности и линеаментов представлены на рис. 4 и рис. 5.

Таким образом, **вторым** факторным признаком взята геодинамическая активность, выраженная по плотности линеаментов. По плотности линеаментов территория подразделяется на участки с различной степенью геодинамической активности.

Третьим признаком является возможность нарушения равновесного состояния геологической среды, проявляющегося в различных динамических событиях – от горных ударов до техногенных землетрясений.



Условные обозначения:

-  Тектонические линеаменты
-  Граница ВКМКС

Рис. 4. Схема тектонических линеаментов



Условные обозначения:

- | | |
|---|--|
|  Низкая |  Высокая |
|  Средняя |  Очень высокая |
|  Повышенная |  Тектонические линеаменты |
|  Границы ВКМКС |  Сибирское месторождение |

Рис. 5. Геодинамическая (неотектоническая) активность по плотности линеаментов

Четвертым признаком является экзогенные геологические процессы (закарстованность территории) (табл. 1).

Таблица 1

Результаты выбора и балльной оценки факторных признаков

Наименование факторных признаков	Индекс признака	Весовой коэффициент (ранг)	Балльная оценка факторных признаков			
			1	2	3	4
Вид грунтов	А	1	Скальные	Песчаные	Глинистые	Торф
Геодинамическая активность (по плотности линеаментов)	Б	2	По плотности линеаментов			
			Средняя	Повышенная	Высокая	Очень высокая
Нарушение равновесного состояния геологической среды	В	2	Распространённость разломов			
			Одиночные	Зоны разломов	-	-
Экзогенные геологические процессы (карст)	Г	3	Степень выщелачивания			
			отсутствует	эпизодическое	локальное	площадное

2. В качестве классификационного показателя используем критерий $K_6 = K_p$, этот критерий рассчитывается по следующей зависимости:

$$K_p = 1A_n + 2B_n + 3V_n + \dots + j \cdot I_n,$$

где 1, 2, 3, ..., j — весовые коэффициенты (ранги) признаков; $A_n, B_n, V_n, \dots, I_n$ — балльные значения для компонентов признаков.

$$K_{pmin} = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 = 8 \text{ баллов}$$

$$K_{pmax} = 4 \cdot 1 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = 22 \text{ баллов}$$

3. Обосновываем граничные значения классификационного показателя $K_6 = K_p$. Считаем, что если все факторные признаки имеют один балл, то сооружение находится в весьма выгодных условиях. В этом случае значения классификационного показателя будут минимальные:

Модель инженерно-геологического районирования, таксоны:

I - очень устойчивое $< K_p \min + 0,25R$;

II - устойчивое $(K_p \min + 0,50R) - (K_p \min + 0,25R)$;

III - малоустойчивое $(K_p \min + 0,75R) - (K_p \min + 0,50R)$;

IV - неустойчивое $> K_p \min + 0,75R$;

где $R = K_p \max - K_p \min = 14$.

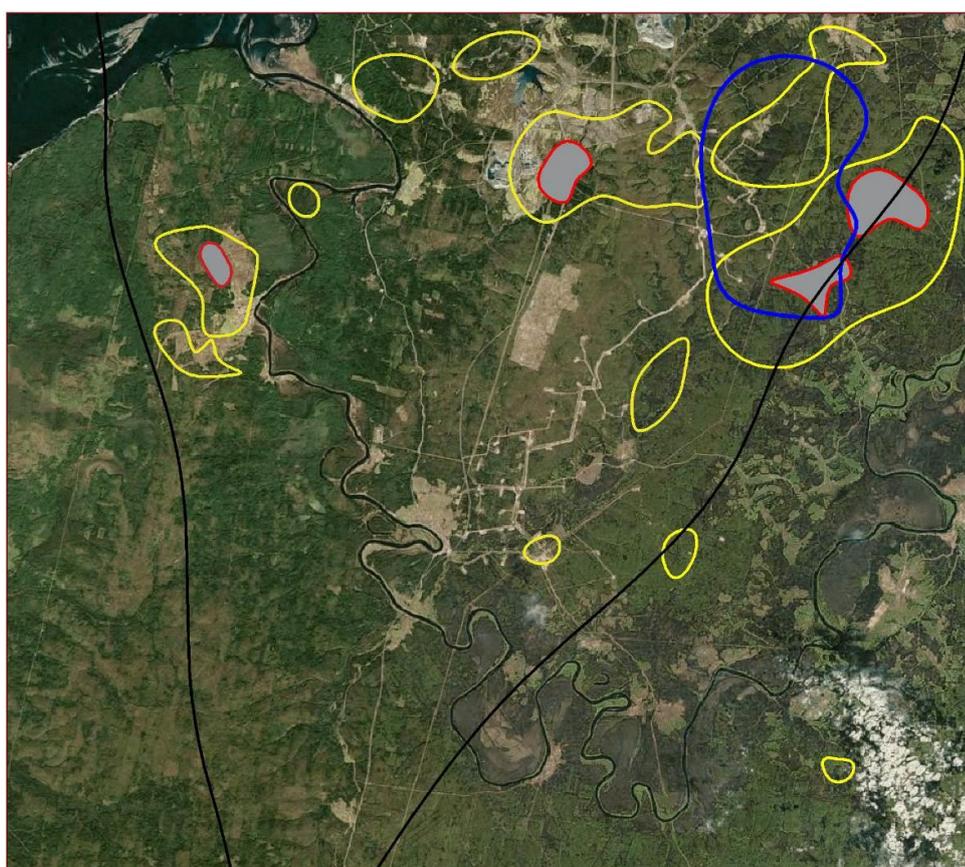
4. Модель районирования. В соответствии с условиями работы системы «площадка - природная среда» предложена следующая модель районирования (табл. 2).

5. Районирование. Зная численные значения K_p по всей территории исследований используя классификационную модель, выполнили районирование и описание таксонов.

Модель районирования

Наименование таксона	Оценка условий	Значение K_p
I	Условно благоприятные	<11
II	Условно неблагоприятные	11-15
III	Неблагоприятные	15-18
IV	Очень неблагоприятные	>18

По полученным инженерно-геологическим данным выделены следующие таксоны (рис. 6):



Условные обозначения:

- | | | | |
|---|---------------------------------|---|----------------------------------|
|  | Условно неблагоприятные условия |  | Граница Сибирского месторождения |
|  | Неблагоприятные условия |  | Граница ВКМКС |

Рис. 6. Схема районирования по степени инженерно-геологической сложности

I – таксон характеризуется условно благоприятными условиями, отсутствием торфа, карста, тектонической трещиноватости, незначительным влиянием геодинамической активности.

II - таксон характеризуется условно неблагоприятными условиями, слагающие породы: пески и галечники, одиночные разломы, рельеф средней крутизны.

III - таксон характеризуется неблагоприятными условиями. Был выделен сложный расчлененный рельеф, широкое распространение слабых глинистых грунтов, тектонических зон, карста.

IV – таксон характеризуется очень неблагоприятными условиями. Очень сложный сильно расчлененный рельеф, карст, зоны тектонических разломов, слагающие породы глины. На исследуемой территории таксон не был обнаружен.

Заключение

Проведенная комплексная оценка инженерно-геологических условий и картографирование Сибирского нефтегазоконденсатного месторождения и южной части ВКМКС с применением аэрокосмических методов, позволяют детализировать существующие инженерно-геологические представления о данной территории. Территория Сибирского месторождения имеет I, II и III типы инженерно-геологических условий – условно благоприятные (требуется незначительная инженерная подготовка), условно неблагоприятные (требуется значительная инженерная подготовка), неблагоприятные (требуется сложная инженерная подготовка) условия. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах проявления карста, зонах разломов с высокой геодинамической активностью. Вероятно, происходящие на этих участках неблагоприятные инженерно-геологические процессы будут оказывать неблагоприятное воздействие на окружающую среду месторождения, поэтому их следует учитывать при разработке природоохранных мероприятий.

Библиографический список

1. Бондарик Г.К., Ярг. Л.А. *Инженерно-геологические изыскания: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения*. М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. 420 с.
2. Брагин Ю.И., Кузнецова Г.П. *Нефтегазопромысловая геология: статическое геологическое моделирование залежей углеводородов*. М.: Недра, 2013. 109 с
3. *Дополнение к технологической схеме разработки Сибирского месторождения ООО «ПермНИПИнефть»*. Пермь, 2013.
4. Жаров А.В., Нестерова С.Ю. *Проблемы и пути их решения при территориально совмещенной разработке калийных солей и нефти // Молодежная наука в развитии регионов: материалы Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых*. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2018. С. 255-258.
5. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. *Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность*. Пермь, 2016. С. 48-51.
6. Козлов С.В., Копылов И.С. *Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология*. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.
7. Копылов И.С. *Анализ результатов и перспективы нефтегазопромысловых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
8. Копылов И.С. *Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения*

калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 5.

9. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2011. № 11. С. 165-167.

10. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.

11. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

12. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*

13. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.

14. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 4. С. 38-43.

15. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности*. Пермь, 2019. 131 с.

16. Копылов И.С. *Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук / Ур. гос. гор. ун-т. Пермь, 2014. 48 с.*

17. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.

18. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.

19. Копылов И.С. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // В сборнике: *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей: материалы конференции*. 2015. С. 189-193.

20. Копылов И.С. Подземные воды западного склона Среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 6-3. С. 460-464.

21. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.

22. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.*

23. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.

24. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

25. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

26. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.

27. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Оценка геодинамического состояния Талицкого*

участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.

28. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. *Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского)* // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 63-76.

29. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. *Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края* // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.

30. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. *Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края* // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 84. С. 102-112.

31. Копылов И.С., Ковин О.Н., Голдырев В.В., Малеев Э.Е., Брюхов В.Н. *Основные факторы горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей* // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2021. С. 268-289.

32. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. *Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования* // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.

33. Кудряшов А.И. *Верхнекамское месторождение солей*. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.

34. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер Флаасс Г.С. и др., *Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И. Кудряшова*. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. 194 с.

35. Ликутов Е.Ю., Копылов И.С. *Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности* // *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*. 2013. № 4. С. 125-133.

36. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. *Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований* // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. 2005. № 5-6. С. 76-77

37. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. *Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья* // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75.

38. Молоштанова Н.Е., Вишняков А.К., *Комплексные минерало-технологические исследования калийных руд Верхнекамского месторождения* // *Рудник будущего*. 2010. № 4. С. 77-81.

39. Середин В.В. *Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии: курс лекций*. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. 120 с. : ил.

40. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарёва М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. *К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород* // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2013. № 3. С. 85-90.

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В РАЙОНЕ КОНДЕНСАТОПРОВОДА УРЕНГОЙ – СУРГУТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведены инженерно-аэрокосмогеологические исследования и линеаментно-геодинамический анализ на территории Западной Сибири в районе конденсатопровода Уренгой – Сургут. Дешифрированием космических снимков выделено 2355 прямолинейных линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. Построена карта оценки неотектонической активности и геодинамического риска трассы конденсатопровода. Трасса пересекает 8 зон с высокой степенью неотектонической активности, среди которых 6 аномалий с очень высокой степенью неотектонической активности. Все аномалии располагаются преимущественно на стыках неотектонических блоков. В их пределах отмечается ухудшение физико-механических свойств грунтов, а также, более интенсивно проявляются экзогенные геологические процессы – заболачивание, пучение грунтов, термокарст, эрозия и термоэрозия.

Ключевые слова: инженерная геология, инженерные аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование космических снимков, линеаменты, геодинамическая активность, оценка, конденсатопровод, Западная Сибирь

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**ASSESSMENT OF ECOLOGICAL-ENGINEERING-
GEOCRYOLOGICAL CONDITIONS AND GEODYNAMIC ACTIVITY OF
WESTERN SIBERIA
IN THE DISTRICT OF THE URENGOY - SURGUT CONDENSATION
PIPELINE WHEN CONDUCTING AEROSMOGEOLOGICAL RESEARCH**

Engineering and aerospace geological studies and lineament-geodynamic analysis were carried out on the territory of Western Siberia in the area of the Urengoy - Surgut condensate pipeline. Deciphering satellite images identified 2355 rectilinear lineaments identified with tectonic disturbances of the sedimentary cover. A map for assessing neotectonic activity and geodynamic risk of the condensate pipeline route has been built. The route crosses 8 zones with a high degree of neotectonic activity, including 6 anomalies with a very high degree of neotectonic activity. All anomalies are located mainly at the junctions of neotectonic blocks. Within their limits, there is a deterioration in the physical and mechanical properties of soils, as well as more intense exogenous geological processes - waterlogging, soil swelling, thermokarst, erosion and thermal erosion.

Key words: engineering geology, engineering aerospace geological research, interpretation of space images, lineaments, geodynamic activity, assessment, condensate pipeline, Western Siberia.

Введение

Одной из важнейших проблем, связанных с рациональным природопользованием при освоении нефтегазоносного региона Западной Сибири является изучение современных инженерно-геологических, геокриологических, геоэкологических условий трасс магистральных трубопроводов, при этом большое значение имеет эколого-геодинамическое направление изучения природной среды, поскольку при повышенной геодинамической активности в условиях развития многолетнемерзлых пород более активно развиваются опасные инженерно-геологические и геоэкологические процессы, повышаются риски функционирования объектов нефтепромыслового хозяйства.

Территория конденсатопровода Уренгой-Сургут, расположена в центральной части Западно-Сибирской плиты, в центральной части Сибирских Увалов; северная и центральная части трассы приурочена к долинам рр. Пур и Пякупур, осложненные долинами их притоков; южная часть расположена в пределах холмисто-увалистых и полого-увалистых водноледниковых средне- и верхнечетвертичных равнин; поверхность покрывают четвертичные аллювиальные, озерно-аллювиальные, озерно-биогенные, флювиогляциальные отложения [1, 29].

Методика исследований

Целью инженерно-аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) являлось обеспечение в общем комплексе работ в разделах: «Инженерно-геологические работы» и «Инженерно-геологические изыскания» аэрокосмогеологическими данными по инженерно-геокриологическим и инженерно-экологическим условиям прохождения трассы, необходимыми для разработки СТУ на конденсатопровод Уренгой – Сургут (I-II нитки) км 0-508 км.

Основными задачами были:

- подготовка, комплектация материалов дистанционных съёмок для задач линеаментно-блокового и ландшафтно-индикационного дешифрирования; составление карты дистанционной основы (масштаба 1:50 000-1:100 000);
- предполевое дешифрирование космических материалов масштаба 1:100 000 для выявления сети прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента;
- выявление зон повышенной инженерно-геологической и экологической опасности (неотектонических активных зон и участков геодинамического риска, которые могут быть сейсмогенными зонами, потенциально подвержены стихийным бедствиям и развитию опасных техноприродных процессов; пересечений трассы нефтепровода с зонами тектонических разломов);
- неотектоническое районирование по степени неотектонической активности и составление карты неотектонической активности и геодинамического риска с применением современных ГИС-технологий.

Для оценки эколого-инженерно-геокриологических условий и геодинамической активности района автором проведен комплекс региональных

аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) с использованием методик [2-28, 30], включающий компьютерное дешифрирование космических снимков (КС), линеаментно-блоковый, линеаментно-геодинамический анализы и сопряженный пространственный анализ данных АКГИ и данных полевых инженерно-геологических изысканий (выполненных фирмой «Недра», г. Пермь).

При составлении дистанционной основы использовались спектрональные цифровые КС на территории, охватывающей трассу конденсатопровода Новый Уренгой – Сургут и прилегающую территорию (общей площадью $600 \times 130 \text{ км} = 78 \text{ тыс. км}^2$). Мозаика дистанционной основы включала 18 отдельных КС (Landsat 7, разрешение 14-30 м), позволяющих дешифрировать в масштабах 1:200 000-1:50 000 (рис. 1).

Геоинформационное картографирование проводилось программными средствами Arc View GIS и Arc GIS. Обработка данных проводилась с применением модуля Spatial Analyst.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате дешифрирования спектрональных цифровых КС масштабов 1:200 000-1:100 000 на территории, охватывающей трассу конденсатопровода Новый Уренгой – Сургут и прилегающую территорию (общей площадью $600 \times 130 \text{ км} = 78 \text{ тыс. км}^2$) выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений.

Всего на рассматриваемой территории, части Западно-Сибирской плиты (геосинеклизы) выделено 2355 прямолинейных линеаментов. По размеру они подразделены на следующие таксономические ранги:

- региональные линеаменты большой протяженностью ($> 200-300 \text{ км}$),
- региональные линеаменты значительной протяженностью (100-200 км),
- зональные линеаменты (30-50, до 100 км),
- локальные линеаменты (5-15, до 30 км).

Региональные линеаменты, как правило, контролируют крупные элементы тектонического строения территории. Зональные линеаменты контролируют большинство средних структур.

Установлены прямолинейные линеаменты восьми систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-западных и северо-восточных линеаментов. Четко выражено структурно-блоковое строение территории. Четырьмя глобальными линеаментами субширотно-северо-восточного простирания (с протяженностью более 200-300 км), территория «разбита» на 4 мегаблока, которые разделены региональными линеаментами субмеридионально-северо-западного простирания на 3-5 макроблока, которые в свою очередь разделяются на мезоблоки и блоки более низких порядков.

С севера на юг выделяются:

I мегаблок (0-190 км трассы; на правобережье р. Пур, в бассейнах рек Еваяха, Ямсовей, Ягенетта, Тьдзотта, Хыльмигьяха), разбит на на 3 макроблока, характеризующихся относительно низкими амплитудами неотектонических движений – 25-50 (до 75 м).

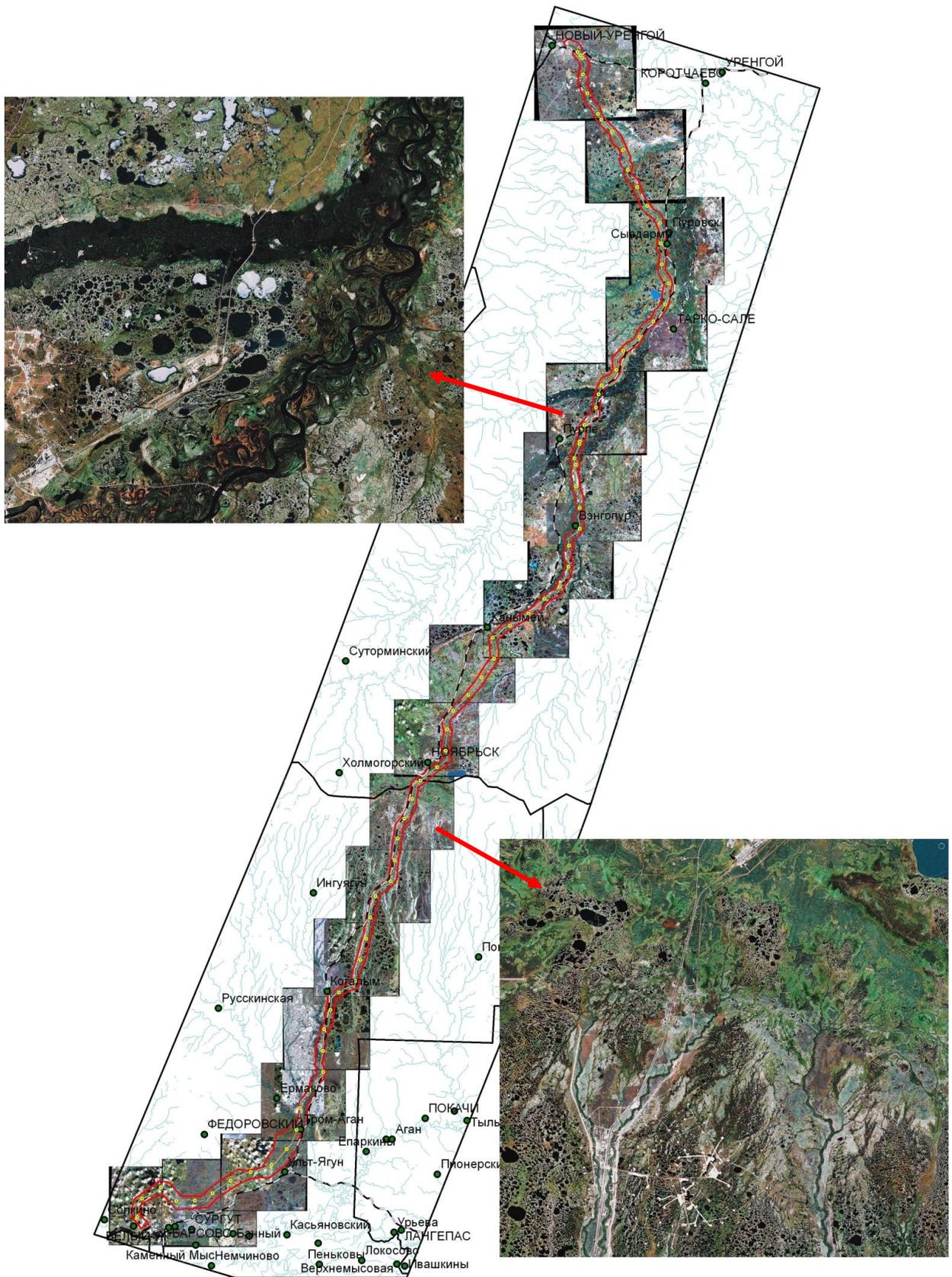


Рис. 1. Мозаика дистанционной основы трассы конденсатопровода
Новый Уренгой – Сургут

II мегаблок (190-300 км трассы; в бассейнах рек Пякупур, Вэнгапур и др.), разбит на 3 макроблока, характеризующихся относительно низкими и средними амплитудами неотектонических движений – 25-50 (до 100 м).

III мегаблок (300-420 км трассы; в бассейнах рек Вэнгапур, Апакапур и др.), разбит на 3 макроблока, характеризующихся относительно высокими амплитудами неотектонических движений – 75-125 м.

IV мегаблок (420-700 км трассы; в бассейнах рек Ингуягун, Ай-Ортъягун, Тромъеган, Моховая, Почечуйка, Черная и др.), разбит на 5 макроблоков, характеризующихся относительно средними амплитудами неотектонических движений – 50-75 (до 100) м. В трех северных макроблоках характерно субмеридиональное простираание зональных и локальных линеаментов. В остальных, характерны диагональные системы линеаментов.

Прямолинейные линеаменты предположительно отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в осадочном чехле и фундаменте. Проявление таких структур в строении земной поверхности обусловлено возрождением блоковых движений в современный тектонический этап развития земной коры.

Наиболее тектоническими ослабленными являются геодинамические зоны и участки на границах неотектонических блоковых структур, особенно – на границах мезоблоков и их осевых линиях, где наблюдается наибольшее сгущение линеаментов и мегатрещин, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и в целом повышенная неотектоническая активность.

Наиболее надежным показателем неотектонической активности территорий является плотность линеаментов и мегатрещиноватости (особенно в комплексе с показателями расчлененности рельефа).

Для данной территории проведен анализ плотности линеаментов и мегатрещиноватости (по их протяженности на единицу площади) и по этим показателям проведена оценка неотектонической активности территории.

Плотность мегатрещиноватости (которая рассчитывалась для всей площади по региональным, зональным и локальным линеаментам) на рассматриваемой территории колеблется в широких пределах. Общий фон составляют значения с низкой (2 балл) и средней (3 балл) значениями плотности линеаментов. Отмечается резкая неоднородность в ее распределении, обусловленная блоковой тектоникой и дифференцированными неотектоническими движениями – многочисленными, но небольшими по площади аномалии с повышенной и высокой степенью интенсивности, характерны для участков границ неотектонических блоковых структур. Наиболее крупные аномалии с высокой плотностью мегатрещиноватости (5 и 6 баллы) находятся на севере и юге I мегаблока, во II мегаблоке и центральной части IV мегаблока.

