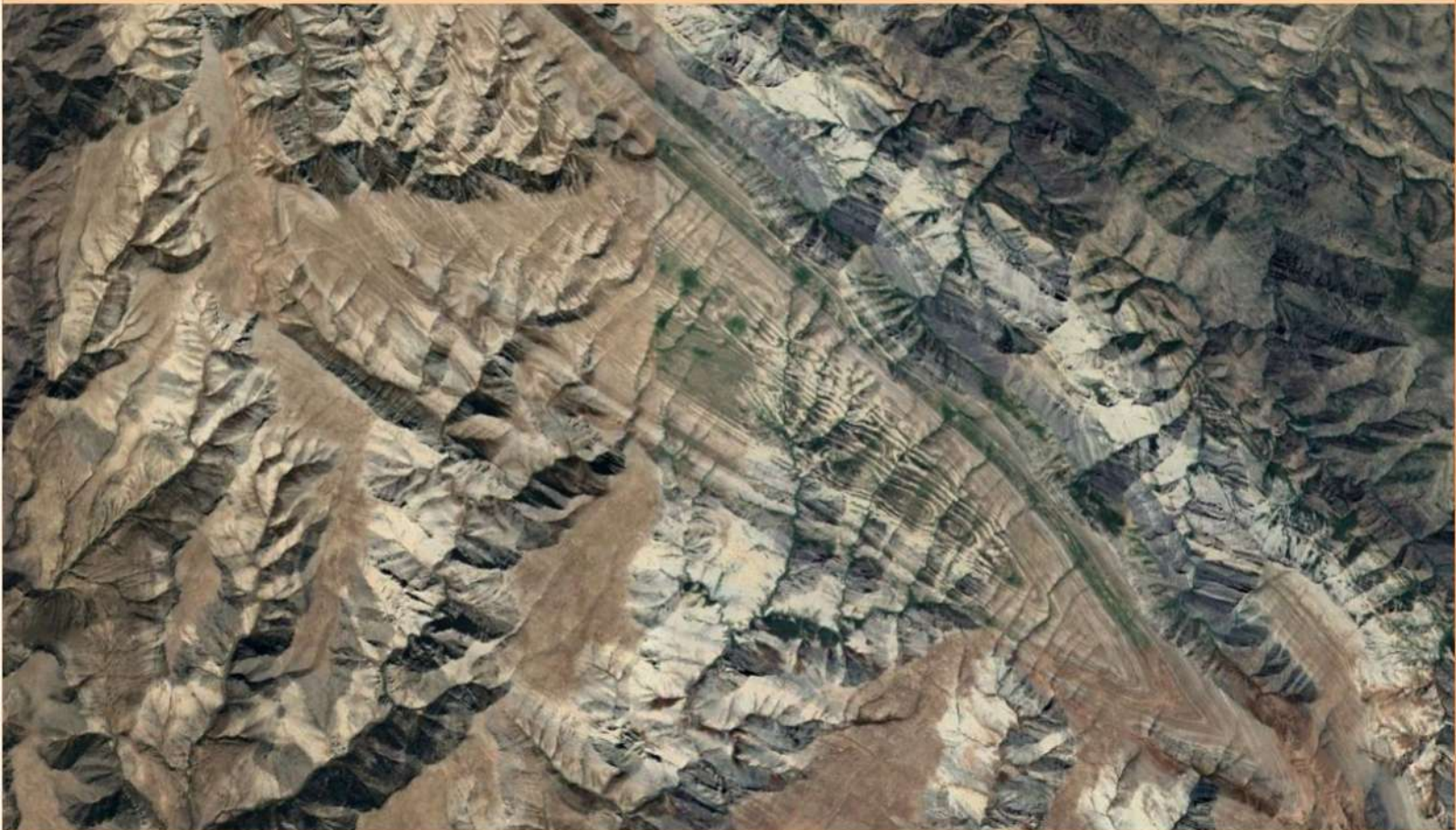




АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ

AEROSPACE METHODS IN GEOLOGY



Пермь 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ

Сборник научных статей

Выпуск 2

Под общей редакцией И. С. Копылова



Пермь 2020

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION RUSSIAN FEDERATION
PERM STATE UNIVERSITY

AEROSPACE METHODS IN GEOLOGY

Series of scientific article

(issue 2)

Dr. I.S. Kopylov (editor)



Perm 2020

УДК 528.8+550.8

ББК 26.3

A992

Аэрокосмические методы в геологии [Электронный ресурс] :
A992 сборник научных статей / под общей редакцией И. С. Копылова ;
Пермский государственный национальный исследовательский
университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 31,5 Мб ;
320 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/aerokosmicheskie-metody-v-geologii-2020.pdf>. – Заглавие
с экрана.