По результатам региональных АКГИ построена карта оценки неотектонической активности и геодинамического риска трассы конденсатопровода Новый Уренгой-Сургут масштаба 1:500 000 (рис. 2, 3).



Рис. 2. Геодинамическая (неотектоническая) активность района трассы конденсатопровода «Уренгой – Сургут»

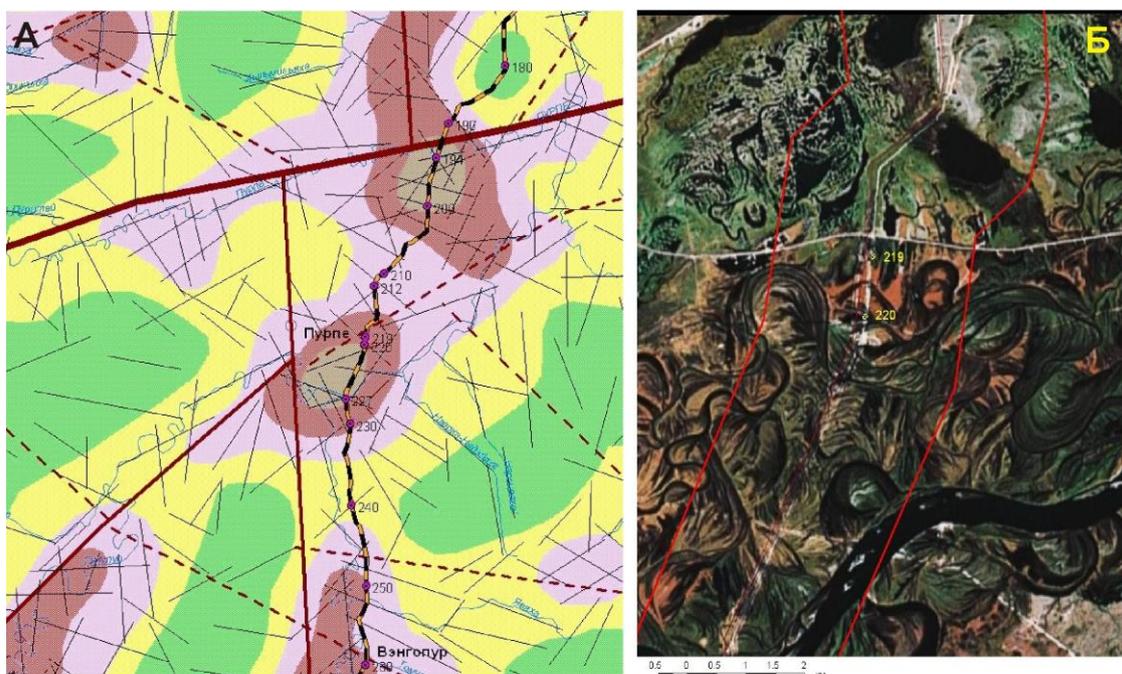


Рис. 3. Фрагмент карты геодинамической активности (А) и космоснимок с геодинамической активной зоной в районе г. Пурпе (Б)

На ней проведено неотектоническое районирование по степени неотектонической активности. Трасса пересекает 8 зон с высокой степенью неотектонической активности (5 балл), среди которых 6 аномалий с очень высокой степенью неотектонической активности (6 балл). Все аномалии располагаются преимущественно на стыках неотектонических блоков (табл. 1).

Таблица 1

Зоны и участки инженерно-геологической и инженерно-экологической опасности трассы конденсатопровода Новый Уренгой-Сургут

№ п/п	Высокая опасность	Очень высокая опасность
1	30-48 км	36-45 км
2	143-146 км	-
3	189-204 км	191-201 км
4	215-231 км	220-228 км
5	250-302 км	264-300 км
6	324-332 км	-
7	464-542 км	469-484, 487-519 км
8	580-600 км	-

Они являются неблагоприятными участками с высокой степенью геодинамической опасности и риска, которые необходимо учитывать при проведении проектно-строительных работ, разработке природоохранных мероприятий, безопасной эксплуатации инженерных сооружений и в других сферах хозяйственной деятельности. В более благоприятной геодинамической обстановке будут находиться участки трассы, пересекающие участки с фоновыми и пониженными значениями неотектонической активности.

Пространственный анализ и сопоставление геодинамических активных зон и линейных элементов установленных по данным дешифрирования КС с данными инженерно-геологических изысканий показали, что в их пределах отмечается ухудшение физико-механических свойств грунтов; на участках данных зон, в инженерно-геологических скважинах установлено наличие торфов увеличенной мощности, мягко- и текучепластичных суглинков и глин, наличие водонасыщенных песков, а также, более интенсивно проявляются экзогенные геологические процессы – заболачивание, пучение грунтов, термокарст, эрозия и термоэрозия.

Заключение

Выделенные геодинамические активные зоны являются неблагоприятными участками с высокой степенью инженерно-геологической опасности и риска, которые необходимо учитывать при проведении проектно-строительных работ, разработке природоохранных мероприятий, безопасной эксплуатации инженерных сооружений. На основе анализа АКГИ рекомендуется проведение:

- ландшафтно-индикационного дешифрирования с классификацией и ранжированием трассы по инженерно-геоэкологическим условиям.
- более детальный линейный анализ территории в коридорах трассы 25, 10, 4 км на основе крупномасштабного дешифрирования КС (масштабов 1:25 000-50 000), для детализации геодинамических активных зон и участков;

Библиографический список

1. Инженерная геология СССР. Т. II. Западная Сибирь. М.: МГУ, 1976.
2. Козлов Д.В., Копылов И.С. . Инженерно-геологические условия Верхнекалымского нефтяного месторождения (Западная Сибирь) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С.244-252
3. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования Западной Сибири для оценки эколого-инженерно-геоэкологических условий и геодинамической активности района конденсатопровода Уренгой – Сургут // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2013. С. 71-74.
4. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.
5. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2013. 166 с.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.
7. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // В сборнике: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Екатеринбург: Институт геофизики УрО РАН, 2011. С. 196-198.
8. Копылов И.С. К разработке теории о геодинамических активных зонах и эколого-геодинамическая оценка трасс линейных сооружений // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. № 4 (47). С. 17.
9. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
10. Копылов И.С. Линейно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь,

2019. 131 с.

12. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело*. 2012. № 6. С. 341-351.

13. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.

14. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.

15. Копылов И.С. Проведение линейно-геодинамического анализа Горного Алтая и трассы проектируемого газопровода "Алтай" // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 8-3. С. 398.

16. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.

17. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

18. Копылов И.С., Зарипова Д.А. Инженерно-геологические условия на юго-западе Пермского края (на примере Беляевского нефтяного месторождения) // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 185-196.

19. Копылов И.С., Ковин О.Н., Накысбек С. Инженерно-геодинамический анализ территории на стыке России, Китая, Казахстана и Монголии для строительства магистральных трубопроводов // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2019. С. 197-203.

20. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.

21. Копылов И.С., Мельчакова Н.П. Инженерно-геологическая оценка и районирование центральной части Пермского края для проектирования газопроводов // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 216-229.

22. Копылов И.С., Оборин В.В. Изучение инженерно-геокриологических и геодинамических условий территории ПТБО г. Игарки на основе изысканий, аэрокосмических исследований и электроразведки // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 218-227.

23. Копылов И.С., Порозков К.С. Инженерно-аэрокосмический анализ территории трассы нефтепровода Куюмба-Тайшет // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 228-238.

24. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200000 (1:100000-1:500000). М.: Недра, 1978. 391 с.

25. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75-77.

26. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», № 5-6. 2005. С. 76-78.

27. Оборин В.В., Копылов И.С. Оценка и прогноз инженерно-геокриологических условий ПТБО г. Игарки на основе инженерных изысканий и аэрокосмогеологических исследований // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2018. № 18. С. 257-260.

28. Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1979. 223 с.

29. Трофимов В.Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 278 с.

30. Шапошников Ф.Д., Копылов И.С. Инженерно-геологическая оценка и районирование Дунаевского нефтегазоконденсатного месторождения // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2020. С. 297-304.

И.С. Копылов

Пермский государственный научный исследовательский университет, Пермь, Россия

**ПРОВЕДЕНИЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН
ТЕРРИТОРИИ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ
ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ ЧАЙКОВСКИЙ»
(СОЛИКАМСК - КИЗЕЛ - УСЬВА)**

Проведены аэрокосмогеологические исследования на территории прохождения трасс магистральных газопроводов на севере и востоке Пермского края на площади 12 тыс. км². Региональным и зональным дешифрирование космических снимков выделено 4170 тектонических линеаментов. Закартированы 5 крупных аномальных геодинамических зон. Непосредственно по трассам магистральных газопроводов выделены 81 локальных геодинамических активных участков. Они представляют собой потенциально опасные аварийные участки для эксплуатации газопроводов.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаментный анализ, геодинамические активные зоны, газопровод, Средний Урал

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**CONDUCTING AEROSMIC AND GEOLOGICAL RESEARCHES TO
IDENTIFY GEODYNAMIC ACTIVE ZONES OF THE TERRITORY OF
TRANSPORT GAS PIPELINES LLC "GAZPROM TRANSGAZ
TCHAIKOVSKY" (SOLIKAMSK -KIZEL - USVA)**

Aerospace studies were carried out on the territory of the main gas pipelines in the north and east of the Perm Territory on an area of 12 thousand km². 4170 tectonic lineaments have been identified for regional and zonal interpretation of space images. 5 large anomalous geodynamic zones have been mapped. 81 local geodynamic active areas have been identified directly along the routes of the main gas pipelines. They represent potentially dangerous emergency areas for the operation of gas pipelines.

Key words: aerospace methods, interpretation, lineament analysis, geodynamic zones, gas pipeline, Middle Urals

Введение

Магистральные газопроводы в экономике России имеют стратегическое значение. Их функционирование часто осложняется действием природных геологических факторов. Потенциальными аварийноопасными участками на линейных трассах в большинстве случаев могут быть геодинамические активные зоны – мобильные зоны трещинно-разрывных нарушений на границах блоковых структур, узлы пересечения разнонаправленных нарушений

осложняющие неотектонические блоки; внутриблоковые участки сгущения сети нарушений. В местах с разряженной сетью линеаментов более аварийноопасным являются участки на пересечениях с отдельными более протяжёнными линеаментами регионального и зонального таксонов [21, 27, 28].

Регион Среднего Урала и Приуралья является сейсмически и геодинамически неоднородным, где, современные тектонические движения проявляются по-разному, формируют на фоне относительно стабильных территорий геодинамические активные зоны и участки [6-8, 11, 18].

Целью работ являлось выявление тектонически активных зон в верхней части осадочного чехла на территории прохождения трасс магистральных газопроводов» ООО «Газпром трансгаз Чайковский», могущих оказать негативное влияние на техническое состояние магистральных газопроводов на основе проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ).

Работы проводились в соответствии с техническим заданием, утвержденным ООО «Газпром трансгаз Чайковский» и Горным институтом УрО РАН и проходили в 3 этапа, соответствующих трем районам исследований (рис. 1).

В настоящей статье рассматриваются результаты АКГИ 1 этапа, выполненных в 2009 г., автором совместно с В.З. Хурсиком. Пространственные границы объекта на 1 этапе: Приволжский ФО, Пермский край. В пределах топографических планшетов масштаба 1:200 000: О-40-III, IV, IX, X (Соликамск – Кизел – Усьва). Площадь исследований 12,3 тыс. км².

Геологические и инженерно-геологические условия

Рассматриваемая территория расположена на Среднем Урале и Приуралье. В инженерно-геологическом отношении располагается (с запада на восток) в пределах двух инженерно-геологических регионов первого порядка – Восточно-Европейской (Русской) платформы (включающей два региона второго порядка – Волго-Уральский, и Предуральский) и инженерно-геологического региона первого порядка Урало-Новоземельской горной страны (включающей два региона второго порядка - Западно-Уральский и Центрально-Уральский). В северной половине района коридор трассы магистральных газопроводов располагается в пределах Соликамской депрессии, где на поверхности залегают карбонатно-терригенные породы шешминского и соликамского горизонтов уфимского яруса нижней перми. В южной части района коридор трассы магистральных газопроводов располагается в пределах Западно-Уральской зоны складчатости, где на поверхности залегают в основном терригенно-карбонатные породы артинского яруса нижней перми и среднего-верхнего карбона. Среди четвертичных физико-геологических комплексов, перекрывающих практически повсеместно формации коренных пород в северной части преобладают флювиогляциальные отложения, в южной части – делювиальные и элювиально-делювиальные отложения, а в речных долинах – аллювиальные отложения пойменных и террасовых комплексов [1, 9, 20, 25].

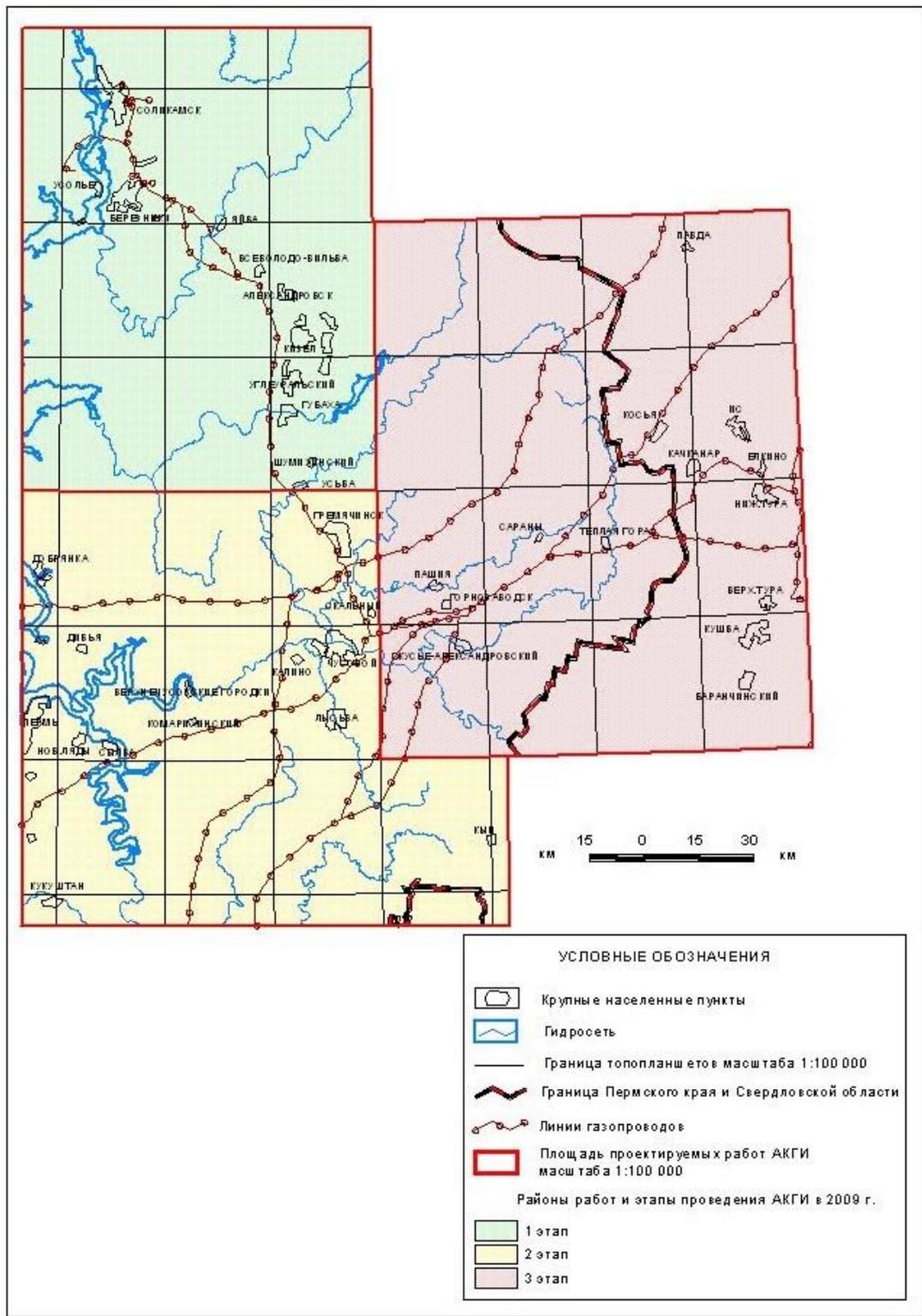


Рис. 1. Обзорная схема АКГИ по этапам

Рельеф – равнинный, холмистый со средними высотными отметками от 100-150 м на севере до 400-450м – на юге. Расчлененность рельефа увеличивается в восточном и южном направлениях. Преобладают таежные денудационные ландшафты Предуралья с дерново-подзолистыми, подзолистыми, лесными, преимущественно супесчаными и суглинистыми почвами [10]. Среди экзогенных геологических процессов преобладают

эрозионные, оползневые и особенно – карстовые процессы. В северной части района, в пределах участков разработок Верхнекамского месторождения калийных солей развит карст техноприродного характера, особенно опасного для системы газопроводов [6, 7, 21, 23, 24].

Методика исследований

Исследования проводились по методикам, изложенным в работах [4-8, 12-19, 26, 30]

Виды работ 1 этапа:

1). Комплектация материалов дистанционных аэро- и космических съемок (МДС). Топо-геодезическая компьютерная подготовка МДС к дешифрированию;

2). Анализ и переинтерпретация результатов ранее проведенных АКГИ и геолого-геофизических работ в объеме, необходимого для решения основных задач;

3). Обзорное региональное дешифрирование аэрокосмических снимков с выделением сети прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента.

4). Проведение зонального дешифрирования аэрокосмических снимков масштаба 1:100 000 с выделением коротких и локальных прямолинейных линеаментов, протяженностью 2-5 (до 10 км);

5). Выделение предварительных геодинамических активных зон.

Комплектация МДС

Территория исследуемой площади была обеспечена полностью аэрофотоснимками (АФС) 70-80-х гг. 20 в. масштабов 1:200 000, 1:130 000, 1:100 000 и частично - масштаба 1:50 000. Материалы высотных аэрофотосъемок масштаба 1:200 000 в целом пригодны для инструментального дешифрирования. Снимки с удовлетворительной проработкой контуров и деталей фотоизображения, к недостаткам можно отнести их недостаточную контрастность и неравномерную плотность фототона. Хорошим качеством характеризуются АФС масштаба 1:130 000. Благодаря обзорности и значительному уровню генерализации, удовлетворительной контрастности фотоизображения, рассматриваемые снимки обладают высокой информативностью при мелкомасштабном структурном дешифрировании. АФС масштаба 1:100 000 слабоконтрастные с неравномерной фототональностью, участками покрыты дымкой. В целом, несмотря на отмеченные недостатки, они пригодны для инструментального дешифрирования. АФС масштаба 1:50 000 характеризуются достаточной геологической информативностью, удовлетворяющей решению поставленных задач. Этому способствуют отсутствие облачности на снимках, достаточная их контрастность и высокая разрешающая способность с удовлетворительной проработкой контуров и деталей фотоизображения.

Из современных материалов космической съёмки использованы космические снимки (КС) «Landsat 7». Снимки очень высокого качества, с разрешением на местности 30 и 14 м (позволяют достаточно четко выделять объекты, соответствующие масштабам 1:100 000 и 1:50 000). КС характеризуются высокой геологической информативностью. Они достаточно контрастные с отчётливо проработанными деталями фотоизображения и цветных полутонов. Отчётливо дешифрируются прямолинейные линеаменты, хорошо выделяются площадные цветотональные и разнотектурные участки ландшафтов, разграниченные линеаменами. С их помощью производился основной объем комплексного дешифрирования на региональном и зональном уровнях.

Дешифрирование КС и АФС

При проведении АКГИ проводилось «традиционное» и компьютерное дешифрирование КС и АФС. Картирование сети прямолинейных линеаментов при «традиционном» изучении снимков осуществлялось методом инструментального дешифрирования стереомодели на зеркальных стереоскопах и визуально по методике ИГиРГИ [2].

Компьютерное космогеологическое дешифрирование применялось при проведении структурно-геологического дешифрирования по методике, разработанной автором [13] Методика компьютерного космогеологического дешифрирования заключалась в выявлении по характеру фотоизображения различно ориентированных линеаментов, картировании неотектонических блоковых структур и морфоструктур с последующим сопоставлением их с геолого-геофизическими материалами, с применением ГИС-технологий. Технологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) МАКС разного масштаба от мелкого – к крупному.

Дешифрирование проводилось в следующей стадийной последовательности:

- стадия обзорного и регионального дешифрирования КС масштабов 1:10 000 000, 1:5 000 000, 1:2 500 000, для изучения блокового строения территории и выявления систем и рангов региональных линеаментов большой протяженности (более 200-300 км);

- стадия регионального дешифрирования КС масштаба 1 000 000 для выявления региональных линеаментов протяженностью от 100 до 200 км и масштаба 1:500 000 для выявления зональных линеаментов протяженностью от 25 до 100 км;

- стадия регионально-зонального дешифрирования КС масштаба 1:200 000 для выявления зональных и локальных линеаментов протяженностью от 5-10 до 25 км и

- стадия зонального дешифрирования КС масштаба 1:100 000 для выявления локальных и коротких линеаментов протяженностью от 2-5 до 10 км.

Для более детального изучения тектоники и неотектоники может проводиться стадия детального дешифрирования КС масштаба 1:50 000 для

выявления коротких линеаментов и мегатрещин протяженностью от 1-2 до 5 км и масштаба 1:25 000 для выделения коротких линеаментов и мегатрещин протяженностью от 0,5-1 до 2 км (в задачи настоящих работ не входила).

Дешифрирование на всех стадиях проводилось с захватом прилегающих территорий – чем мельче масштаб, тем большая площадь изучалась.

В результате структурного дешифрирования АФС и КС составляются карты линеаментов в соответствующих масштабах работ.

Обработка данных (оценка тектонической трещиноватости и геодинамической активности)

Обработка линеаментов заключалась в морфонеотектоническом и линеаментно-блоковом анализе.

Применялся один из основных методов – определение плотности линеаментов и мегатрещиноватости по суммарной протяженности в единицах площади [16, 29].

Для линеаментно-блокового анализа использованы результаты наших работ по составлению карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья (Копылов, 2006ф; Копылов, 2007), где выделение блоковых структур производилось в соответствии с принципами линеаментной тектоники [3].

Обработка данных дешифрирования КС проводилась с помощью программного обеспечения ArcGIS и модуля Spatial Analyst фирмы ESRI.

Ранжирование морфонеотектонических показателей проводилось на 6 градаций с учетом баллов статистического распределения по их интенсивности: 1 балл $< (x-s)$; 2 балл $(x-s) - x$; 3 балл $x - (x+s)$; 4 балл $(x+s) - (x+2s)$; 5 балл $(x+2s) - (x+3s)$; 6 балл $> (x+3s)$. Вполне уверенно предполагается, что они отражают соответственно различную степень неотектонической (геодинамической) активности (от условно стабильной до условно очень высокоактивной) [8, 16, 19, 22].

По результатам морфонеотектонического анализа составлялись карты тектонической трещиноватости, где выделялись зоны и участки повышенной трещиноватости, соответствующие геодинамическим активным зонам и участкам.

Непосредственно по трассам магистральных газопроводов в местах пересечений двух и более линеаментов, а также их сгущений выделялись линеаментные геодинамические участки, которые представляют собой потенциально опасные аварийные участки.

Результаты аэрокосмогеологических исследований

В результате дешифрирования КС и АФС района №1 в восточной части Пермского края (листы О-40-III, IV, IX, X), на общей площади на площади 12,3 тыс. км² выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в палеозойском осадочном чехле и фундаменте.

Региональным и зональным дешифрированием космоснимков в рассматриваемом районе выделено 4170 прямолинейных линеаментов. По размеру они подразделены на следующие таксономические ранги:

- региональные линеаменты большой протяженностью (> 200-300 до 1100 км) – 14 линеаментов;
- региональные линеаменты значительной протяженностью (100-200 км) – 99 линеаментов;
- зональные линеаменты (25-100 км) – 104 линеаментов;
- локальные линеаменты (5-25 км) – 691 линеаментов;
- локальные и короткие линеаменты (от 2-5 до 10 км) – 3250 линеаментов.

Установлены прямолинейные линеаменты восьми систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-западных и северо-восточных линеаментов, а также субмеридиональные. В целом, отмечается регматическая сеть, состоящая из двух систем глобальных и региональных линеаментов, уходящих далеко за пределы рассматриваемой территории. Диагональная система имеет преимущественное направление 330° и 60° ; ортогональная система - 10° и 285° . Необходимо отметить, что подавляющее большинство глубинных разломов, выделенных геолого-геофизическими методами (Кассин и др., 1985ф), проявляются на космических снимках линеаментами, совпадающими с их осевыми линиями, или трассирующимися параллельно им в непосредственной близости.

Региональные линеаменты, как правило, контролируют элементы тектонического строения территории. Отчетливо выделяются крупные геоструктуры, особенно меридионального, северо-западного и северо-восточного простирания. Зональные линеаменты контролируют большинство средних структур.

Прямолинейные линеаменты отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных и флексурно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Проявление таких структур в строении земной поверхности обусловлено возрождением блоковых движений в современный тектонический этап развития земной коры.

Наиболее тектонически ослабленными являются геодинамические зоны и участки на границах неотектонических блоковых структур, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение линеаментов и мегатрещин, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и в целом повышенная неотектоническая активность.

По всем районам рассматриваемой территории проведен анализ плотности линеаментов и мегатрещиноватости (по их протяженности на единицу площади) и по этим показателям проведена оценка неотектонической активности территории.

Плотность линеаментов и мегатрещиноватости (которая рассчитывалась для всей площади по региональным, зональным, локальным и коротким линеаментам) на рассматриваемой территории колеблется в широких пределах. Общий фон составляют значения с низкой (2 балл), средней (3 балл) и

повышенной (4 балл) значениями плотности линеаментов. Отмечается резкая неоднородность в ее распределении, обусловленная блоковой тектоникой и дифференцированными неотектоническими движениями – многочисленные, но небольшие по площади аномалии с повышенной и высокой степенью интенсивности, характерны для участков границ неотектонических блоковых структур. Выделяется более 200 геодинамических активных участков (размерами 3-7 x 1-3 км) с очень высокими (5-6 балл) значениями плотности линеаментов.

В рассматриваемом районе выделяются 5 крупных геодинамических активных зон. По уровню 5 балла их размеры составляют более 30x15-20 км. По уровню 6 балла их размеры составляют 26x14, 15x7, 17x8, 13x8, 15x8 км. Отдельные участки магистральных газопроводов находятся в пределах геодинамических активных участков с высокими (5 балл) значениями плотности линеаментов.

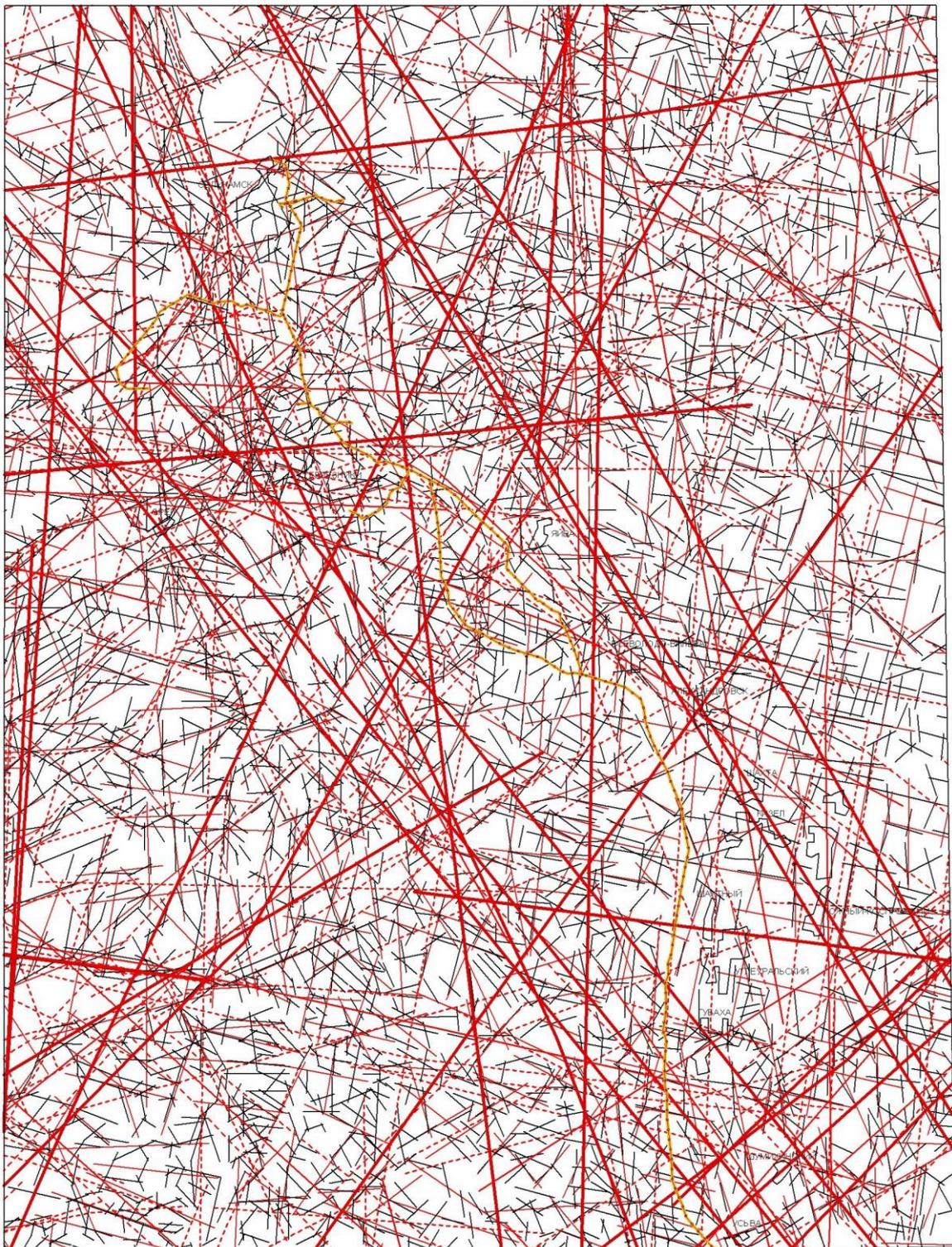
Непосредственно по трассам магистральных газопроводов в местах пересечений двух и более линеаментов, а также их сгущений выделены 81 геодинамических активных участков. Они представляют собой потенциально опасные аварийные участки.

В результате исследований составлены:

- карта линеаментов территории трасс магистральных газопроводов (листы О-40-III, IV, IX, X) по результатам регионального и зонального дешифрирования космоснимков масштаба 1:100 000 (рис. 2);
- карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон и участков масштаба 1:100 000 (рис. 3).

Библиографический список

1. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т. 1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1978.
2. Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использованию их результатов при нефтегазопроисловых исследованиях /Коллектив авторов. Отв. ред. В.В. Стасенков, А.А. Аксенов. Министерство нефтяной промышленности. АН СССР. М.: ИГиРГИ, 1987. 159 с.
3. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра. 1986. 140 с.
4. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисловых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
5. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.
6. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.
7. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 165-167.
8. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.



Прямолинейные линейные элементы, отражающие трещинно-разрывные структуры и тектоническую трещиноватость

- | | |
|--|---|
| <p>По результатам регионального (масштаба 1:1 000 000-1:500 000) дешифрирования КС</p> <ul style="list-style-type: none">  региональные линейные элементы большой протяженностью > 200-300 км  региональные линейные элементы протяженностью 100-200 км  зональные линейные элементы протяженностью 25-100 км | <p>По результатам регионально-зонального (масштаба 1:200 000) и зонального (масштаба 1:100 000) дешифрирования КС и АФС</p> <ul style="list-style-type: none">  локальные линейные элементы протяженностью 5-25 км  короткие и локальные линейные элементы протяженностью 2-5 (до 10) км  Магистральные газопроводы |
|--|---|

Рис. 2. Карта линейных элементов территории трасс магистральных газопроводов (листы О-40-III, IV, IX, X) по результатам регионального и зонального дешифрирования космоснимков (уменьшение с масштаба 1:100 000)

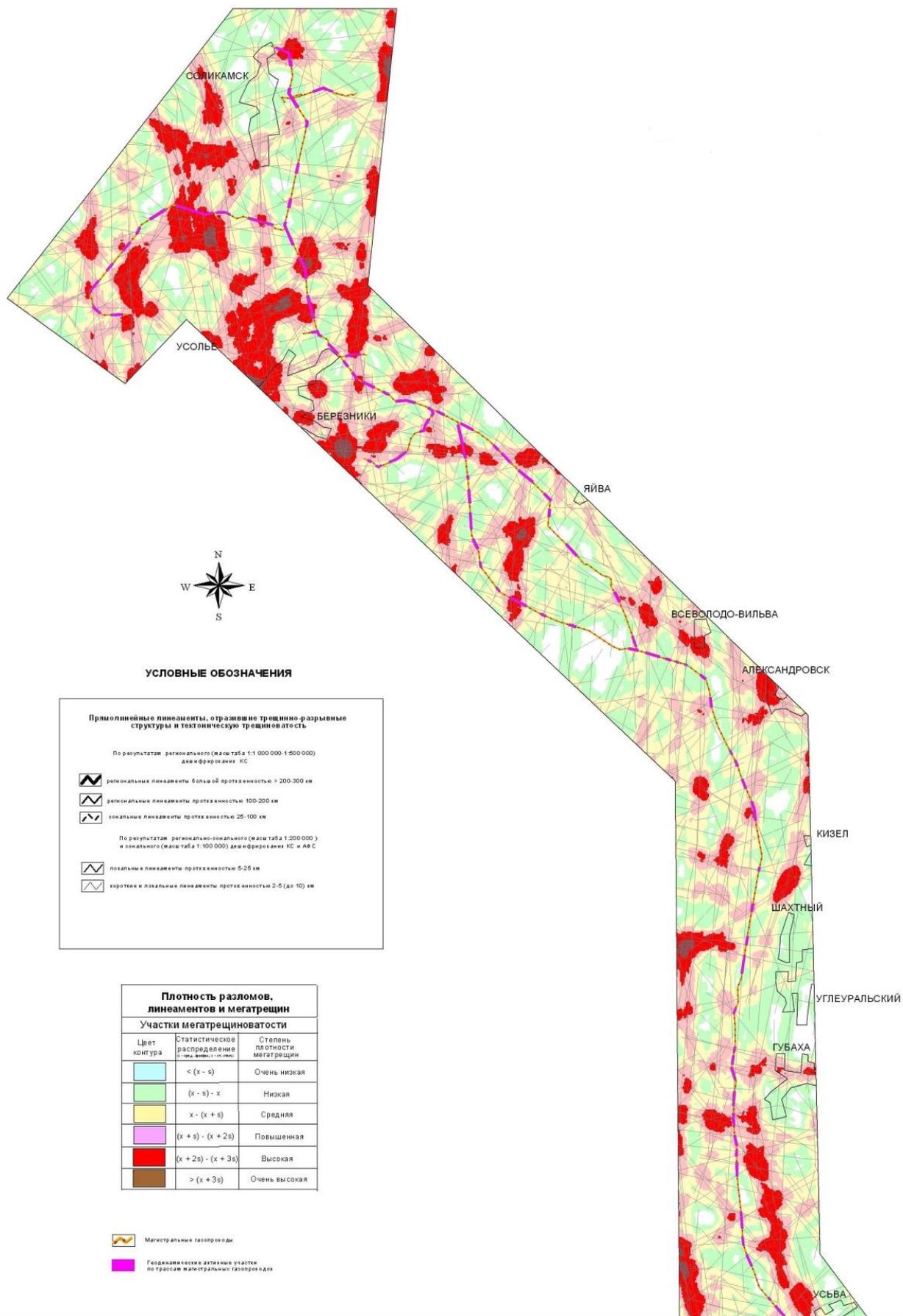


Рис. 3. Карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон и участков (уменьшение с масштаба 1:100 000)

9. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края*. Пермь, 2021. 501 с.
10. Копылов И.С. *Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 4.
11. Копылов И.С. *Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
12. Копылов И.С. *Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
13. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа*. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.
14. Копылов И.С. *Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. № 3. С. 18-32.
15. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
16. Копылов И. С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности*. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
17. Копылов И.С. *Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.
18. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ*. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
19. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
20. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. №3(20). С.5-30.
21. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.
22. Копылов И.С., Коноплев А.В. *Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.
23. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. *Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования*. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.
24. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. *Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 84. С. 102-112.
25. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. *Золото-алмазная колыбель России*. Пермь, 2015. 131 с.
26. *Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200000 (1:100000-1:500000)*. М.: Недра, 1978. 391 с.
27. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. *Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75.
28. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. *Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. № 5-6. 2005. С 76-78.
29. *Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей / И.Г. Гольбрайх, В.В. Забалуев, А.Н. Ласточкин и др. Л.: Недра, 1968. 152 с.*
30. Садов А.В., Ревзон А.Л. *Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии*. Москва, Недра, 1979. 223 с.

ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ПО СТЕПЕНИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БАШКИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ (ОКТЯБРЬСКИЙ – УФА – КУМЕРТАУ)

Проведен инженерно-аэрокосмогеологический анализ территории Башкирской железнодорожной магистрали участка Октябрьский – Уфа – Кумертау. Выполнено дешифрирование космических снимков и установлены опасные геодинамические активные зоны на территории трассы. Примерно 30 % территории находится в неблагоприятных в весьма неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее опасные участки наблюдаются в местах пересечения трассы железной дороги с крупными неотектоническими линейными элементами, что сказывается на интенсивности проявления экзогенных процессов и ухудшение физико-механических свойств грунтов.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, инженерно-геологические и аэрокосмогеологические изыскания, железнодорожная магистраль, Башкортостан.

I.S. Kopylov¹, A.N. Safenreytor²

¹Perm State University, Perm, Russia

² Oktyabrsky, Republic of Bashkortostan, Russia

ASSESSMENT AND ZONING BY THE DEGREE OF ENGINEERING AND GEOLOGICAL COMPLEXITY OF THE TERRITORY OF THE BASHKIR RAILWAY (OKTYABRSKY - UFA - KUMERTAU)

An engineering and aerospace geological analysis of the territory of the Bashkir railway line of the Oktyabrsky - Ufa - Kumertau section was carried out. Interpretation of space images was carried out and dangerous geodynamic active zones were established on the territory of the route. Approximately 30% of the territory is located in unfavorable in very unfavorable engineering and geological conditions. The most dangerous sections are observed at the intersection of the railway route with large neotectonic lineaments, which affects the intensity of the manifestation of exogenous processes and the deterioration of the physical and mechanical properties of soils.

Key words: engineering-geological conditions, engineering-geological and aerospace-geological surveys, main railway, Bashkortostan.

Железнодорожный транспорт, является одним из основных «связующих» элементов России – крупнейшей страны в мире по площади, на который приходится наибольшая доля перевозки грузов и пассажиров. Это же утверждение является верным и для многих регионов страны, в том числе и для Республики Башкортостан (РБ).

Кроме этого, стоит отметить, что многие инженерные сооружения региона, имеют тревожное состояние, что вызывает естественным образом проблему предупреждения аварий и катастроф, а также нивелирования и минимизации их воздействия на окружающую среду. Башкортостан имеет сложные природно-геологические условия, среди которых наиболее опасными и наименее предсказуемых стихийных бедствий геологического происхождения являются землетрясения, обусловленные активной геодинамической обстановкой района [27]. Геоактивные зоны наиболее эффективно устанавливаются с помощью применения аэрокосмогеологических методов и линеаментно-геодинамического анализа [8-10, 16]. Всё вышеуказанное ставит более серьезные задачи при инженерно-геологическом исследовании региона относительно развития транспортной системы, в том числе и при развитии железнодорожного транспорта [5, 6].

Башкирская железная дорога имеет стратегическое значение, связывая запад региона и его юг (рис. 1). Общая протяженность железных дорог РБ 1475 км, из них на участок Октябрьский – Уфа – Кумертау приходится более трети – около 430 км [30].

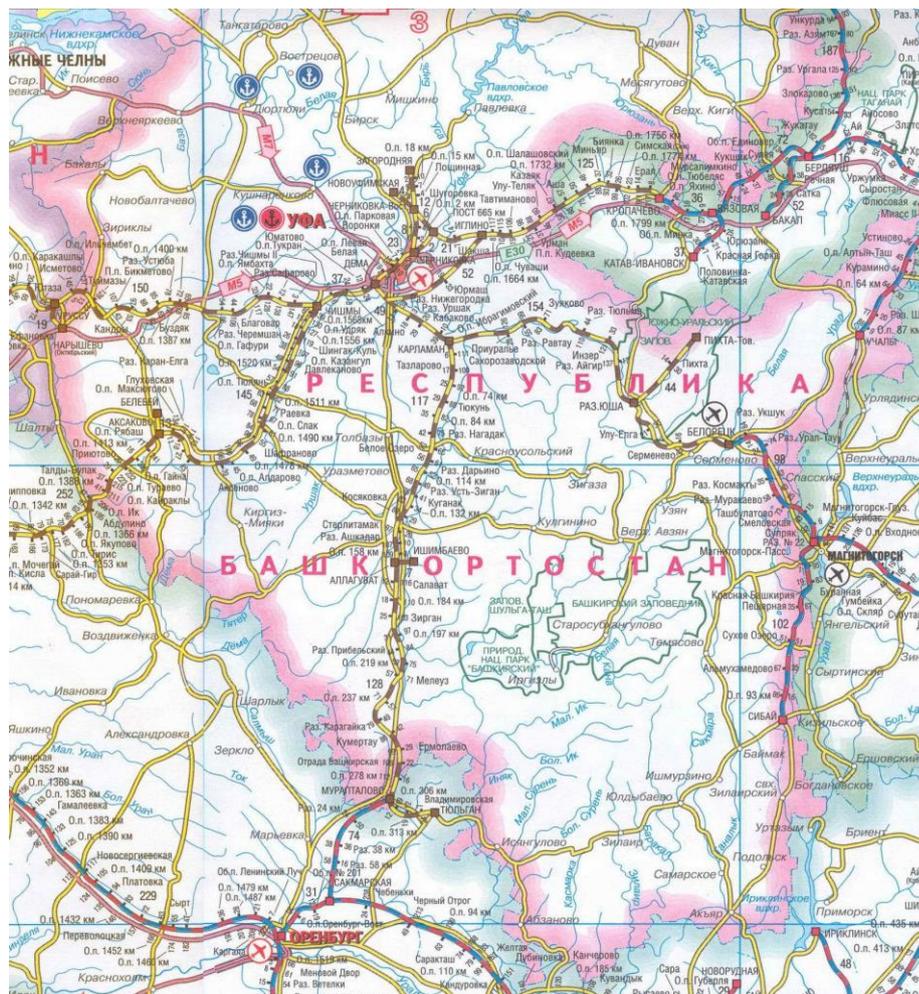


Рис. 1. Железнодорожная инфраструктура РБ [31]

Краткая характеристика ландшафтов и геологических условий

Территория исследований расположена на стыке и в пределах двух инженерно-геологических регионов I порядка – восточной окраине Восточно-Европейской платформы и Предуральяского краевого прогиба, где на поверхность выходят в основном породы терригенно-карбонатной формации нижней и средней перми, перекрытые маломощными отложениями комплексов четвертичных образований [3].

На рис. 2. представлен космический снимок РБ, на рис. 3 показана карта-схема трассы Башкирской железной дороги (Октябрьский – Уфа – Кумертау) на геологической основе.

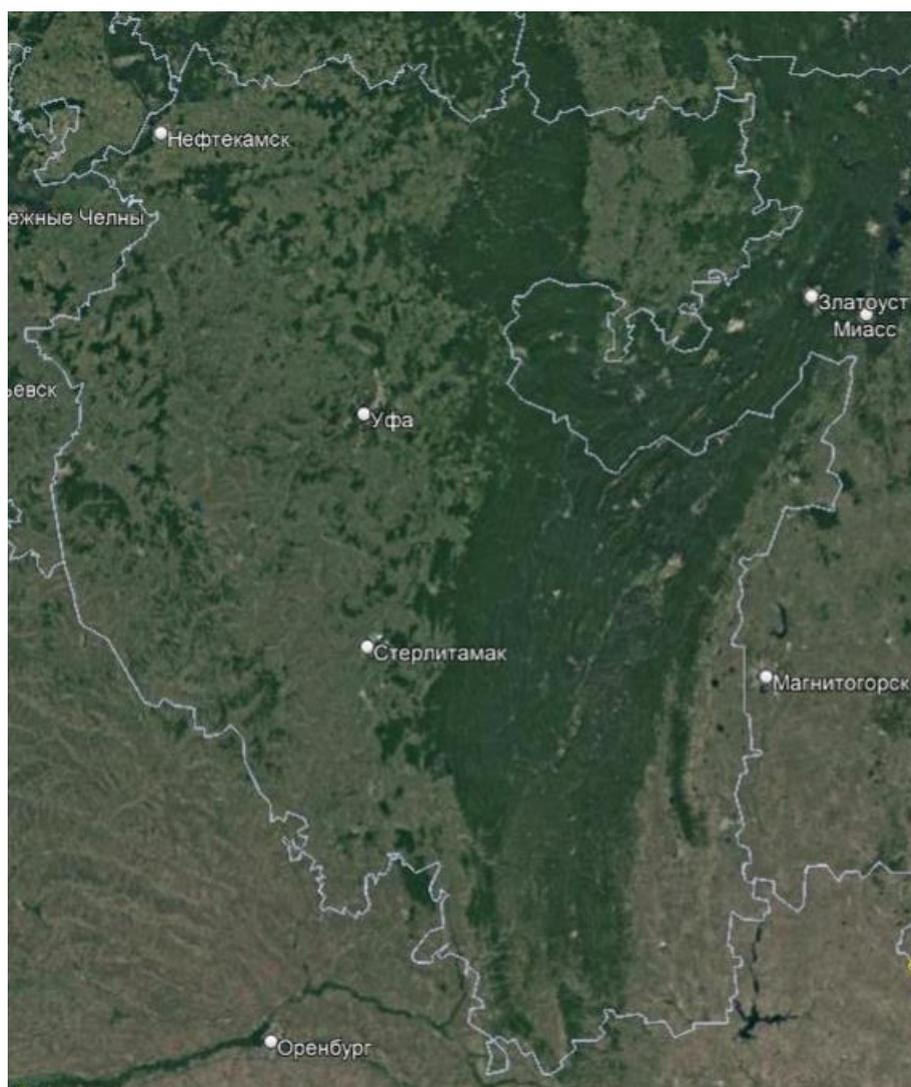


Рис. 2. Обзорный космический снимок РБ (Landsat-8, 2020)

Центральная часть района железнодорожной трассы в верхней части разреза сложена породами казанского и артинского ярусов. По району проходит река Белая, долина которой формирует ландшафты речных долин - поймы, низкие и средние эрозионно-аккумулятивные террасы с озерами-старицами, заболоченными лугами, лесами и кустарниками на аллювиальных, болотных, темно-серых лесных и черноземных почвах.