ISBN 978-5-7944-3340-1

ISBN 978-5-7944-3551-1 (вып. 2)

Сборник содержит статьи по материалам II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Аэрокосмические методы в геологии», состоявшейся 3-4 декабря 2019 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.

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, к.г.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 978-5-7944-3551-1 (вып. 2)

© ПГНИУ, 2020

UDC 528.8+550.8
LBC 26.3
A23

Aerospace methods in geology : Series of scientific article /
A23 Ed. I.S. Kopylov ; Perm State University. – Perm, 2020. – 320 p.

ISBN 978-5-7944-3340-1
ISBN 978-5-7944-3551-1 (issue 2)

An issue of Series of scientific articles on Materials of I International scientific and practical conference "Aerospace Methods in Geology", held on December 3-4, 2019 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, geocological, 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,
Cand. 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 978-5-7944-3551-1 (issue 2)

© Perm State University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА	13
И.С. Копылов ПЕРМСКАЯ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА – ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ И НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	13
И.С. Копылов МЕТОДОЛОГИЯ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНО- ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ АЛМАЗОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ.....	41
И.С. Копылов МЕТОДОЛОГИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПО АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ (НА ПРИМЕРЕ ГРИГОРЬЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ).....	66
И.С. Копылов, В.А. Наумов, В.В. Голдырев, В.Н. Брюхов МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПОИСКОВ РУДНОГО ЗОЛОТА.....	95
И.С. Копылов, С.Б. Коврижных, О.Б. Наумова, А.Г. Попов АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ – УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКИЙ КУРС В ПЕРМСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ.....	101
Б.А. Искаков МЕТОДЫ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ: ИСТОРИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ.....	112
М.В. Рогозин, В.В. Михалев, А.Я. Рыбальченко, И.С. Копылов ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НЕОТЕКТОНИКИ И МАЛЫХ ГЕОАКТИВНЫХ ЗОН НА ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ И БИОЛОКАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ.....	119
Т.В. Харитонов, Д.Д. Бадюков АШАПСКАЯ КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА: ИСТОРИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ.....	134

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	141
П.А. Исупова, Р.Ю. Рузманов СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУКИСВУМЧОРР В ПРЕДЕЛАХ ХИБИНСКОГО МАССИВА	141
И.С. Копылов КРУПНОМАСШТАБНЫЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРОМЫСЛОВСКОЙ ПЛОЩАДИ И ЛИНЕВСКОМ УЧАСТКЕ (СРЕДНИЙ УРАЛ) ДЛЯ ПОИСКОВ РУДНОГО ЗОЛОТА В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ.....	148
И.С. Копылов, В.М. Бабенышев ПОИСКИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ И ЗОЛОТА НА ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	159
И.С. Копылов, А.В. Коноплев ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА КУКЛЯНДИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ) ДЛЯ ПОИСКОВ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА.....	167
А.С. Курдюмова, К.В. Федосеев АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЙОНА КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАДДЕЛЕИТ-АПАТИТ-МАГНЕТИТОВЫХ РУД	176
Д.А. Чегодаева, А.В. Чумаков РЕГИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИРНИНСКОГО УЛУСА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЛИСТЫ Q-49-XXI, XXII) ДЛЯ ПОИСКОВ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК.....	185
ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РЕГИОНАЛЬНОЙ И НЕФТЕГАЗОПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ	193
Э.Х. Азматова ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НЕФТИ И УРАНА) НА ЮГО-ЗАПАДЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ.....	193