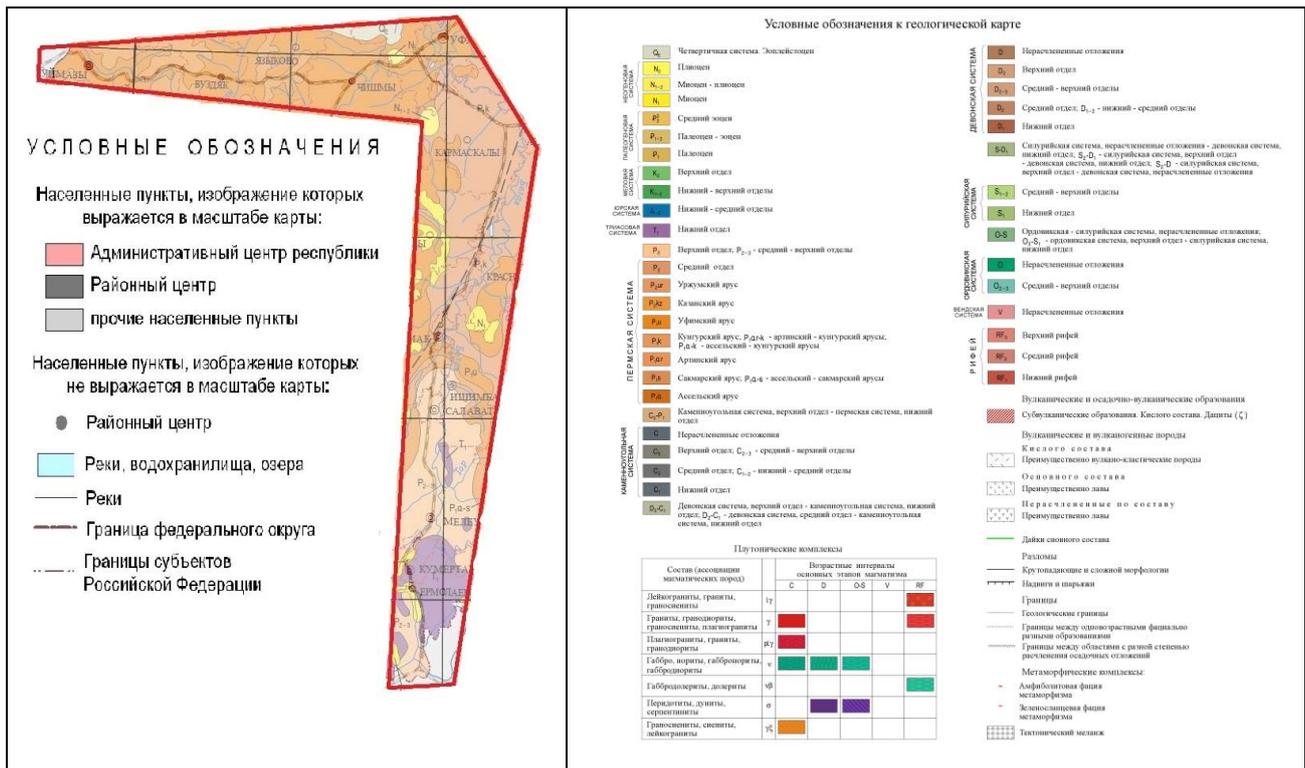


Рис. 3. Карта-схема коридора трассы Башкирской железной дороги (Октябрьский – Уфа – Кумертау)

Западная часть района представлена ландшафтами пологоволнистых междуречных равнин с покатыми и пологими склонами, которые сложены песчаниками, мергелями, конгломератами и известняками уфимского яруса, а также - луговыми степями, в сочетании с лиственными лесами, пашнями на темно-серо лесных почвах и выщелоченных черноземах. В южной части района преобладают гряды-увалистые равнины, которые сложены конгломератами, песчаниками татарского яруса. Также присутствуют ландшафты широколиственных лесов, луговые степи с пашнями на глинистых отложениях триаса, серых лесных почвах и типичных черноземах [3, 4, 32].

Инженерно-геологическая оценка

Оценка и районирование по степени инженерно-геологической сложности района трассы проведены на основе бальной оценки классификационного признака, по методике [28] с изучением инженерно-геологических факторов по [1-3, 22, 29].

Для системы территории башкирской железной дороги (Октябрьский – Уфа – Кумертау) результаты выбора и бальной оценки факторных признаков приведена в табл. 1

Таблица 1

Наименование факторных признаков	Индекс признака	Весовой коэффициент (ранг)	Бальная оценка факторных признаков			
			1	2	3	4
Тип грунтов	А	4	Скальные и полускальные	песчаные	глинистые	слабые
Экзогенные процессы (заболачивание, эрозия, карст)	Б	4	Отсутствие или наличие экзогенных процессов			
			Отсутствуют	Действует один процесс	Действуют два процесса	Действуют три процесса
Эндогенные процессы (неотектоническая активность по плотности линеаментов)	В	4	Низкая	Средняя (повышенная)	Высокая и очень высокая	Чрезвычайно высокая

Грунтовые условия

Тип грунта является наиболее важным геологическим признаком, т.к. грунты являются основанием и средой железнодорожного полотна.

Исходя из геолого-литологического строения района и обработки результатов лабораторных исследований грунтов, выделено 8 основных инженерно-геологических элементов (ИГЭ): ИГЭ 1 – суглинок полутвердый, ИГЭ 2 – глина полутвердая, ИГЭ 3 – глина твердая, ИГЭ 4 – гравийно-галечниковый грунт, ИГЭ 5 – дресвяной грунт, ИГЭ 6 – песчаник малопрочный, ИГЭ-7 – аргиллит массивный, ИГЭ 8 – песчаник средней прочности.

Функционирование железнодорожного полотна в скальных и полускальных грунтах, будут находиться в устойчивом состоянии, т.к. эти грунты обладают высокими прочностными свойствами. Поэтому эта подгруппа характеризуется наиболее выгодными условиями для функционирования железнодорожного полотна.

Песчанистые грунты характеризуются более низким значением модуля общей деформации, однако при нагрузке они достаточно быстро консолидируются, как результат железнодорожное полотно будет находиться в устойчивом состоянии, но в менее устойчивом, чем в скальных и полускальных. Такие условия условно относим к выгодным.

Глинистые грунты имеют еще более низкие значения модуля общей деформации, как результат железнодорожное полотно будет находиться в малоустойчивом состоянии. Такие условия относим к не выгодным.

Слабые грунты характеризуются высокими значениями сжимаемости, например торфа. Поэтому сложность функционирования железнодорожного полотна в слабых грунта наиболее высока.

Экзогенные геологические процессы – ЭГП. На территории развиты в основном процессы речной эрозии, заболачивание, карст, которые учтены в расчетах по инженерно-геологической оценки. Характеристика их дана в работах [1-3]. Если процессы отсутствуют или развит незначительно один из

них, то это наиболее благоприятные условия для строительства; если развиты два и более процессов, то условия не благоприятные (табл. 1).

Эндогенные геологические процессы рассмотрены на основе инженерно-аэрокосмогеологических материалов и линеаментно-геодинамического анализа, проведенных И.С. Копыловым [7, 11-21, 24-26]. Анализ заключается в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования аэрокосмических снимков, далее – в аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности и построение ее картографических моделей разного уровня детальности. Методика исследований включает: подготовку материалов дистанционных съемок, визуальное выделение геоиндикаторов, интерактивное компьютерное структурно-геологическое дешифрирование космических снимков.

Одним их важнейших показателей является плотность разломов, линеаментов и мегатрещин. Ранжирование геодинамической активности по этому показателю проводится по градациям с учетом баллов статистического распределения по их интенсивности (обычно выделяется 6 градаций с учетом среднего арифметического – « x » и стандартного отклонения – « s »): 1 балл $< (x-s)$; 2 балл $(x-s) \div x$; 3 балл $x \div (x+s)$; 4 балл $(x+s) \div (x+2s)$; 5 балл $(x+2s) \div (x+3s)$; 6 балл $> (x+3s)$. Вполне уверенно предполагается, что они отражают соответственно различную степень геодинамической активности (от условно стабильной до условно чрезвычайно высокоактивной). При этом к геодинамическим активным зонам относятся участки с очень высокой и чрезвычайно высокой трещиноватостью и в отдельных случаях - участки с высокой трещиноватостью, отличающиеся высокой контрастностью относительно фона. Геодинамические активные зоны (АЗ) представляют собой ограниченные, протяжённые в плане участки земной коры, с концентрацией тектонического напряжения, обусловленного внутренними силами Земли и их активностью на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и как следствие, проявлением разрывной тектоники, сейсмичности, подъёмом флюидов и других процессов, а также отличаются различными физико-механическими свойствами грунтов [20].

В результате этих и ранее проведенных исследований по дешифрированию современных цифровых космических снимков выделены несколько сотен неотектонических линеаментов, отражающих современную геодинамическую обстановку района. На рис. 4 показано линеаментное поле Башкортостана на геологической основе [31]. Установлены геодинамические активные зоны, в пределах которых интенсивно развиваются экзогенные геологические процессы – смещение русел водотоков, образование оползней, оврагов и других видов эрозии, суффозии, карста (рис. 5).

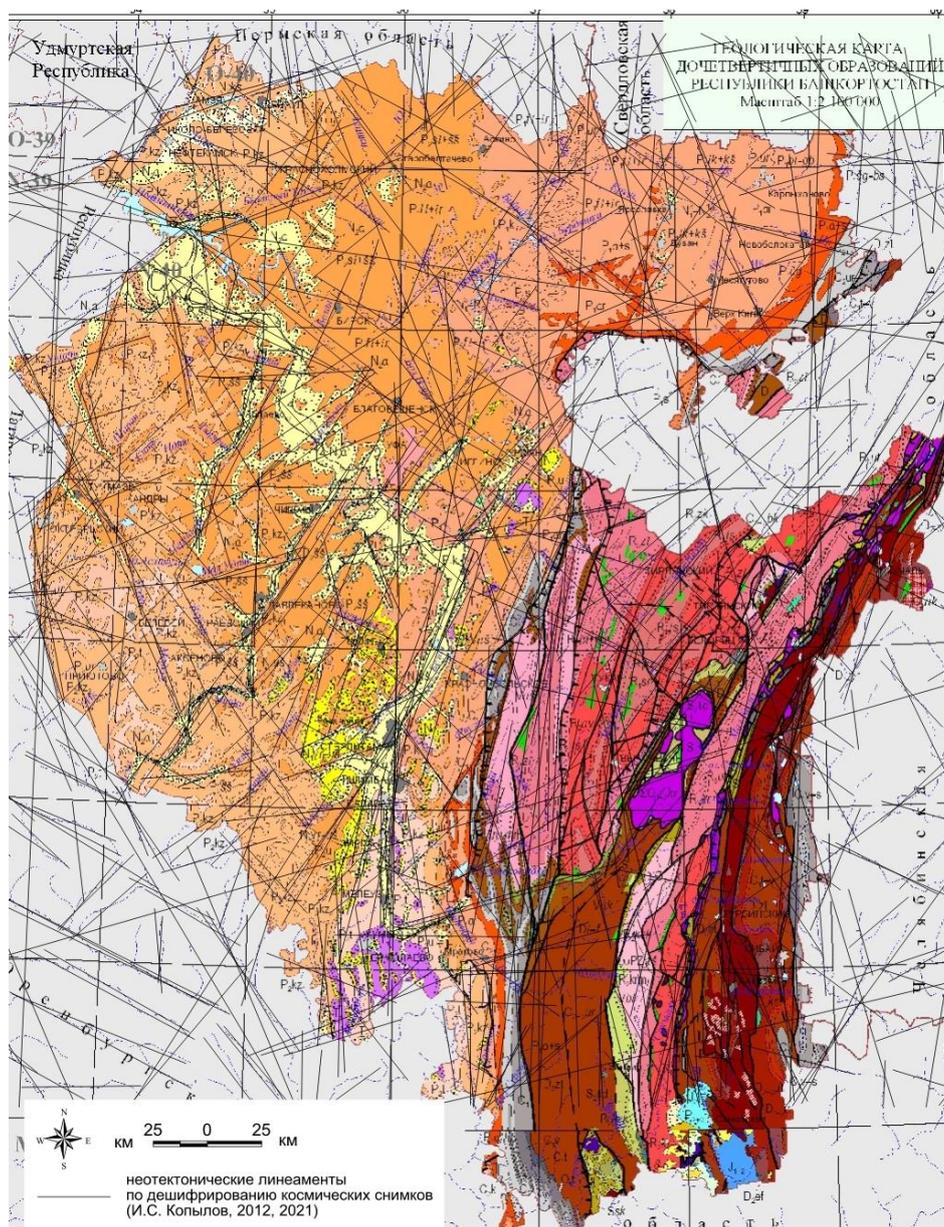


Рис. 4. Линеamentное поле Башкортостана (по И.С. Копылову) на геологической основе [31]

Результаты расчетов

В качестве классификационного показателя используем критерий $K_6 = K_p$, этот критерий рассчитывается по следующей зависимости:

$$K_6 = 1 \cdot A + 2 \cdot B + 3 \cdot I + 4 \cdot \Gamma$$

Где: 1,2,3,4 – весовые коэффициенты (ранг). А, Б, В, Г – факторные признаки.

Если все факторные признаки имеют один балл, то сооружение находится в весьма выгодных состоянии. В этом случае значения классификационного показателя будут минимальные.

Так, согласно:

$$K_p = K_6 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 = 10 \text{ баллам.}$$

При $K_p = K_6 = 10 \div 20$ – сооружение находится в благоприятных инженерно-геологических условиях.

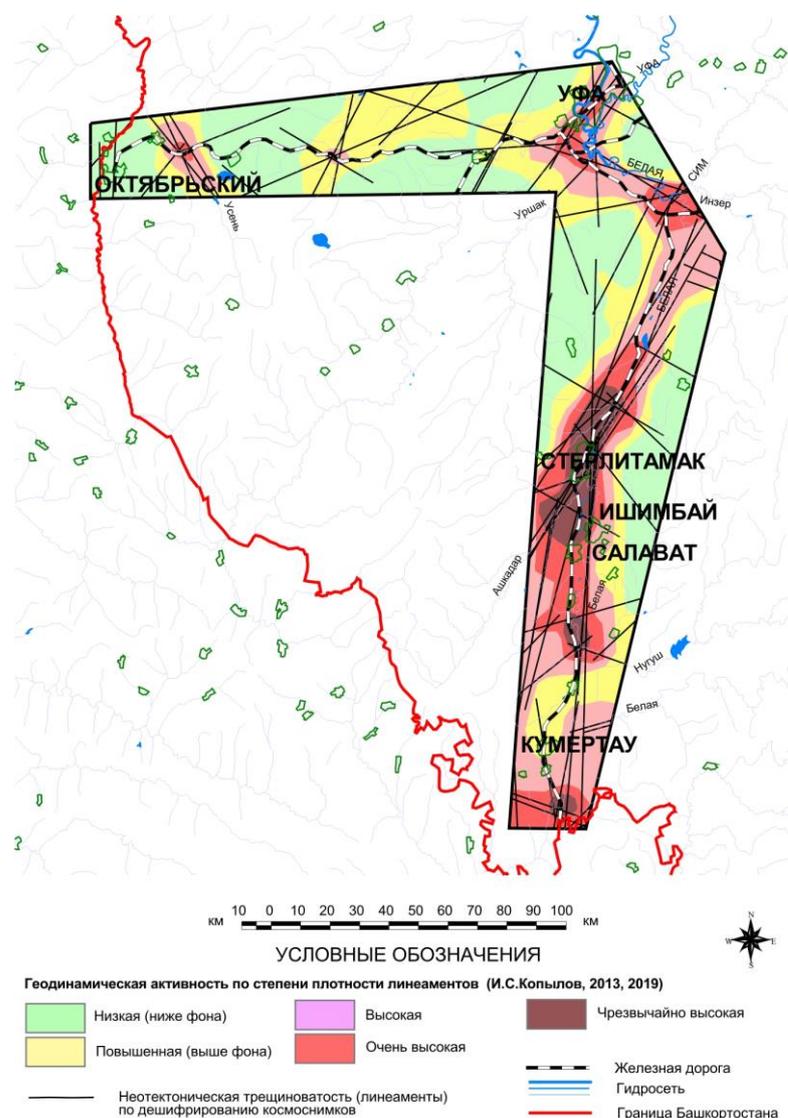


Рис. 5. Районирование по геодинамической (неотектонической активности – по И.С.Копылову, 2012, 2021)

При $K_b=K_p=20-30$ балла сооружения находится в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. В том случае, если все факторные признаки имеют 4 балла, тогда сооружение будет находиться в чрезвычайно неблагоприятных инженерно-геологических условиях. K_p будет максимально:

$$K_p = K_b = 4 \cdot 1 + 4 \cdot 2 + 4 \cdot 3 + 4 \cdot 4 = 40.$$

В соответствии условиями работы системы «сооружение – природная среда» предложена следующая модель районирования.

Таблица 2

Наименование таксона	Оценка условий	Значение K_p
I	Благоприятные	<10
II	Условно благоприятные	10-20
III	Неблагоприятные	20-30
IV	Чрезвычайно неблагоприятные	>30

На рис. 6. представлена схема разбивки трассы на таксоны различной уровне сложности. В каждой подобласти определены качественные и количественные характеристики факторных признаков и посчитаны численные значения K_p .

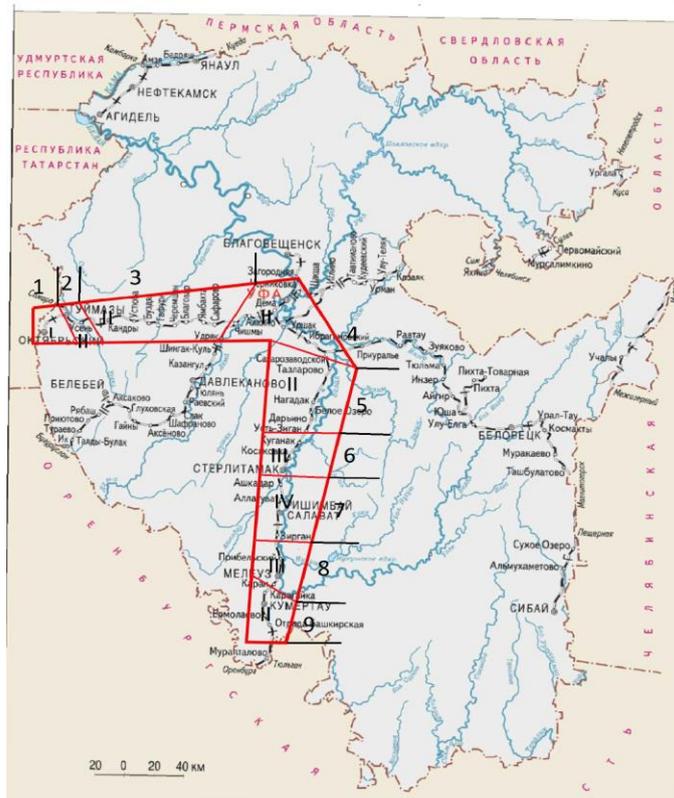


Рис. 6. Схема районирования территории башкирской железной дороги (Октябрьский – Уфа – Кумертау) по степени сложности инженерно-геологических условий (по А.Н. Сафенрейтору)

I – таксон характеризуется благоприятными условиями, на территории выявлено 2 участка.

II – таксон характеризуется условно благоприятными условиями, по трассе выявлено 3 участка. Участки сложены в основном глинистыми грунтами, не развиты экзогенные процессы, средняя геодинамическая активность.

III – таксон характеризуется неблагоприятными условиями, по трассе выявлено 3 участка. Участки сложены глинистыми и гравийными грунтами, развиты экзогенные процессы, высокая геодинамическая активность.

IV – таксон характеризуется чрезвычайно неблагоприятными условиями, по трассе выявлен 1 участок. Развиты речная эрозия, присутствуют карстовые процессы.

Примерно, 70 % территории находится в преимущественно в условно благоприятных инженерно-геологических условиях. Неблагоприятные участки (до 30 %) выделяются вдоль крупных водных артерий, это связано с эрозионной деятельностью рек, здесь развиваются процессы донной и боковой эрозии. Развитие процессов заболачивания развиты не повсеместно, поэтому

большой роли в осложнении инженерно-геологических условий не играют. Наиболее опасные участки: 6, 7, 8 (с интенсивной неотектонической трещиноватостью, развитием ЭГП).

Выводы

1. По степени сложности инженерно-геологические условия территории характеризуются как вторая (средняя) - II категория (СП 11 –105-97).

2. По космическому дешифрированию установлены неблагоприятные участки, по которым проходит железная дорога - представляют таксоны 3-4 класса (с интенсивной неотектонической трещиноватостью, развитием ЭГП).

3. На большей части исследуемой территории отмечено относительно не высокое количество опасных геологических процессов, тем не менее следует учесть, что в период гидрологических максимумов (дожди, снеготаяние) в насыпных грунтах возможно формирование подземных вод типа «верховодка», что увеличивает вероятность возникновения опасных геологических процессов.

4. При использовании в качестве защитных мероприятий дренажей и организации поверхностного стока в комплекс защитных сооружений следует включать системы водоотведения и утилизации дренажных вод. Локальная система инженерной защиты включает в себя дренажи различных видов, противифльтрационные завесы и экраны, а также вертикальную планировку территории с организацией поверхностного стока и гидроизоляцию подземных частей зданий и сооружений. Следует проводить регулярный инженерно-аэрокосмогеологический мониторинг на не благоприятных участках.

Библиографический список

1. Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И., Смирнов А.И. Карст Башкортостана. Уфа. РА «Информреклама» 2002. 384 с.

2. Абдрахманов Р. Ф., Чалов Ю. Н., Абдрахманова Е. Р. Пресные подземные воды Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2007. 184 с.

3. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Том 1. Русская платформа. Ред. И.С. Комаров и др. М.: МГУ, 1978, 528 с.

4. Инженерно-геологическая карта Башкирии URL: <http://hge.spbu.ru/margis/subekt/baskiriya/inzgeol.pdf>.

5. Камышев А.П. Предупреждение природно-техногенных аварий при строительстве и эксплуатации железных дорог на севере Западной Сибири с использованием аэрокосмических и геоинформационных технологий / Автореферат дис. ... доктора технических наук: Науч.-исслед. ин-т транспортного строительства. М., 2004. 53 с.

6. Кващук С.В. Геодинамика Приамурья и проблемы функционирования сети железных дорог / Автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Ин-т земной коры СО РАН. Хабаровск, 2004. 45 с.

7. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

8. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.

9. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.

10. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.

11. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки*. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
12. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius*, 2018. 210 с.
13. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
14. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
15. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.
16. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8-1. С. 82-86.
17. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.
18. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 6.
19. Копылов И.С. *Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing*, 2012. 152 с.
20. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
21. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.
22. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 84. С. 102-112.
23. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 3.
24. Копылов И.С., Хлебникова Е.В. Инженерно-геологическая и геодинамическая оценка территории высокоскоростной железнодорожной магистрали в пределах Владимирской и Нижегородской областей // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения*. Пермь, 2021. С.290-305.
25. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. 2005. № 1. С. 75.
26. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6.
27. Пучков В. Н. Краткий очерк геологии Башкирии // *Георесурсы*. 2014. №3 (58). С. 28-32.
28. Середин В.В. *Математические методы в гидрогеологии и инженерной геологии* Пермь: Пермский гос. ун-т, 2011. 120 с.
29. ТСН 302-50-95 РБ Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях. Уфа, Госстрой РБ, 1996.
30. Саетова А.А., Якишбаева Г.В., Нугуманова Л.Р. Анализ транспортной инфраструктуры на примере Республики Башкортостан // *Экономические науки*. 2015. № 127. С. 86-89.
31. <https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/pfo/bashkortostan/index.php>. Республика Башкортостан. Геологическая карта дочетвертичных образований. Масштаб 1:2 100 000 (по материалам изданных карт м-ба 1:1 000 000).
32. URL:<https://knoema.ru/atlas/Российска-Фдереция/> Республика-Башкортостан /Лесистость-территории.

С.М. Костарев

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия
s-kostarev@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В РАЙОНАХ НЕФТЕДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ ТАНЫПСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Рассмотрены причины естественных нефтен проявлений в приповерхностной части нефтегазоносного разреза Пермского края. Приведены результаты аэрокосмогеологических исследований на территории Таныпского месторождения нефти. Определен химический состав пластовых вод и нефтей техногенных скоплений. Показаны условия формирования техногенных скоплений флюидов и причины их проявления в верхней части геологической среды Таныпского месторождения нефти.

Ключевые слова: нефтяное месторождение, линеаменты, глубинные флюиды, восходящая вертикальная миграция, техногенные скопления нефти и рассолов.

S.M. Kostarev

Perm State National Research University, Perm, Russia

APPLICATION OF AEROSPACE METHODS TO SOLVE GEOECOLOGICAL PROBLEMS IN OIL PRODUCTION AREAS (ON THE EXAMPLE OF THE TANYP FIELD)

The reasons for natural oil seepage in the near-surface part of the oil and gas section of the Perm region are considered. The aerospace-geological results on the territory of the Tanyp oil field are presented. The chemical composition of formation waters and oils from technogenic accumulations has been determined. The conditions for the formation of technogenic accumulations of fluids and the reasons for their manifestation in the upper part of the geological environment of the Tanyp oil field are shown.

Key words: oil deposit, lineament, abyssal fluids, upstream vertical migration, technogenic oil accumulation and brines.

На территории Таныпского месторождения нефти, расположенного на юге Пермского края, с начала бурения скважин (середина прошлого века) и в процессе освоения углеводородных ресурсов, сотрудниками ОАО ПермНИПИнефть (отв. исполнитель С.М. Костарев), КамНИИКИГС (отв. исполнитель Ю.П. Баранов) и ГИ УрО РАН (отв. исполнитель Б.А. Бачурин) проводились комплексные геоэкологические работы [1] с использованием аэрокосмогеологических исследований (АКГИ).

Нефтен проявления в пермских отложениях на данном участке Таныпского месторождения были отмечены на незначительных глубинах еще на стадии структурно-картировочного бурения в 1949-50 годы.

Наиболее значительные из них, в виде капельно-жидкой газирующей нефти в керне, наблюдались в структурной скважине К-27 (рис.1), пробуренной в присводовой части структуры (по нижнепермскому маркирующему горизонту - кровля иренского горизонта). Для оценки характера нефтеносности данных отложений в 1950 году, в непосредственной близости от скважины К-27, была пробурена скважина-дублер № 27-А на глубину 210 м и остановлена в филипповских отложениях кунгурского яруса, вскрыв их в интервале 153-210 м. По результатам опробования этих отложений в интервале 153-179 м был получен незначительный приток сероводородной воды с нефтью дебитом 6,72 м³/сут. В связи с этим скважина была ликвидирована как неперспективная.

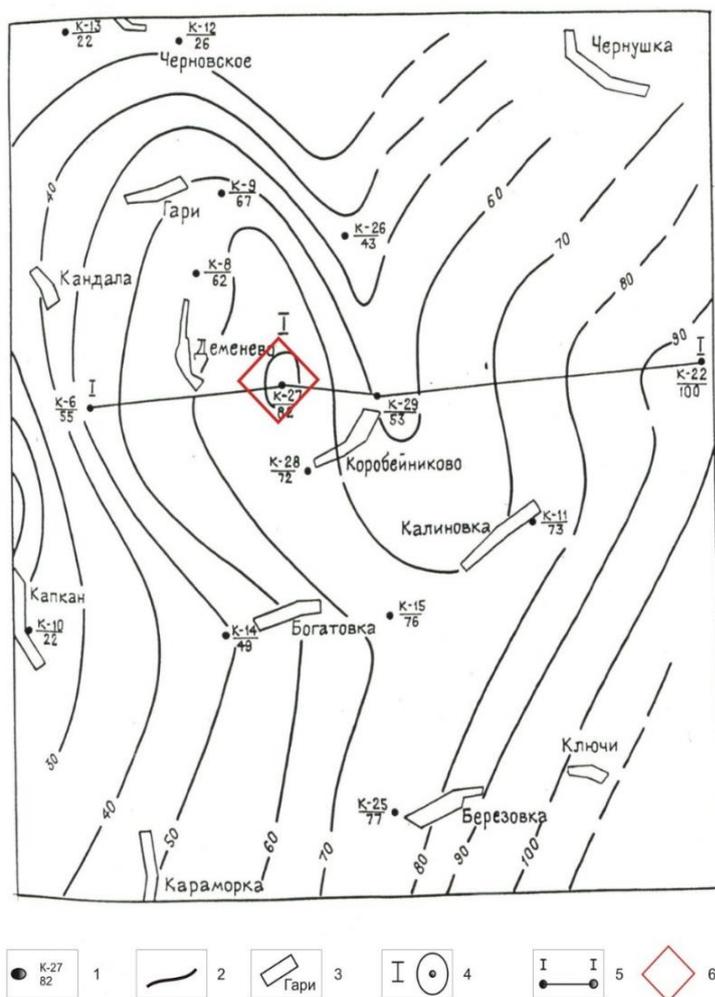


Рис.1. Фрагмент структурной карты участка по кровле иренского горизонта (по Ю.П. Баранову)

1 – скважины структурные: в числителе – номер скважины; в знаменателе – абсолютная отметка кровли иренского горизонта кунгурского яруса. 2 – стратоизогипсы кровли иренского горизонта кунгурского яруса. 3 – населенные пункты. 4 – Таныпское поднятие. 5 – линия геологического профиля. 6 – участок работ

Структурно-тектонические особенности строения разреза рассматриваемого района изучены на основе крупномасштабных АКГИ, выполненных в районе р.Брекун (вблизи д.Коробейники), с целью выяснения

природы поверхностных нефтепроявлений. Для исследований привлекались материалы крупномасштабных аэрофотосъемок (АС) 1977г. (масштаб 1:25000) и 1989г. (масштаб 1:50000). Участок нефтепроявлений в широтном плане расположен несколько восточнее от первичных контуров ВНК тульской и башкирской залежей Таныпского месторождения нефти, непосредственно выше по р.Брекун от разведочной скважины № 3Р (рис. 2). По результатам структурного дешифрирования АС зона нефтепроявления совпадает с весьма отчетливым прямолинейным линеamentом северо-западного простирания, вдоль которого предполагается развитие трещинно-разрывной субвертикальной зоны, разделяющей Затаныпский (относительно воздымающийся ("2")) и Таныпский (относительно опускающийся ("1")), новейшие блоки земной коры. Кроме того, необходимо отметить, что участок поверхностного нефтепроявления приурочен к узлу пересечения выше описанного линеамента с секущим линеamentом северо-северо-восточного простирания.

Анализ результатов геологических съемок и структурного бурения позволили сделать вывод, что на участке нефтепроявления установлены водопроводящие толщи в верхней части уфимского яруса на глубинах 3-5 и 20-40 м соответственно. Здесь пресные грунтовые и пластовые слабоминерализованные воды характеризуются безнапорным и напорным режимом. При структурном и глубоком разведочном бурении скважин отмечалось активное поступление в стволы скважин сероводородных вод из кунгурских и подстилающих отложений нижней перми и верхнего карбона (включая самоизливы через устье).

Структурным дешифрированием АС установлено отчетливое отображение Таныпского ("1") и Южно-Таныпского ("Б") погребенных поднятий в виде соразмерных ландшафтных аномалий (ЛА), контуры которых совпадают с границами структур в нижнем карбоне и девоне, а также - с контурами залежей нефти в продуктивных пластах Тл и Бш.

В начале 1978 году из скважины 27-А (район скважины № 3Р) начался самоизлив сероводородной водой с нефтью суммарным дебитом 0,2-0,3л/с. Одновременно в долине р.Брекун в радиусе 250м от устья скважины возник ряд грифонов, из которых на поверхность начала изливаться газированная вода с нефтью.

Нефтепроявления были сосредоточены на ограниченном участке протяженностью около 200 м в 300-400м восточнее куста № 2 (рис. 3). С целью ликвидации самоизлива вод были проведены специальные работы, включающие бурение в радиусе 2-3 м от данной скважины трех наклонных ликвидационных скважин глубиной 100 м и цементаж через них скважины 27-А. При бурении ликвидационных скважин с глубины 80 м происходили выбросы нефти с газом на устье. После выполнения данных работ излив жидкости из скважины 27-А прекратился.

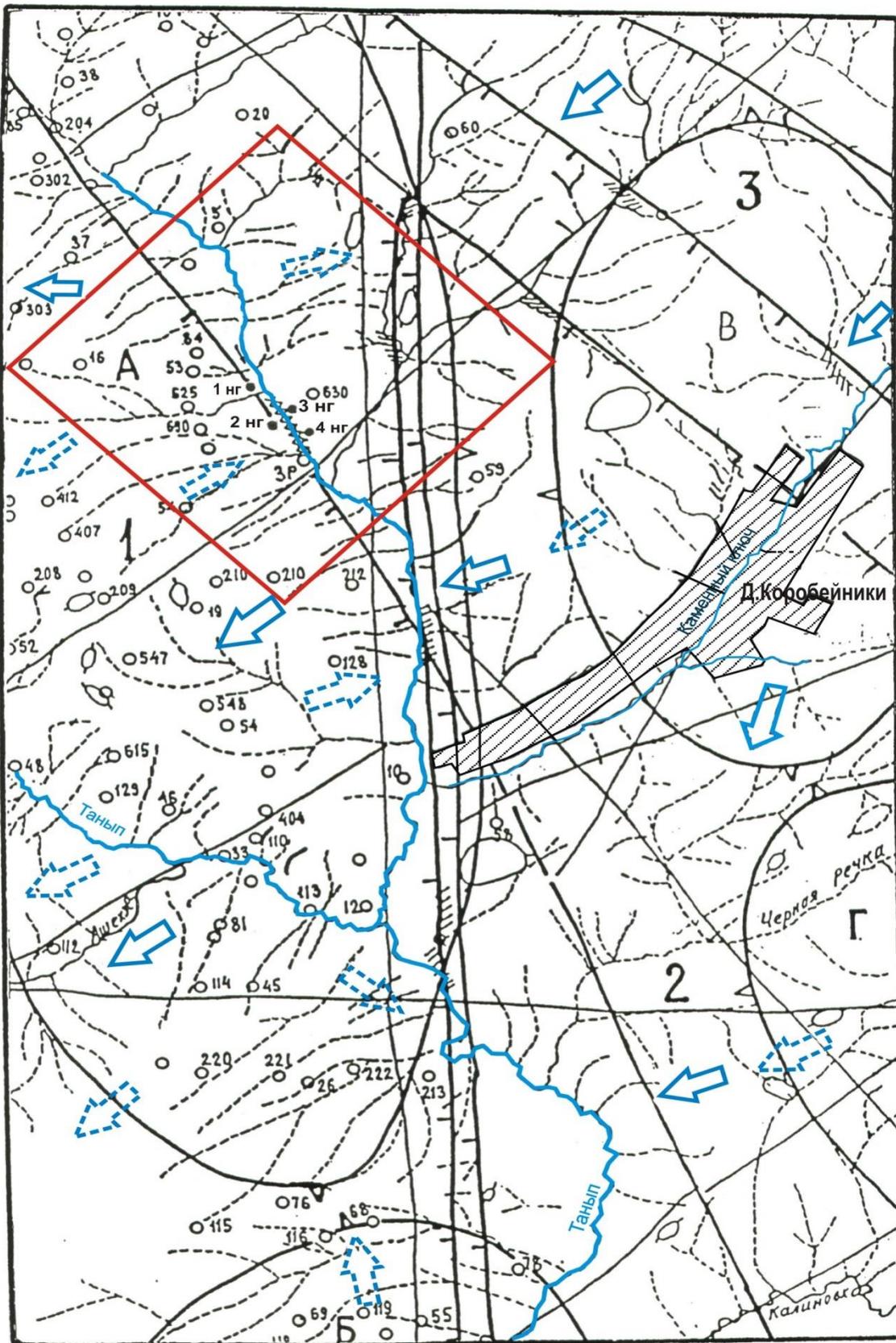


Рис. 2. Результаты структурного дешифрования АС района поверхностных нефтепроявлений в долине р. Брекун (по Ю.А. Ильных, 1996)

Условные обозначения к рис. 2

- 0 54 – устья глубоких скважин
-  - постоянные водотоки
-  - тальвеги временных водотоков и суходолов
-  - растущие овраги и участки аномального вреза тальвегов
-  - явные остаточные высоты
- III – зоны разгрузки грунтовых вод
-  - участок поверхностных нефтепроявлений
-  - родники

Системы прямолинейных линеаментов, предположительно отображающие трещинно-разрывные структуры осадочного чехла, разделяющие новейшие блоковые структуры разных порядков:

-  - наиболее активные
-  - прочие
(реснички направлены в сторону блоков, испытывающих относительное опускание).

Мелкие блоковые структуры осадочного чехла:

1. Таныпский блок
2. Затаныпский блок
3. Верхнетюйский блок

Контур ландшафтных аномалий, отображающих известные и предполагаемые погребенные поднятия:

- А. Таныпская;
- Б. Южно-Таныпская;
- В. Коробейниковская;
- Г. Калиновская.

Вероятные направления движения пластовых вод:

-  - в водопроницаемых пачках уфимского яруса
-  - в водопроницаемых горизонтах кунгурского яруса и подстилающих толщ нижней перми
-  - скважины наблюдательные гидрогеологические
-  - участок работ

С целью выяснения причин проявлений нефти и сероводородной воды и установления их источников в 1983 году на данном участке были пробурены четыре наблюдательные скважины №№ 1-нг - 4-нг глубиной 450м (рис. 3). Всеми скважинами вскрыт разрез, включающий четвертичные и уфимские отложения мощностью 99-106м, сульфатно-карбонатные отложения кунгурского яруса (140-144м) и карбонатную толщу ассельско-артинского возраста, вскрытая мощность которой составила 201-206м.

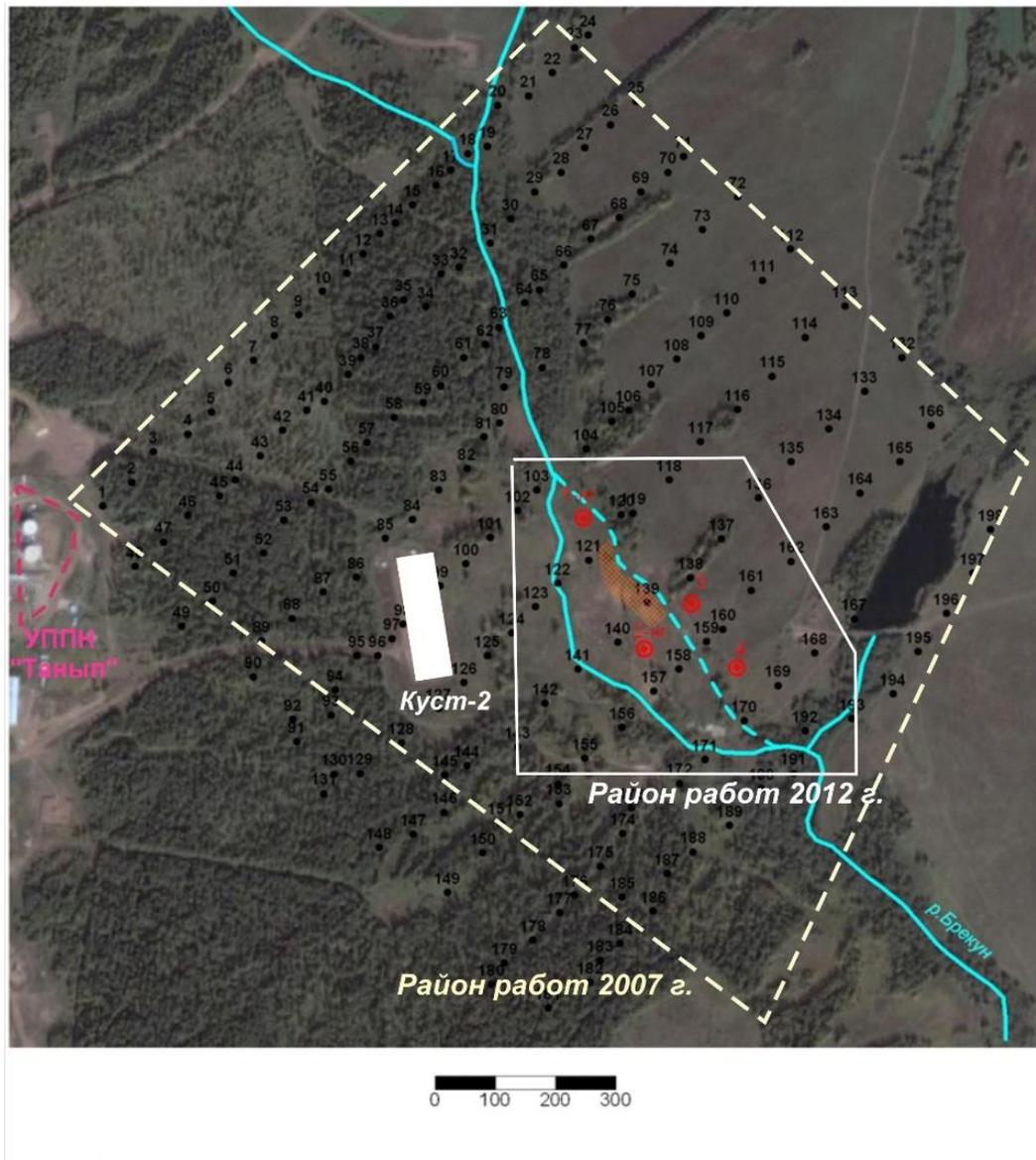


Рис. 3. Расположение наблюдательных скважин 1нг-4нг

В скважине 1-нг, при забое 15 м, в буровом растворе наблюдалась пленка нефти, а с глубины 84м произошел выброс нефти на высоту порядка двух метров и с 270м из артинских отложений отмечался приток сероводородных вод дебитом более 1л/с. В скважине 2-нг, в интервалах 13-15м и 80-85м, в глинистом растворе наблюдалась пленка нефти, а с 216м из кунгурских отложений отмечался приток сероводородных вод дебитом более 1л/с. В скважине 3-нг, в интервале глубин 20-50м, наблюдался уход промывочной

жидкости, а в интервале 90-95 м в глинистом растворе наблюдалась пленка нефти и с 256 м (прикровельная часть артинского яруса) отмечался приток сероводородных вод дебитом более 1 л/с. В скважине 4-нг, в интервале 45-60 м, наблюдался частичный уход промывочной жидкости, а в интервалах 4-9 м и 84-100 м в буровом растворе наблюдалась пленка нефти и с 267 м из верхней части артинских отложений наблюдался приток сероводородных вод дебитом более 1 л/с. Установлено, что первые нефтепроявления встречены на глубинах 4-15 м, а следующие с 80 до 100 м.

В результате гидрогеохимических исследований сотрудниками КамНИИКИГСа в 1995-1996 гг. установлено, что подземные воды характеризовались повышенной минерализацией (13,8-249,9 г/дм³) и хлоридно-натриевым составом. Максимальная минерализация вод установлена в скважине № 3-нг - 249,9 г/дм³. По своей гидрохимической характеристике (содержание сульфат-иона и кальция, концентрация микрокомпонентов, значение коэффициента метаморфизации) данная вода близка к пластовым водам среднекаменноугольных (верейских) отложений.

Более низкая минерализация (101,1-102,3 г/дм³) характерна для вод, отобранных из скважин №№ 2-нг и 4-нг. Для них характерна высокая степень метаморфизации (0,48), повышенные концентрации йода (6,56-6,87 мг/дм³), брома (139,6-199,9 мг/дм³), соединений бора (HBO₂ - 161,8-171,6 мг/дм³) и пониженное содержание аммония (3,2-64,0 мг/дм³), что отличает их от вод нижнепермских отложений (коэффициент метаморфизации вод - до 1,0, содержание йода 0-4 мг/дм³, брома 13-130 мг/дм³, HBO₂ 85-120 мг/дм³, аммония 150-200 мг/дм³). Учитывая, что при бурении наблюдательных скважин в 1983 году воды нижнепермских отложений имели более низкую минерализацию 4,66-10,38 г/дм³ и характеризовались сульфатно-кальциево-магниевым и хлоридно-сульфатно-натриевым составом, можно предполагать о восходящей миграции флюидов из среднекаменноугольных отложений.

Нефть, отобранная с устья скважины № 1-нг (интервал перфорации 77-90 м), тяжелая (0,874 г/см³), сернистая (2,75%), высокосмолистая (21,1%), с высоким содержанием азота (0,40%), средним содержанием асфальтенов (2,59%), малопарафинистая (1,5%). По своим физико-химическим свойствам и составу (содержание серы, азота, смол, парафина, ванадил-порфиринов) исследованная проба близка к нефтям нижнепермских отложений Башкирского свода.

В дальнейшем, прекращение интенсивного заводнения продуктивных пластов и ликвидация обводнившихся эксплуатационных скважин привели к тому, что масштабы поверхностной разгрузки нефти постепенно снизились и к концу XX века проявление грифонов в районе старого русла р. Брекун прекратилось. В 2007 г. при обследовании данного участка точечные выходы газифицирующей нефти были сконцентрированы в обвалованной траншее протяженностью порядка 80 м вдоль старого русла р. Брекун. В 2012 г. незначительные нефтепроявления в виде выпотов нефти на поверхности земли, отмечались между скважинами 2-нг и 3-нг лишь в период весеннего половодья.

Оценивая условия залегания водопроявляющих толщ в уфимском ярусе можно сделать вывод о том, что движение потока пластовых вод в них ориентировано в западном и запад-юго-западном направлениях, в соответствии с его региональным наклоном (рис. 2.). Движение грунтовых вод в рыхлом четвертичном комплексе подчинено рельефу земной поверхности. Направление движения подземных вод в нижележащих толщах кунгурского яруса в значительной мере определяется наклоном Таныпской структуры. Учитывая обстоятельство, что линейные субвертикальные трещинно-разрывные зоны служат зонами для вертикального восходящего перетока глубинных вод в поверхностные, можно предположить, что меридионально ориентированная полосовая зона поверхностных нефтепроявлений связана с восходящим потоком глубинных пластовых вод. В последние проникали струйные поступления газированной нефти из продуктивных пластов палеозоя, в том числе, возможно, и из нефтепромышленных скоплений в нижнепермских отложениях (рис.4).

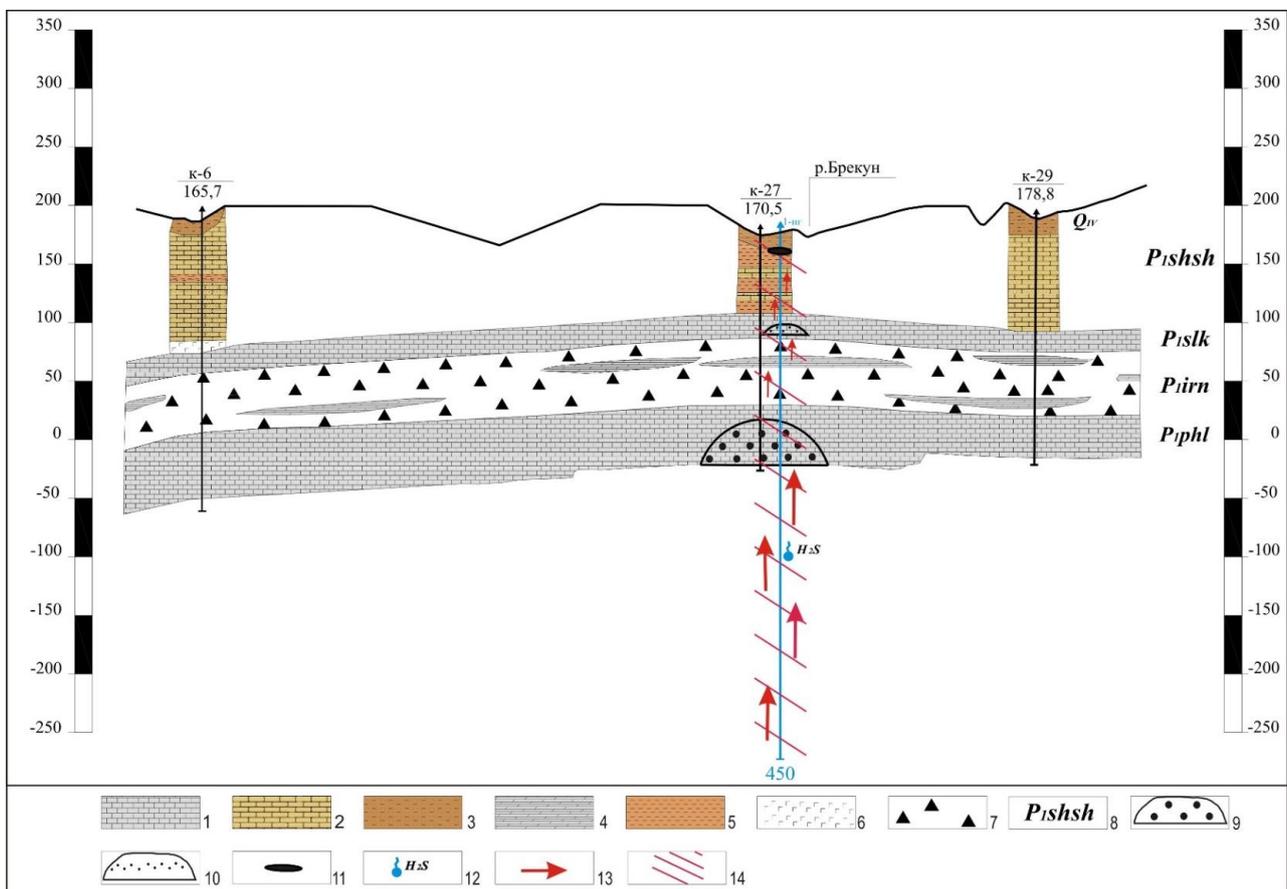


Рис. 4. Формирование нефтепроявлений в приповерхностной части нижнепермских отложений (по Б.А. Бачурину)

1 - известняк, 2 - песчаник, 3 - глина, 4 - доломит, 5 - аргиллит, 6 - гипс, 7 - ангидрит, 8 - возраст пород. Зоны нефтепроявлений: 9 - 1949-50 год, 10 - 1983 год. 11 – линза нефти на уровне грунтовых вод 2012 год, 12 - приток сероводородных вод, 13 - восходящая миграция углеводородов, 14 - субвертикальные трещинные зоны

Нефть также может поступать в трещинную зону из продуктивных пластов палеозоя Таныпского месторождения нефти, имеющего 9 нефтеносных пачек (включая непромышленную залежь в карбонатах артинского яруса), через негерметичные стволы большого количества пробуренных по старой технологии глубоких скважин. Кроме того, мигрирующие углеводороды могут выводиться по субвертикальным системам трещин различного простирания к рассматриваемому нами участку выхода нефти на земную поверхность. На начальном этапе освоения залежей месторождения, выход нефти на поверхность мог быть инициирован проводившейся в те годы форсированной закачкой жидкости в продуктивные пласты. Практика показывает, что формирующийся в этом случае в пористо-трещинной среде разреза фронт повышенных давлений очень медленно мигрирует к поверхности. Его проявление в приповерхностных условиях отмечается через 10-20 лет и более, после прекращения форсированного режима поддержания пластового давления и на других нефтяных месторождениях Пермского края (Падунское, Осинское, Павловское, Полазненское, Ярино-Каменноложское).

Другим, менее вероятным источником нефтепроявления, могут служить возможные скопления углеводородов в предполагаемых поднятиях, отождествляемых с Коробейниковской и Калиновской ЛА. В этом случае, вероятно, поступление нефти осуществляется по системам тектонических трещин в водопрводящие пласты уфимского яруса и грунтовые воды в дальнейшем происходит их разгрузка на локальном участке у левого склона долины р.Брекун.

В результате проведенных геоэкологических исследований с применением структурного дешифрирования аэрокосмических материалов удалось объяснить формирование процесса нефтепроявлений на земной поверхности и техногенных линз нефти и рассолов на уровне грунтовых вод) на исследуемом участке и сделать следующие выводы.

1. На территории Таныпского месторождения нефти в естественных природных условиях существовала возможность восходящей миграции компонентов глубинных флюидов к земной поверхности. Об этом свидетельствуют:

- естественные нефтепроявления в нижнепермских отложениях на глубине до 200 м, отмеченные при проходке неглубокими скважинами отложений кунгурского яруса в 1949-50 гг;
- наличие субвертикальных путей миграции флюидов к земной поверхности;
- многопластовое строение данного нефтяного месторождения.

2. Восходящая миграция обусловлена наличием субвертикальных трещинно-разрывных зон, обладающей повышенной проницаемостью отложений возможными путями для вертикального перетока глубинных флюидов. Можно предположить, что меридионально ориентированная полоса

загрязнения, проявившаяся в конце 70-х годов прошлого века в виде поверхностных нефтепроявлений, обусловлена восходящим потоком глубинных пластовых вод, в которые проникли струйные поступления газированной нефти из нефтескоплений в нижнепермских отложениях. Нефть из скважины № 3-нг по своим физико-химическим свойствам и составу близка к пластовым нефтям верейско-башкирских отложений. По гидрохимическому составу пластовая вода в скважине 3-нг ближе к рассолам нижнепермско-верхнекаменноугольного газонефтеводоносного комплекса, а из скважины 4-нг - к рассолам газонефтеводоносного турнейско-верхнедевонского комплекса.

3. Усилению данного процесса способствовала интенсивная закачка подземных вод в продуктивные на нефть горизонты в первые годы освоения данного месторождения, с отключением которой в 1990 году наблюдалось постепенное затухание, а затем и прекращение грифонообразования, что в дальнейшем, привело к улучшению экологической обстановки на участке в долине р. Брекун.

4. Зона нефтезагрязнения, существующая в приповерхностной части геологической среды, характеризуется незначительными масштабами преобразования нефтяных соединений, что позволяет предположить о своеобразной консервации сформировавшейся системы «нефть – вода» от гипергенного воздействия. Ограниченные размеры зоны нефтезагрязнения в приповерхностных массивах горных пород и признаки ее трансформации в периферийных частях позволяют предполагать, что в настоящее время ее подпитка из нижележащих нефтяных пластов отсутствует или носит незначительные масштабы.

Библиографический список

1. Костарев С.М. Оценка геоэкологической обстановки в районе Таныпского месторождения на участках выхода нефти на поверхность. Отчет ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» по дог. № 12Z 0319/5074. Пермь, 2012. 85с.

БЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ РАСТЕНИЙ МАЛЫЕ ГЕОАКТИВНЫЕ ЗОНЫ И СТРУКТУРА ИХ СЕТЕЙ

В Пермском крае на участках с разной геодинамической активностью изучено 1616 расстояний между 1176 малыми геоактивными зонами (далее МГА-зоны) с размерами 1 м, 3 м и 8 м. Их наносили на план с помощью биолокации и верификацией этого метода по живым и отпавшим деревьям сосны. На участках вблизи г. Пермь с повышенной геодинамической активностью среднее расстояние между МГА-зонами колебалось от 7.80 ± 0.19 м до 15.00 ± 0.57 м при нормальном распределении частот расстояний с коэффициентами вариации 22–37 %. Близкие величины были характерны для расстояний между деревьями в спелых древостоях сосны и поэтому можно говорить о сопряжении структуры лесных насаждений с некими, пока трудно определяемыми энергетическими показателями в геологической среде их обитания.

Ключевые слова: геодинамические активные зоны, структура сетей, фитоценозы

M.V. Rogozin

Perm State National Research University, Perm, Russia

PLANT-FRIENDLY SMALL GEOACTIVE ZONES AND THE STRUCTURE OF THEIR NETWORKS

In the Perm Region, 1616 distances between 1176 small geoactive zones (hereinafter SGA-zones) with dimensions of 1 m, 3 m and 8 m were studied in areas with different geodynamic activity. They were applied to the plan using biolocation and verification of this method on live and dead pine trees. In areas near Perm with increased geodynamic activity, the average distance between SGA-zones ranged from 7.80 ± 0.19 m to 15.00 ± 0.57 m with a normal distribution of distance frequencies with coefficients of variation of 22-37 %. Close values were typical for the distances between trees in mature stands of pine. Therefore, we can talk about the conjugation of the structure of forest stands with some, so far difficult to determine energy indicators in the geological environment of their habitat.

Keywords: geodynamic active zones, the structure of the networks, phytocenosis

Введение

На поселение, размеры, сохранность и долговечность деревьев сосны, ели и кедра на равнине и в горах, а также некоторых многолетних растений в суровом климате в подгольцовом поясе достоверно влияли три типа сетей, образуемых малыми геоактивными зонами (далее МГА-зоны) размером 1.0, 3.0 и 8.0 м [1]. Поэтому именно эти зоны и их структуру мы начали изучать наиболее тщательно.

Так, при сравнении двух территорий в равнинной и горной местности Пермского края [2] с разной геодинамической активностью, определяемой по плотности линейментов, установленной по дешифрированию космических снимков [3, 4] наибольшее уплотнение ячеек наблюдалось в сети из МГА-зон с размером 8.0 м, и этот тип сетей оказался в итоге самым чувствительным к неотектоническим изменениям [1].

При картировании указанных сетей на новых территориях важно знать возможные колебания расстояний между зонами и их направление. Но вначале нужна некая территория, где их можно было бы принять в качестве пока условного стандарта. Цель исследований – определить, какие расстояния между малыми геоактивными зонами наиболее ожидаемы и какова может быть картина структуры сетей, состоящих из этих зон.

Материалы и методы

Изучена территория на правом берегу р. Кама на ее широкой меандре в Кировском районе г. Пермь на двух участках (рис. 1).

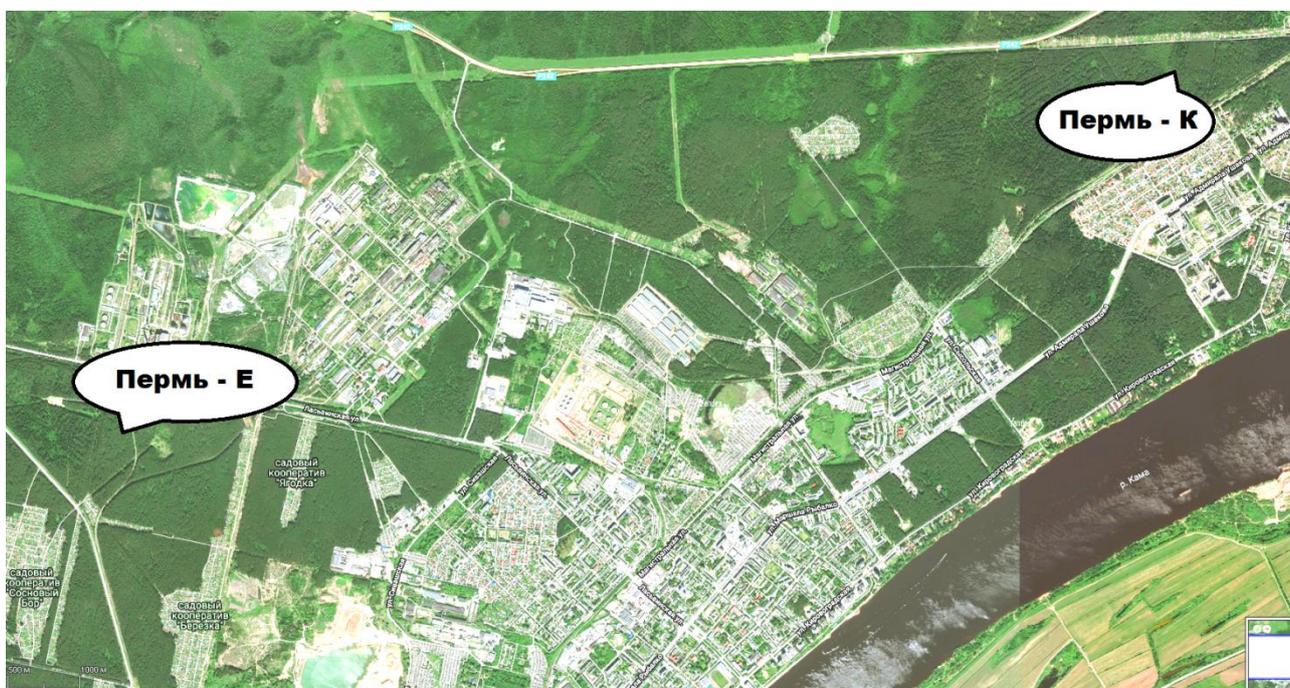


Рис. 1. Участки в естественном сосняке в возрасте 184 лет («Пермь-Е», N 58°00'45'' E 55°52'44'') и в культурах сосны в возрасте 55 лет (участок «Пермь-К», N58°02'13'' E 56°00'24''). Система координат WGS-84

Центры и размерность МГА-зон определяли методом биолокации [1]. До начала работ составили план расположения всех деревьев на участках на площади 2.2 и 1.8 га в масштабе 1:100, и только затем наносили изучаемые зоны, делая привязку их центров к 2-3 ближним деревьям. Результаты проверяли путем фитоиндикации МГА-зон живыми и погибшими деревьями, которые четко реагировали на пояса комфорта и депрессии этих зон. Фитоиндикация позволяла избегать ошибок и нанести на план связи между зонами, далее выстраивать ячейки, а затем и структуру сетей в целом на

участках с точностью $\pm 10-20$ см по отношению к опорным визирам, которые прокладывались через 4-5 м. Относительно центра ближнего дерева центры зон наносили с точностью $\pm 0.5-1.0$ см. За стандарт взяли территорию со спокойной геодинамикой в Ильинском районе с координатами N58°27'28'' E55°50'08'' (участок «Ильинский»). При сравнении показателей использовали известные методы статистического анализа данных. Всего было нанесено на планы 1176 зон и определено 1616 расстояний между ними.

Результаты и обсуждение

Размеры выборок обеспечивали нужную статистическую точность с определением достоверности различия между средними значениями (табл. 1).

Таблица 1

Расстояние между малыми геоактивными зонами в ячейках сетей в Ильинском районе и в двух местах на территории г. Пермь

Типы зон, направление связи и названия участков	Статистические показатели				Различие,		Отношение к Ильинскому участку	
	<i>N</i> , шт.	<i>x</i> , м	$\pm m$, см	<i>CV</i> , %	м	критерий <i>t</i>	средних расстояний	вариации <i>CV</i>
Зоны 1.0 м, север-юг								
Ильинский	58	9,33	0,22	17,7	0,00	0,00	1,00	1,0
Пермь-Е	237	10,34	0,24	35,3	1,02	3,1**	1,11	2,0
Пермь-К	180	10,79	0,28	22,8	1,46	4,1**	1,16	1,3
То же, запад-восток								
Ильинский	32	8,09	0,38	26,9	0,00	0,00	1,00	1,0
Пермь-Е	126	8,82	0,28	36,2	0,73	1,55	1,09	1,3
Пермь-К	97	8,80	0,35	31,1	0,71	1,37	1,09	1,2
Зоны 3.0 м север-юг								
Ильинский	47	10,14	0,22	14,9	0,00	0,00	1,00	1,0
Пермь-Е	223	7,80	0,19	37,0	-2,34	8,0**	0,77	2,5
Пермь-К	242	9,17	0,19	31,6	-0,97	3,3**	0,90	2,1
Зоны 8.0 м, север-юг								
Ильинский	8	20,50	1,3	17,7	0,00	0,00	1,00	1,00
Пермь-Е	89	15,00	0,57	36,2	-5,50	3,9**	0,73	2,0
Пермь-К	89	14,54	0,40	25,9	-5,96	4,4**	0,71	1,5
То же, запад-восток								
Ильинский	13	27,70	2,2	29,2	0,00	0,00	1,00	1,0
Пермь - Е	89	14,73	0,34	22,0	-12,97	5,8**	0,53	0,8
Пермь - К	86	14,01	0,33	21,9	-13,69	6,1**	0,51	0,8

** - различие достоверно при $t_{0,99}$

Анализ данных таблицы показал, что сеть из зон 1.0 м на обеих территориях г. Пермь достоверно увеличила среднее расстояние между зонами на 1.02–1.46 м, с усилением вариации в 1.3–2.0 раза, от 17.7 до 22.8–35.3 %. Ширину цепей этой сети отражает расстояние между зонами в направлении запад-восток, где увеличение в 1.09 раза было недостоверно. То есть эта сеть вытянула ячейки в меридиональном направлении.

Сеть из зон 3.0 м, напротив, сократила расстояние между зонами на 0.97–2.34 м или до 0.77–0.90 в сравнении с Ильинским участком и в ней возросла их вариация в 2.1–2.5 раза. То есть в целом сеть стала более частой.

Сеть из зон 8.0 м на участках г. Пермь также стала более частой и в сравнении с Ильинским участком изменилась наиболее сильно. Ячейки сократились в направлении север-юг до 0.71–0.73, а в направлении запад-восток до 51–0.53. На север вариация расстояний увеличилась в 1.5 и 2 раза, а в направлении на запад снизилась до 0.8 от вариации на Ильинском участке.

В целом на участке «Пермь-Е» все три типа сетей имели повышенную изменчивость расстояний между зонами, превышающую 35%. Картина встречаемости расстояний между зонами была следующей (рис. 2).

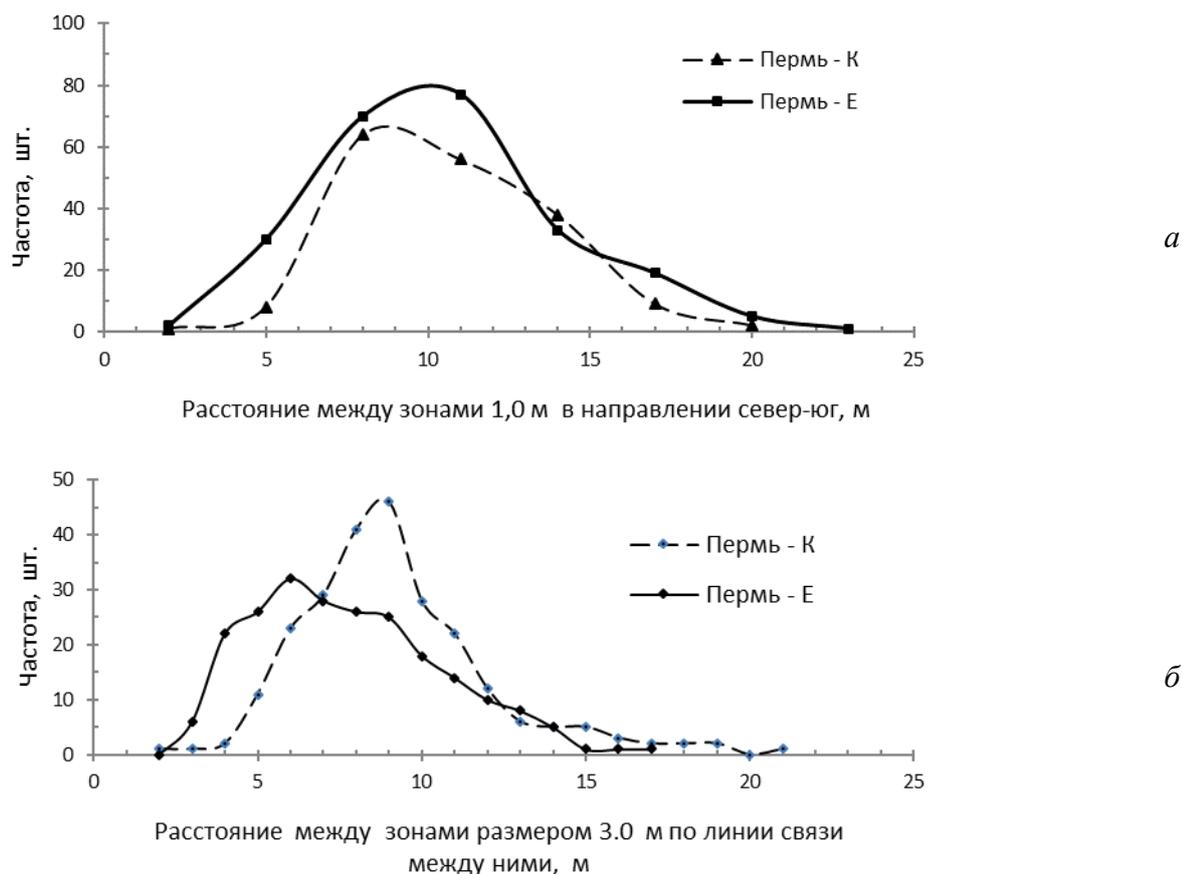


Рис. 2. Частота расстояний между зонами размером 1.0 м (а) и 3.0 м (б) на участках территории г. Пермь

Заметим, что в сети из зон 1.0 м для ряда частот расстояний был использован классовый интервал 3 м, так как при меньшем классом интервале распределение частот теряло плавность. Однако в сети из зон 3.0 м

плавное распределение имеет место уже при интервале расстояний через 1.0 м. В целом все распределения имеют формы кривых, близкие к нормальному распределению частот Гаусса-Лапласа. Поэтому можно полагать, что на участках территорий г. Пермь теоретически можно ожидать в 95 % случаев для зон размером 1.0 м расстояния между ними 4–16 м; при этом в 70% случаев ожидаются расстояния 6–13 м. Для зон размером 3.0 м в 95 % случаев ожидаются расстояния 4–15 м, а наиболее частыми будут расстояния от 4–6 до 9–11 м. Такие же величины были характерны для расстояний между деревьями в древостоях сосны [5] с совпадением и расстояний, и их вариации. Поэтому можно говорить о сопряжении структуры насаждений с физическими (точнее, с энергетическими) показателями среды их обитания.

В сети из зон размером 8.0 м расстояния по линиям связи между ними были почти в 2 раза больше, а по направлениям север-юг и запад-восток оказались близкими (см. табл.). Поэтому для составления ряда частот их представили в объединенных выборках (рис. 3).

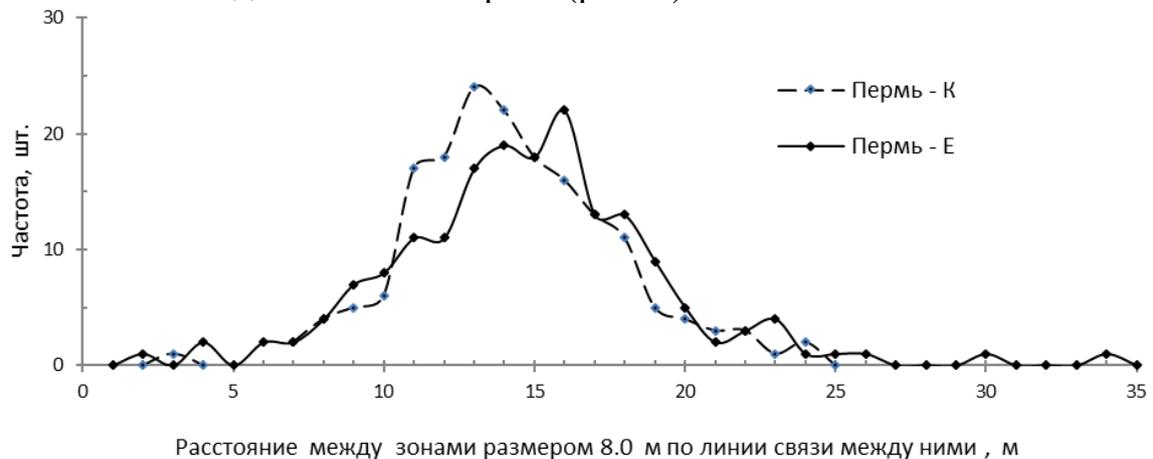


Рис. 3. Частоты расстояний между зонами размером 8.0 м на участках территории г. Пермь

В этой сети расстояния распределены также по нормальному закону, но размах значений выше и «хвосты» длиннее, с наиболее короткими (2–3 м) и с самыми длинными расстояниями (30–34 м), хотя их вариация колеблется в тех же пределах (22–36%), что и в сетях двух предыдущих типов (табл. 1).

На двух участках территории г. Пермь показатели расстояний в изученных типах сетей были практически одинаковы и отличались от Ильинского участка на близких уровнях. Однако если там сети выстраивали ячейки в одном направлении, то на участках г. Пермь картина связей между зонами оказалась более разнообразна (рис. 4).

Так, на участке «Пермь-Е» стороны ячеек двух сетей из зон размером 1.0 м и 8.0 м были рассогласованы в целом примерно на 30°; при этом сеть из зон 1.0 м имеет здесь 19 (!) нарушений структуры, в том числе: изломов в направлении одной из сторон почти на 90° в 9 случаях; сближение соседних цепей и зон менее чем на 1.0 м в 2-х случаях; почти треугольные ячейки в 7 случаях, включая 4 случая с вдавливанием угла внутрь ячейки, например, позиции 9, 11, 17, 19 на рис. 4 слева внизу.

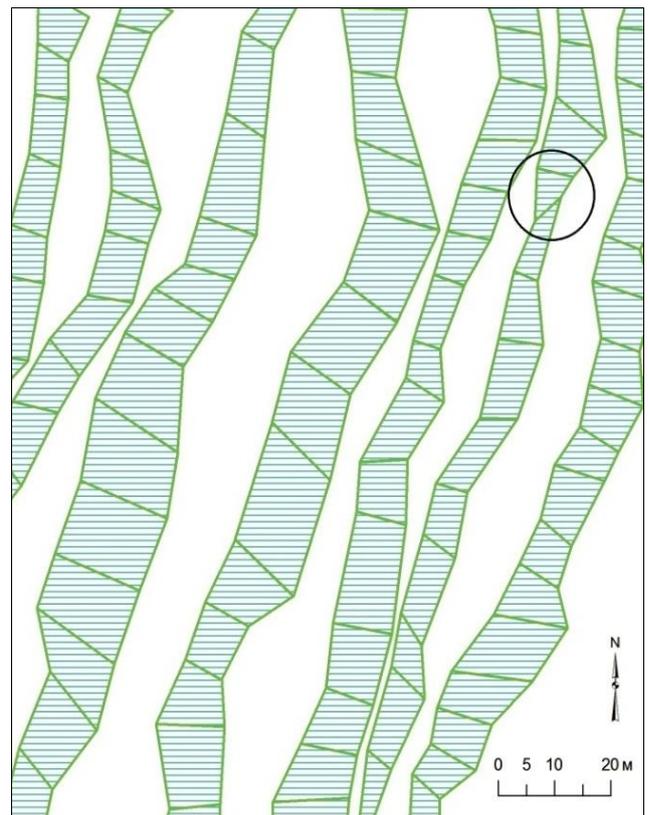
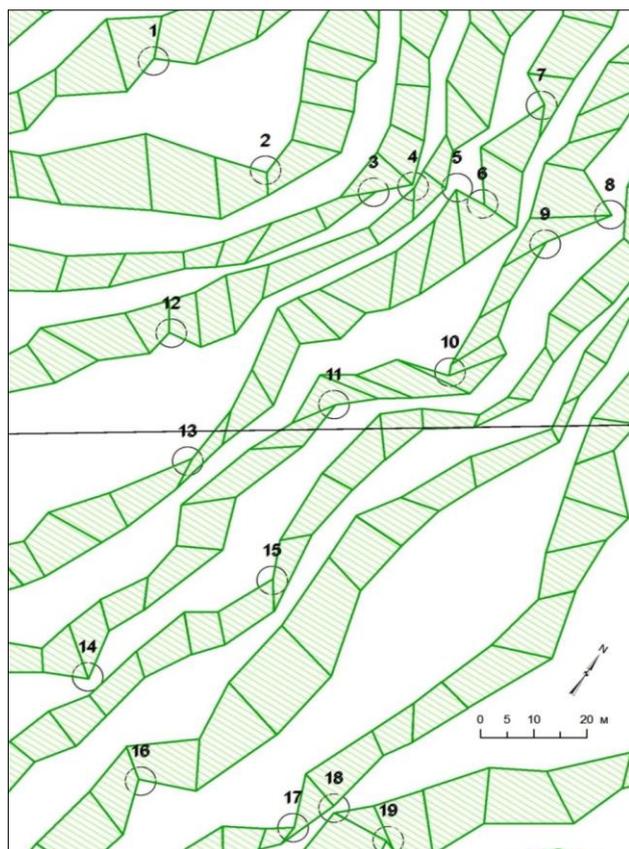
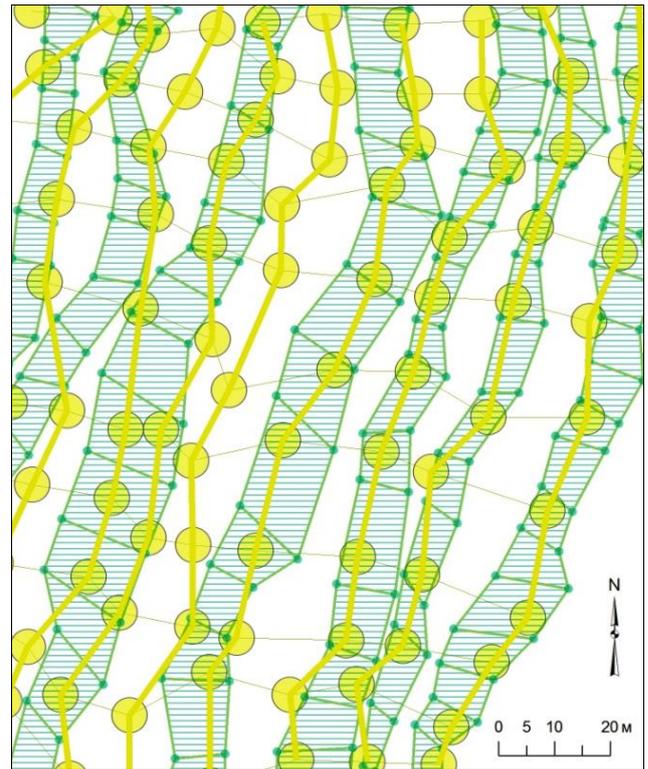
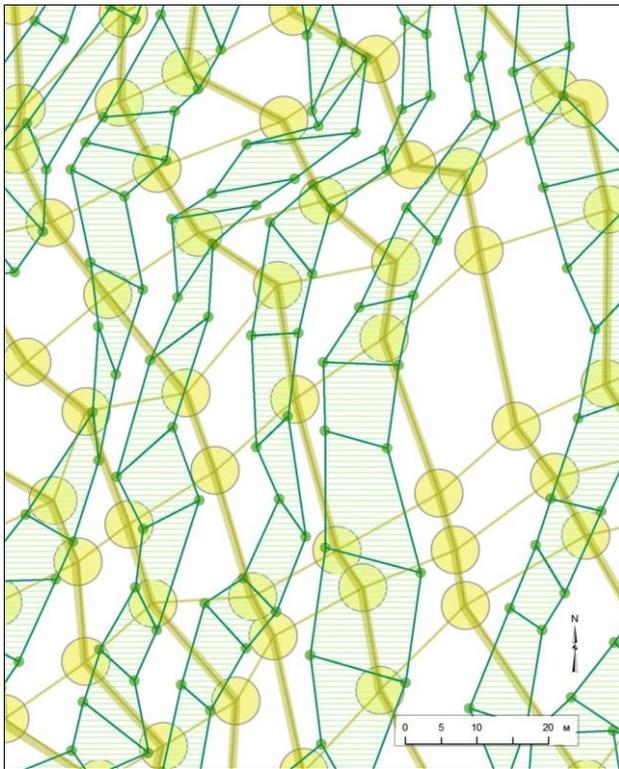


Рис. 4 Сети из малых геоактивных зон размером 1.0 м и 8.0 м на участке «Пермь-Е» (слева) и «Пермь-К» (справа)

Напротив, на участке «Пермь-К» эти сети отличались сопряженностью направлений и квазипараллельностью, а нарушений структуры здесь обнаружено всего одно (обведено овалом на рис. 4 справа). При этом сближение соседних цепей, имеющее место в правом нижнем углу рисунка, не столь значительно, в отличие от предыдущего участка, где сближение двух зон из соседних цепей наблюдалось до расстояния менее 1.0 м.

Оба участка на территории г. Пермь находятся в зонах повышенной геодинамической активности с локальными участками пониженной активности. Вполне возможно, что различия в ориентации сетей МГА-зон обусловлены мозаичной структурой геодинамического поля и влиянием региональных и зональных линеаментов разного генезиса; при этом по долине р. Камы вблизи участка «Пермь-Е» проходит один из крупных региональных тектонических разломов северо-восточного направления, установленный по геофизическим данным, то есть подтвержденный инструментально [2, 3]. С его направлением совпадают стороны ячеек сети из зон размером 8.0 м, ориентированные перпендикулярно к трекам по этим зонам (показаны на рисунке 4 тонкими линиями). Между тем на ориентацию цепей из зон 1.0 м на север здесь могут влиять локальные линеаменты уже другого, меридионального направления.

Сильные отличия были обнаружены и в сетях из зон размером 3.0 м, для которых показаны (без самих зон) соединяющие их полосы в виде треков, проложенных от зоны к зоне по связывающим их линиям (рис. 5).

Во-первых, для этой сети на участке «Пермь-Е» наблюдаются изломы в треках, близкие к 90°, в 12 случаях; во-вторых, в нижней части участка треки идут в целом на север, а в верхней – на северо-восток. В отличие от него, на участке «Пермь-К» структура сети более правильная, а направление треков почти параллельное. Но что особенно отличает этот участок, так это согласованное изменение их направления от почти точно на север до почти точно на запад. Возможно, это может быть вызвано наличием центра какой-то мощной кольцевой тектонической структуры, расположенной вблизи границы участка на северо-западе. При этом стоит отметить особо, что *треки никогда не пересекаются*, идут примерно параллельно, а их направление на север за пределами участка восстанавливается.

Заключение

Структура сетей, образуемых малыми геоактивными зонами размером 1.0, 3.0 и 8.0 м весьма разнообразны и, вероятно, отражают влияние неотектоники того места, где они расположены. На участках вблизи г. Пермь с повышенной геодинамической активностью среднее расстояние между этими зонами колебалось от 7.80 ± 0.19 м до 15.00 ± 0.57 м при нормальном распределении частот расстояний с коэффициентами вариации в пределах 22–37 %. Такие же величины были характерны для расстояний между деревьями в спелых древостоях сосны. Поэтому можно говорить о сопряжении структуры насаждений с некими, пока трудно определяемыми энергетическими показателями геологической среды их обитания. Для выяснения ее влияния

нужно детально изучить геоморфологию и геофизику территорий, где проводятся исследования малых геоактивных зон, в сильнейшей степени влияющих на структуру и устойчивость растительных сообществ.

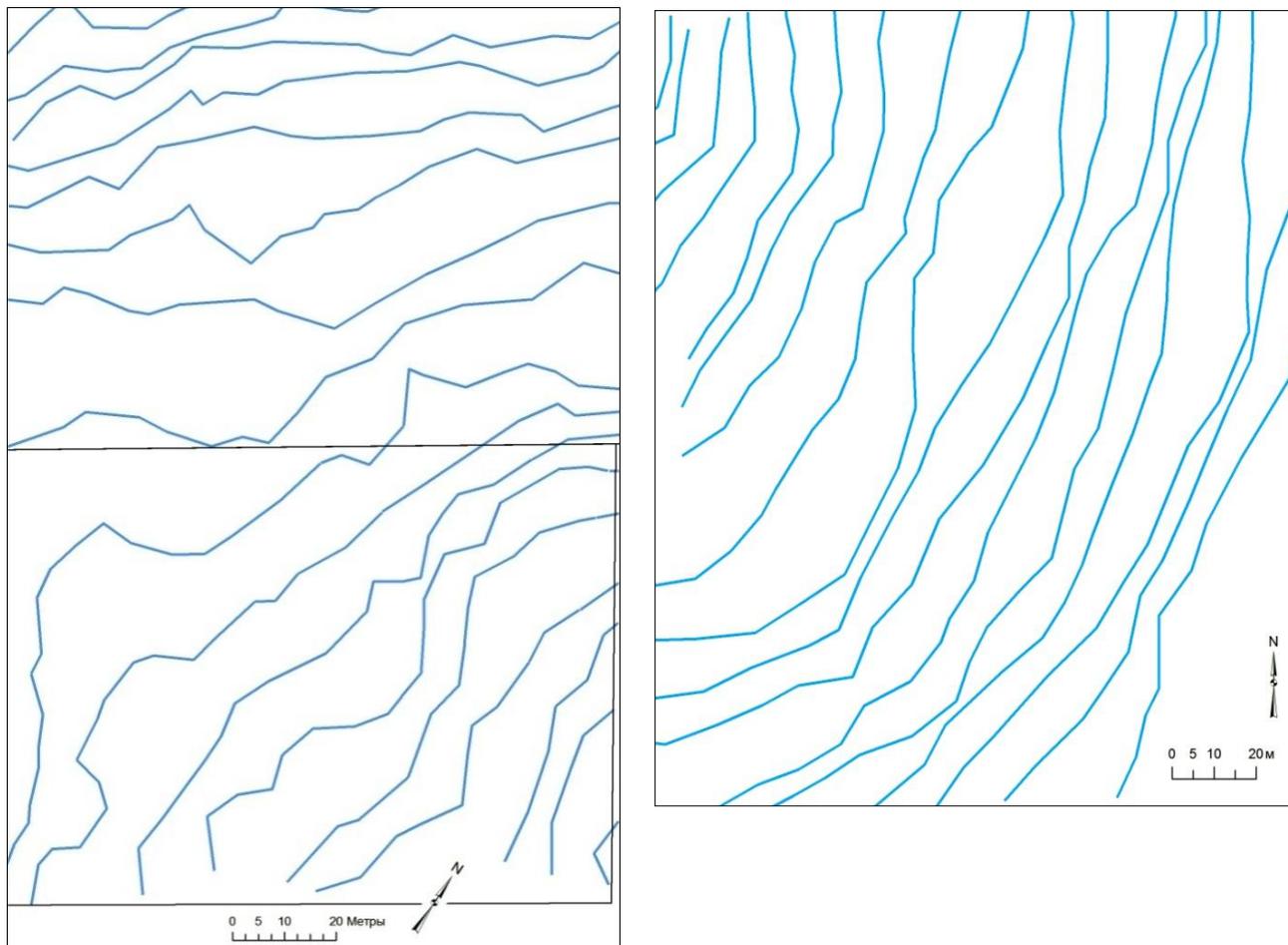


Рис. 4. Треки, соединяющие малые геоактивные зоны размером 3.0 м на участках «Пермь-Е» (слева) и «Пермь-К» (справа).

Библиографический список

1. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я. Лесные экосистемы и факторы неотектоники: монография Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2020. 249 с.
2. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 223–227.
3. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
4. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.
5. Рогозин М.В. Структура древостоев: конкуренция или партнерство? [Электронный ресурс]. Пермь: ПГНИУ, 2019. 223 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ Г. СОЛИКАМСКА)

Проведен региональный аэрокосмогеологический анализ в центральной части территории Верхнекамского месторождения калийных солей. Изучены природные и геологические условия района. Проведено дешифрирование космических снимков и линеаментно-геодинамический анализ. Выявлено 327 линеаментов и 12 дугообразных структур, описана методика проведения работ. Построена карта плотностей линеаментов.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаменты, дугообразные структуры, Верхнекамское месторождение калийных солей

T.V. Fedorov

Perm State University, Perm, Russia

REGIONAL AEROSMOGEOLOGICAL ANALYSIS IN THE CENTRAL PART OF THE VERKHNKAMSKY POTASSIUM SALT DEPOSIT (EASTERN PART OF SOLIKAMSK)

A regional aerospace geological analysis in the central part of the territory of the Verkhnekamskoe potassium salt deposit was carried out. The natural and geological conditions of the region have been studied. Interpretation of space images and lineament-geodynamic analysis were carried out. 327 lineaments and 12 arcuate structures were identified, the method of work was described. A map of lineament densities has been built.

Key words: aerospace research, interpretation, lineaments, arcuate structures, Verkhnekamskoe potassium salt deposit.

Введение

Аэрокосмические методы в настоящее время занимают одно из ведущих мест среди способов, используемых при поисках и разведки месторождений полезных ископаемых. Применение их в геологии основано на существовании тесной связи между геологическим строением, с одной стороны, и рельефом, гидрографической сетью, почвенно-растительным покровом и другими особенностями земной поверхности – с другой. Изучение этих особенностей визуально или по снимкам путем их дешифрирования, позволяет установить многие особенности геологического строения района, не обнаруживаемые традиционными методами геологических исследований, и имеет важное научное и практическое значение. Также эти методы помогают в изучении мало исследованных и труднодоступных районах, дают возможность получить информацию с высокой степенью достоверности и оперативности [1-6].

Объектом исследований является Верхнекамский солеродный бассейн и Верхнекамское месторождение калийных солей (ВКМКС). Западной границей района работ является зона Красноуфимского глубинного разлома (долгота п. Турлавы), восточной границей – зона первых региональных надвигов (долгота п. Яйва), южной границей – контур развития калийных солей (широта п. Никулинская База). Северная граница проводится по широте п. Жуланово.

Территория хорошо изучена геолого-геофизическими методами и изучалась различными методами и масштабами аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) [3, 6, 8, 9, 21, 22, 24, 25, 27-32]. Однако данные АКГИ более 10-20 летней давности, поэтому – **целью** данной работы является современный аэрокосмогеологический анализ в центральной части территории ВКМКС (восточная часть г. Соликамска) для уточнения геологического и тектонического строения и сопоставление результатов дешифрирования с материалами предшественников.

Геолого-структурные условия

Верхнекамское месторождение солей находится в северной части Пермского края, главным образом на левобережье р. Камы (рис. 1). В административном отношении оно находится в Чердынском, Красновишерском, Соликамском, Усольском и Добрянском районах, а также на территориях, подчиненных городам Березники и Александровску.

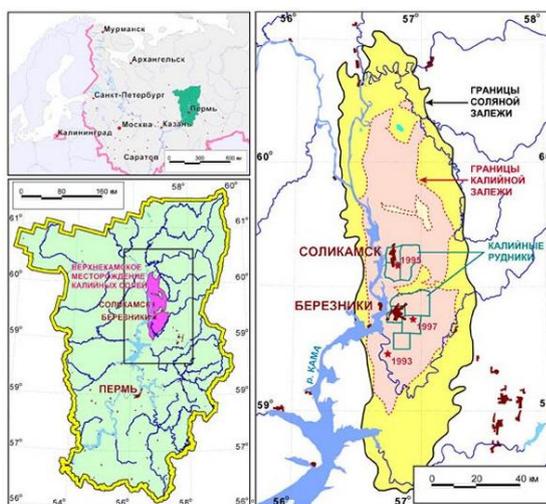
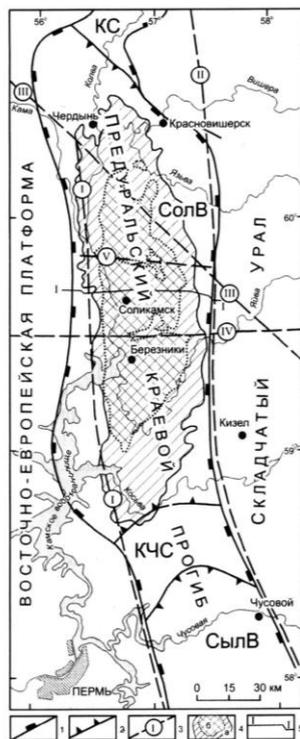


Рис. 1. Карта Верхнекамского месторождения калийных солей [21, 32]

В тектоническом отношении территория приурочена к Соликамской впадине Предуральского краевого прогиба, которая представляет собой меридионально вытянутую структуру протяженностью около 240 км и шириной до 70-75 км. С севера она ограничена Колвинской седловиной (КС), которая выделяется по выходам артинских и более древних отложений среди кунгурских. Ограничивающая впадину на юге Косьвинско-Чусовская седловина (КЧС) отличается повышенным уровнем залегания кунгурских и артинских отложений [17, 25].

На рассматриваемой территории по А.И. Кудряшову (2001) выделяется пять региональных разломов: Красноуфимский (I) и Западно-Уральский (II) – субмеридиональные, Предтима́нский (III) – северо-западного прости́рания, Дури́нский (IV) и Борови́цкий (V) – субширотные (рис. 2).



- 1 - границы Предуральского краевого прогиба;
- 2 - границы седловин и впадин (КС - Колвинская седловина, СолВ - Соликамская впадина, КЧС - Косвинско-Чусовская седловина, СылВ - Сылвенская впадина);
- 3 - региональные разломы: Красноуфимский (I), Западно-Уральский (II), Предтима́нский (III), Дури́нский (IV), Борови́цкий (V);
- 4 - площади распространения соляной толщи (а) и калийной залежи ВКМКС (б)

Рис. 2. Структурно-тектоническое положение Соликамской впадины [25, 26, 29]

Методика и результаты исследований

Основными направлениями геологических исследований (при изучении и уточнении геологических границ крупных геологических структур, тектоники и геодинамики территории) с помощью АКГИ являются: анализ распределения и характера тектонических линеаментов разных рангов; выделение дугообразных структур, оценка геодинамической активности. Основным методом дешифрирования является структурное дешифрирование, основным видом анализа является линеаментно-геодинамический анализ [1, 10-16, 20].

АКГИ ВКМКС проводились в следующей последовательности:

- анализ геологической и аэрокосмогеологической изученности района исследования (тополисты О-40- 6, 7, 18, 19, 30, 31, Р-40-137-138, Р-40-139-140, масштаб 1:100 000);

- подбор цифровых космоснимков изучаемой территории с помощью программы SASPlanet и Яндекс-карта в растровом виде;

- проведение компьютерного дешифрирования с помощью программы ArcGIS с выделением основных линеаментов и кольцевых структур при масштабах 1:500 000-1:50 000; анализ и построение карты плотностей линеаментов;

- сопоставление результатов дешифрирования и обработки данных с результатами предшественников.

Проведено разномасштабное дешифрирование современных космических снимков Landsat-8) в масштабе 1:500 000 (на всей территории ВКМКС) и в масштабе 50 000 (восточная часть г. Соликамск), на которых выделялись линейные структуры, отождествляемые с тектоническими нарушениями осадочного чехла.

В результате дешифрирования различных масштабов было выделено 327 линеаментов, которые разделены на ранги (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1

Результаты дешифрирования линеаментов

Ранг линеаментов	Протяженность линеаментов, км	Количество линеаментов, шт
Локальные	более 15 км	5
Короткие 1 порядка	5-15 км	74
Короткие 2 порядка	менее 5 км	248

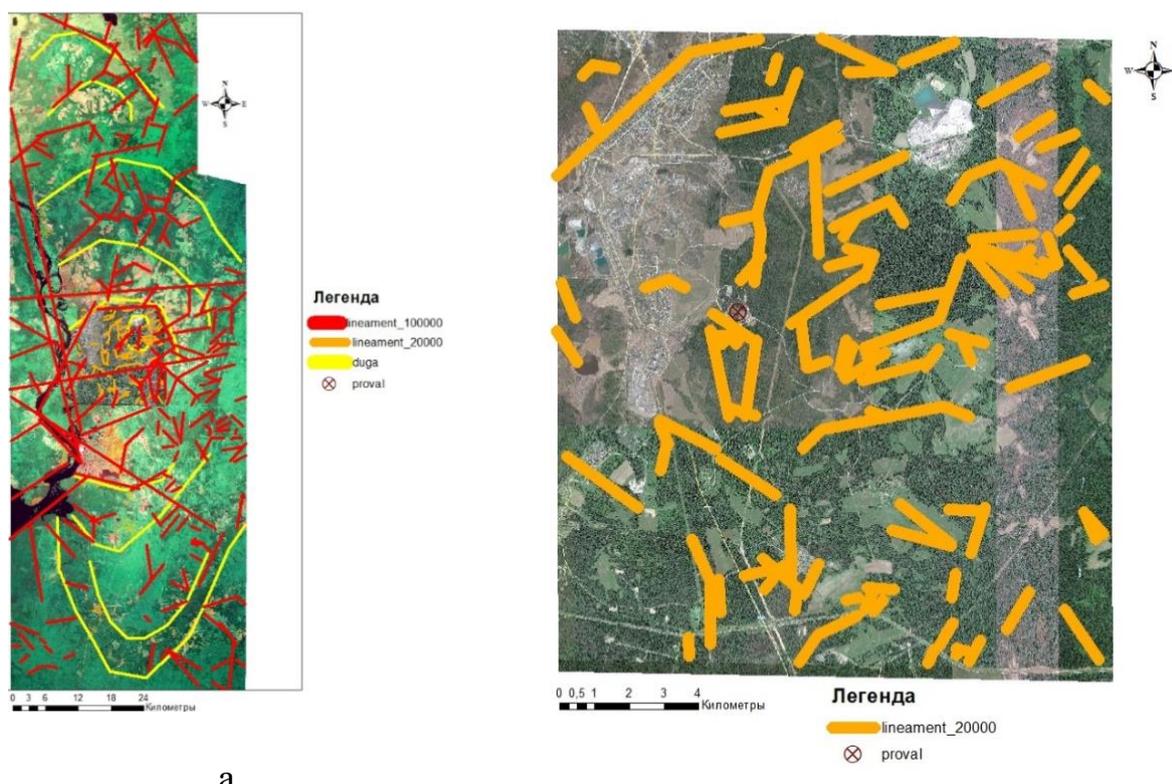


Рис. 3. Результаты дешифрирования линеаментов и дуговых структур (а – общий снимок территории ВКМКС, М. 1:500 000; б – восточная часть г. Соликамск, М. 1:50 000)

По результатам дешифрирования космоснимков было выделено 12 дуговых структур, отражающие вероятно глубинные структуры, в основном они смещаются к центру ВКМКС. Данные структуры, были отмечены в предыдущих работах [4, 19].

При обработке данных была построена карта плотности линеаментов. Наиболее повышенная плотность линеаментов отмечается в центральной части изученного участка ВКМКС (рис. 4).

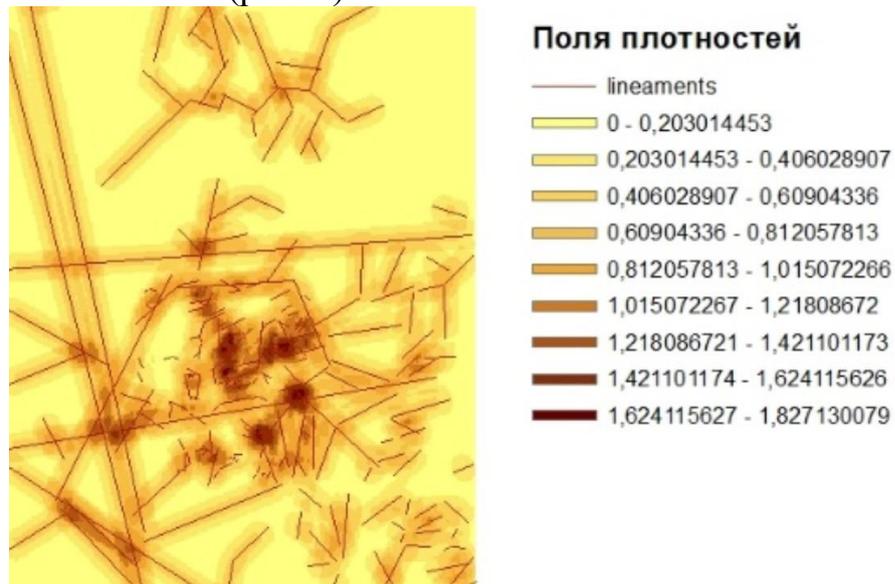


Рис. 4. Поле плотности линеаментов в центральной части ВКМКС

Проведено сопоставление результатов дешифрирования и обработки данных с результатами предшественников (рис. 5).

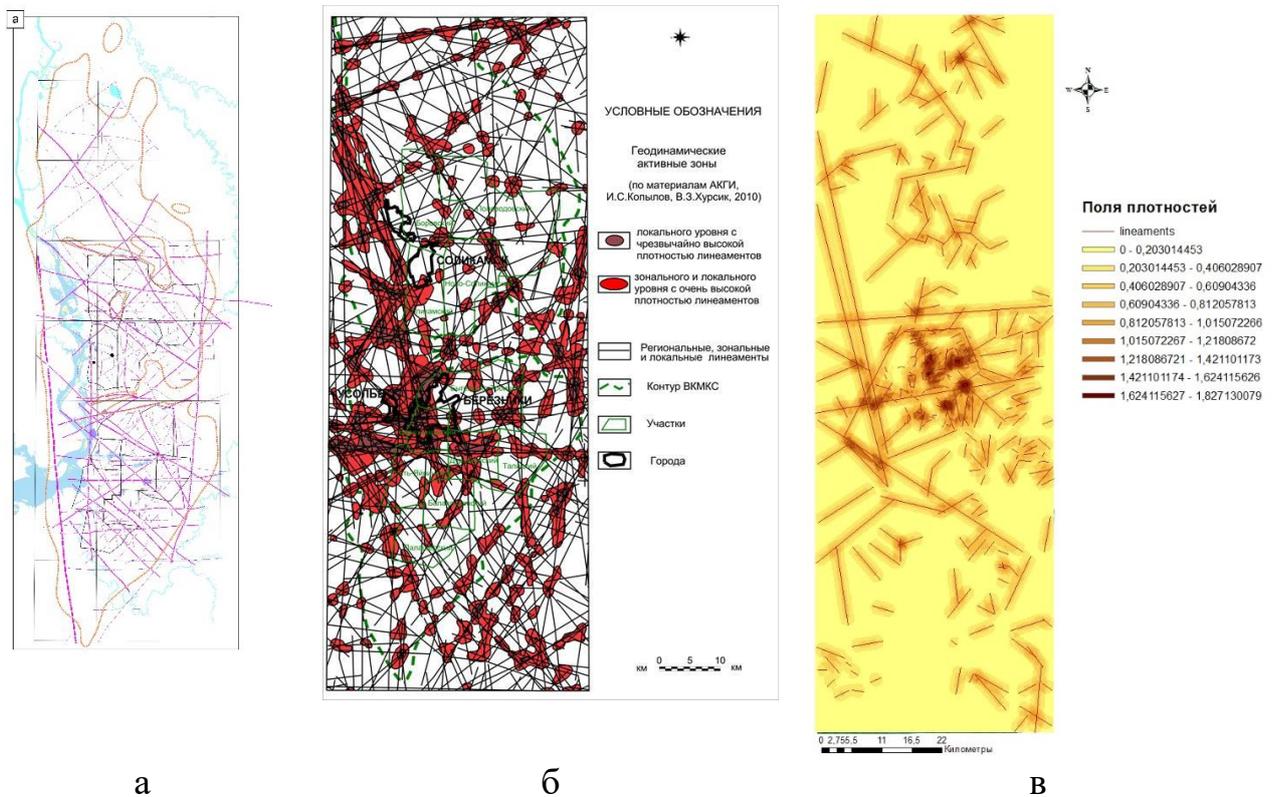


Рис. 5. Сравнительный анализ зон разрывных и складчато-разрывных дислокаций на ВКМКС (а – по А.И.Кудряшову и др. [26], б – по И.С.Копылову [4, 17], в – по автору)

Проводя сравнительные анализы карты зон разрывных и складчато-разрывных дислокаций, выявленных по результатам обобщения и оценки данных предшествующих структурно-тектонических исследований, выполненных на ВКМКС [4, 17, 18, 25, 26-32], участки с высокой плотностью выделенных линеаментов совпали с разрывными нарушениями. Поля плотности линеаментов имеют нарастающий характер от периферии к центру, где отмечаются высокая плотность линеаментов, то есть большое количество разрывных нарушений.

Отмечена сходимостъ расположения основных линеаментов со многими трещинно-разрывными дислокациями. Данные наблюдения имеют важное значение для инженерно-геологической оценки, поскольку участки с повышенными значениями плотности линеаментов, отражающих тектоническую трещиноватость являются неблагоприятными для любых видов строительства [7, 20, 23]. С ними связаны все существующие провалы на ВКМКС. Результаты проведенных АКГИ свидетельствуют о том, что аэрокосмические методы дают возможность выделить предполагаемые структурно-тектонические дислокации и участки возможных новых провалов на площади с поверхности.

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.*
2. Ковин О.Н., Копылов И.С., Коноплев А.В. Прогнозирование геодинамической опасности на месторождениях калийных солей и рудниках на основе аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 48-51.*
3. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.*
4. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.*
5. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2011. № 11. С. 165-167.*
6. Копылов И.С. *Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края. Пермь, 2021. 501 с.*
7. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.*
8. Копылов И.С. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Beau Bassin, Mauritius: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 210 с.*
9. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
10. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // *Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 38-43.*
11. Копылов И.С. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Пермь, 2019. 131 с.*
12. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.*

13. Копылов И.С. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // В сборнике: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей: материалы конференции. 2015. С. 189-193.
14. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 152 с.
15. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.
16. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
17. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
18. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1.
19. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // Геоинформатика. 2013. № 2. С. 20-23.
20. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 63-76.
21. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламин Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.
22. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламин Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 102-112.
23. Копылов И.С., Ковин О.Н., Голдырев В.В., Малеев Э.Е., Брюхов В.Н. Основные факторы горно-геологического и экологического рисков на территории Верхнекамского месторождения калийных солей // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2021. С. 268-289.
24. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.
25. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь: ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
26. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер Флаасс Г.С. и др., Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И. Кудряшова. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. 194 с.
27. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэро- космогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2005. № 5-6. С. 76-77
28. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2005. № 1. С. 75.
29. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магневых солей / под редакцией Н.М. Джиноридзе. СПб-Соликамск: ОГУП Соликамск, типография, 2000. 400 с.
30. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 3. С. 85-90.
31. Чайковский И.И., Калинина Т.А., Коротченкова О.В., Тектонические и эпигенетические процессы в надсолевой толще Верхнекамского месторождения // Литосфера, 2015. № 5.
32. https://ru.wikipedia.org/wiki/Верхнекамское_месторождение_калийно-магневых_солей.

Е.М. Шемякина^{1,2}, К.А. Воробьев^{1,3}

¹Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Высшая техническая школа Георга Агрикола, Бохум, Германия

kirill.vorobyev@stud.thga.de

КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье представлены данные по обнаружению и мониторингу разливов нефти в арктических регионах с использованием космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Показан состав интегрированной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций в районах разработки месторождений углеводородов на арктическом шельфе и включенной в нее информационно-аналитической подсистемы в качестве структурного элемента, обеспечивающего сбор, обработку, хранение, передачу и анализ полученных данных. В работе показаны результаты дистанционных и контактных измерений, а также изложены проблемы и перспективы использования спутникового мониторинга арктических морей.

Ключевые слова: арктические регионы, геоэкология, дистанционное зондирование, космический мониторинг, радиолокаторы, синтезированная апертура, Баренцево море, разливы нефти.

Е.М. Shemyakina^{1,2}, К.А. Vorobyev^{1,3}

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Russia

³Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Germany

SPACE MONITORING OF THE GEOECOLOGICAL CONDITION OF THE OIL AND GAS FIELDS UNDER DEVELOPMENT TERRITORY IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article presents data on the detection and monitoring of oil spills in the Arctic regions using spacecraft for remote sensing of the Earth. The composition of an integrated system for monitoring emergencies in areas of development of hydrocarbon deposits on the Arctic shelf and the information and analytical subsystem included in it as a structural element providing collection, processing, storage, transmission and analysis of the data is shown. The paper shows the results of remote and contact measurements, as well as outlines the problems and prospects of using satellite monitoring of the Arctic seas.

Key words: arctic regions, geoecology, remote sensing, space monitoring, radars, synthetic aperture, Barents Sea, oil spills.

Экологически значимой особенностью Арктических регионов, наряду с их огромным природно-ресурсным потенциалом, являются высокая уязвимость ландшафтов и низкая восстановительная способность природных экосистем. Это требует продуманного, рационального и расчетливого подхода при реализации планов освоения и использования уникальных арктических территорий в ходе хозяйственной деятельности.

Арктический регион России отличается экстремальными природно-климатическими условиями - его бóльшая часть занята тундрой, арктической пустыней, которые малопригодны для комфортного проживания человека. Несмотря на это, именно здесь производится продукция, составляющая 11% национального дохода (при доле населения, равной 1%) и 22 % экспорта.

В ближайшие годы эти показатели значительно увеличатся в связи с тем, что «центр тяжести» нефтяной и газовой добычи России будет смещаться на шельф арктических морей [1].

Экологические проблемы освоения шельфа Арктики, в первую очередь связаны с аварийными разливами нефти. Для того чтобы считать шельфовые проекты в Арктике безопасными, необходимо иметь эффективные технологии мониторинга и ликвидации разливов нефти в арктических ледовых условиях.

Обнаружение и мониторинг разливов нефти являются ключевыми факторами при рассмотрении вопросов эффективного выделения ресурсов на ликвидацию аварийного разлива нефти и его последствий. Информация по результатам фиксации и мониторинга местоположения нефти определяет цели и задачи для применения технологий нивелирования разливов нефти.

В настоящее время общепризнано, что космическая радиолокация является эффективным средством дистанционного зондирования Земли для обнаружения разливов нефти.

Важно отметить, что использование радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА), формирующих радиолокационные (РЛ) изображения (РЛИ) поверхности моря, является одним из наилучших решений [2, 11].

Широкое применение данных космической радиолокации началось с 1991 г. с запуском европейского спутника ERS-1 (1991-2000 гг.) с РСА на борту. Его эстафету подхватили спутники ERS-2 (1995-2010 гг.), Radarsat-1 (1995-2013 гг.), Envisat (2002-2012 гг.), ALOS (2006-2011 гг.), Radarsat-2 (2007 г. – настоящее время), ALOS-2 и Sentinel-1A (оба запущены в 2014 г.) и др. [5]

Баренцево море – окраинное море Северного Ледовитого океана площадью 1424 тыс. км², расположено на континентальном шельфе и относительно мелководно. Водами его омываются берега России, Норвегии, ограничено северным побережьем Европы, архипелагами Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. Из-за влияния Североатлантического течения юго-западная часть моря зимой не замерзает.

В отличие от нее юго-восточная часть моря – Печорское море практически каждый год покрывается льдами [4]. Баренцево море имеет большое значение для транспорта и рыболовства, здесь расположены крупные порты – Мурманск (РФ) и Вардё (Норвегия).

Нефтяные разливы в море – наиболее сложные и динамичные явления [6]. Каждый разлив по-своему уникален и неповторим из-за практически бесконечного набора конкретных природных и антропогенных факторов, обуславливающих его поведение в данном месте и в данное время.

Распространение и выветривание нефти в зимнее время затруднены, главным образом, из-за присутствия льда и низких температур. Низкая температура окружающей среды приводит к тому, что нефть теряет текучесть и ее дальнейшее распространение прекращается.

Разливы нефти на льду и под ним обычно не могут перемещаться независимо от него, они остаются недалеко от зоны первоначального разлива, а в случае дрейфа льдов нефть будет перемещаться вместе с ними.

Пятна нефти, нефтепродуктов и прочих пленочных загрязнений уменьшают обратное рассеяние на морской поверхности, подавляя мелкомасштабные гравитационные капиллярные волны (ГКВ), и регистрируются на РЛИ в виде темных областей различной формы и размеров.

Различия в интенсивности РЛ-сигнала, рассеянного в области нефтяного пятна, и на поверхности чистой воды позволяют выявлять пленочные загрязнения [11].

С одной стороны, благодаря этому обнаружение разливов на поверхности моря с использованием радиолокации и различных приемов обработки изображений не составляют труда.

С другой стороны, области сглаживания ГКВ, создаваемые маслянистыми пленками (нефть, жир, масло), а также аэрогидродинамическим воздействием на морскую поверхность (слабый ветер или сильные течения), создают на РЛИ похожие сигнатуры, которые могут быть неверно трактованы при анализе.

Среди нефтяных загрязнений моря можно выделить три основных класса, которые в настоящее время необходимо обнаруживать и идентифицировать дистанционно:

- пятна сырой нефти и тяжелых нефтепродуктов, возникающие в результате аварийных ситуаций с платформами, танкерами, нефтепроводами и другими объектами ТЭКа;
- судовые разливы – образующиеся в результате сброса широкого класса жидких отходов, содержащих разнообразные нефтепродукты;
- пленки грифонной нефти естественного происхождения (в местах грифонной активности).

Пятна выглаживания и слики¹ на РЛИ одноканальных РСА, образованные различными явлениями в океане и атмосфере, могут быть различены в результате использования различных методов обработки и анализа [2, 11] и дополнительного набора данных/измерений, однако пятна могут значительно изменяться в зависимости от конкретных условий среды (скорости ветра,

¹ Слики (от англ slick - гладкий, блестящий) - это гладкие зеркальные полосы или пятна на поверхности океанов, морей или внутренних водоемов, которые имеют на радиолокационных изображениях практически черный цвет.

поверхностных течений и проч.). В случае использования РСА с одним поляризационным каналом автоматическое распознавание практически невозможно, однако многоканальные (поляриметрические) РСА помогают найти решение этой проблемы.

Основной ценностью космических РСА в арктических приложениях, как раньше, так и в настоящее время, считается способность контролировать изменяющуюся ледовую обстановку в районе бедствия и непосредственной близости от него. Это обстоятельство позволяет получить ценную информацию, например, для планирования операций по ликвидации аварийных разливов [7].

В работах Иванова А.Ю. были исследованы возможности космической радиолокации на примере мониторинга места установки платформы ПА-Б на северо-востоке шельфа острова Сахалин в Охотском море [3, 10]. В них впервые в отечественной практике был реализован комплексный подход к этой проблеме и предпринята попытка восстановления параметров морской среды (с использованием только данных ДЗЗ), необходимых для нужд потребителей. Было показано, что космическую РЛ-съемку высокого разрешения и широкого обзора, как оперативную и всепогодную, целесообразно применять для наблюдения и исследования различных процессов и явлений, происходящих в северных и арктических морях, а также применять для слежения за положением и перемещением судов. РСА-съемка может стать основным и даже единственным и самодостаточным источником информации при обеспечении работ нефтегазового комплекса на обширных акваториях арктических морей [3, 10].

Главная проблема спутникового мониторинга арктических морей состоит в сложности однозначного обнаружения и/или адекватной идентификации пятен нефти и нефтепродуктов в тех случаях, когда имеется ледяной покров. Спутниковые методы могут эффективно применяться только в тех случаях, когда нефть находится на поверхности или воды, или льда. Альтернативой спутниковым методам может стать патрулирование акваторий самолетами, оборудованными РСА, РЛСБО (радиолокационная станция бокового обзора), ИК- и УФ-сканерами и флуоресцентными лидарами [9]. Однако такой сервис достаточно дорогостоящ и не всегда эффективен.

Так, эксперименты с искусственными разливами, проведенные в водах Шпицбергена, показали, что существующие самолетные датчики ДЗЗ легко позволяют обнаруживать даже небольшие нефтяные пятна в условиях открытой воды, однако вероятность обнаружения существенно падает с повышением концентрации льда. В условиях сплоченного льда дистанционное обнаружение пятен нефти с самолетов затруднено или невозможно [8].

Космическую РЛ-съемку высокого разрешения и широкого обзора, как наиболее оперативную и всепогодную, целесообразно применять в полярных регионах для наблюдения и исследования различных явлений и процессов в океане, нефтяных загрязнений и морских льдов. Она может стать основным источником информации при обеспечении работ нефтегазового комплекса на

шельфах северных и арктических морей, позволяя получить информацию о гидрометеорологических условиях, ледовой и навигационной обстановке, нефтяных загрязнениях и естественных нефтепроявлениях.

Применение современных технологий обработки аэрокосмической информации позволяет повысить эффективность мониторинга и минимизировать негативное воздействие объектов нефтегазовой отрасли на окружающую среду. Таким образом, использование космических средств дистанционного зондирования Земли перспективно для организации экологического мониторинга нефтегазоносных районов Арктики, характеризующихся труднодоступностью и тяжелыми погодными условиями.

Библиографический список

1. Большагин А.Ю., Вяльшев А.И., Добров В.М., Долгов А.А., Зиновьев С.В., Олтян И.Ю. Комплексный мониторинг неотъемлемая часть безопасности Арктической зоны Российской Федерации // *Арктика: экология и экономика* № 1 (13), 2014. С. 38-47.
2. Иванов А.Ю. Снимки и пленочные образования на космических радиолокационных изображениях // *Исследование Земли из космоса*, 2007, №3. С. 73-96.
3. Иванов А.Ю. О восстановлении параметров морской среды по данным космических РСА / *Исследования Земли из космоса*. 2010, №3. С. 77-92.
4. Зонн И., Костяной А. Баренцево море. *Энциклопедия*, 2011. 272 с.
5. Копылов В.Н. *Космический мониторинг окружающей среды*. 2008. 216 с.
6. Щерба В.А., Воробьев К.А., Алеуметова Д. *Экологическая безопасность и мониторинг при освоении месторождений углеводородов на Арктическом шельфе* // В сборнике: «*Экология и нефтегазовый комплекс*»: Материалы Международной научно-практической конференции. Атырау. 2018. С. 66-70.
7. Щерба В.А., Воробьев К.А., Лайпанов Р.Т. *Антропогенное воздействие на окружающую среду при освоении месторождений нефти и газа на Арктическом шельфе* // В сборнике: *ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр*: Материалы семнадцатой Международной научно-практической конференции. Актау. 2018. С. 35-38.
8. Dickins D.F., Andersen J.H.S. *Remote sensing technology. Review and Screening*. 2009.
9. Fingas M., Brown C. *Review of oil spill remote sensing*. 2014, Vol-8, №1.
10. Ivanov A.Yu. *Application of SAR for monitoring of activity and environmental parameters during oil platform installation. Int. J. Rem. sensing* 2010, Vol. 31, №17-18. P. 4835-4851.
11. Solberg A.H.S., Brekke C. *Oil detection in Northern European waters: Approaches and algorithms. In: Remote Sensing of the European Seas*, 2008.

Научное издание

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ

Сборник научных статей

Выпуск 3

Под общей редакцией *И. С. Копылова*

Издается в авторской редакции
Техническая подготовка материалов: *И. С. Копылов*

Объем данных 36 Мб
Подписано к использованию 27.12.2021

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15