Н.А. Батуева, А.И. Ковальногих АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БОВАНЕНКОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ.....	202
А.А. Граматик, П.Е. Шахова АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЙОНА ФЕДОРОВСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	208
И.Ф. Закиров, И.И. Хасанов, И.И. Камалетдинов АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО ПРИКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН.....	215
И.С. Копылов РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕТАЛЬНЫХ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПЛИТЫ (СЕВЕРО-ЮГИДСКАЯ ПЛОЩАДЬ).....	223
Р.З. Якупов ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТИ И ГАЗА В ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НГП.....	234
ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ.....	240
И.С. Копылов ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КАЧКАНАРСКОГО ГОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	240
И.С. Копылов РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЛИНЕАМЕНТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УДМУРТИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ.....	254
И.С. Копылов РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ ОТВОДАХ ШАХТ» ОАО «ПРИМОРСКУГОЛЬ».....	265

И.С. Копылов РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПОИСКОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ТРЕЩИННЫХ ЗОНАХ.....	274
И.С. Копылов РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕТАЛЬНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ КАРСТОВЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДА КЕНТАУ (ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН).....	284
А.С. Леконцев ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ «ПРЕДУРАЛЬСКОЙ СТЕПИ» ОРЕНБУРГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ.....	292
В.Н. Чекменев ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ В ГОРОДЕ КРАСНОКАМСКЕ.....	301
Н.С. Шадрин, Ю.А. Новикова, Е.Н. Барсуков ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОМАНОВСКОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕКАМСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	309
К.Э. Щербакова ПРОВЕДЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТБО НА ТЕРРИТОРИИ Г. КАЗАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ	315

CONTENTS

Page

THEORETICAL, METHODOLOGICAL AND HISTORICAL ASPECTS OF STUDYING EARTH FROM SPACE	13
I.S. Kopylov PERM AEROSPACE AND GEOLOGICAL SCHOOL - CHARACTERISTICS OF THE MAIN RESULTS OF REGIONAL AND OIL AND GAS AEROSPACE AND GEOLOGICAL RESEARCHES.....	13
I.S. Kopylov METHODOLOGY OF AEROSPACE-GEOLOGICAL AND STRUCTURAL- GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH WHEN SEARCHING FOR DIAMONDS AND ITS APPLICATION IN THE MIDDLE URALS.....	41
I.S. Kopylov METHODOLOGY OF LANDSCAPE-GEODYNAMIC ANALYSIS AND ESTIMATES OF OIL AND GAS PERSPECTIVES BY AERO-SPACE GEOLOGICAL RESEARCH (ON THE EXAMPLE OF GRIGORIEVSKAYA SQUARE).....	66
I.S. Kopylov, V.A. Naumov, V.V. Goldyrev, V.N. Bryukhov METHODOLOGICAL APPROACH TO CONDUCTING AEROSPACE GEOLOGICAL RESEARCH FOR SEARCHING FOR ORE GOLD.....	95
I.S. Kopylov, S.B. Kovrizhnykh, O.B. Naumova, A.G. Popov AEROSPACE METHODS IN GEOLOGY - EDUCATIONAL- METHODOLOGICAL COURSE AT PERM UNIVERSITY.....	101
B.A. Iskakov METHODS OF AEROSPACE RESEARCH IN GEOLOGY: HISTORICAL AND APPLIED ASPECTS.....	112
M.V Rogozin, V.V. Mikhalev, A.Ya. Rybalchenko, I.S. Kopylov STUDY OF THE INFLUENCE OF NEOTECTONIC FACTORS AND SMALL GEOACTIVE ZONES ON ELEMENTS OF FOREST ECOSYSTEMS USING AEROSPACE AND BIOLOCATION METHODS.....	119
T.V. Kharitonov, D.D. Badyukov ASHAPSKY RING STRUCTURE.....	134

APPLICATION OF AEROSPACE METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF GEOLOGICAL MAPPING AND SEARCHING FOR SOLID MINERALS.....	141
P.A. Isupova, R.A. Ruzmanov STRUCTURAL-GEODYNAMIC ANALYSIS WITH THE USE OF INTERPRETATION OF SPACE IMAGES OF THE KUKISVUMCHORR DEPOSIT IN THE Khibiny Massif	141
I.S. Kopylov LARGE-SCALE AEROSPACE AND GEOLOGICAL RESEARCHES AT THE PROMYSLOVSKAYA AREA AND THE LINEVSKY SECTION (MIDDLE URALS) FOR SEARCHING OF ORE GOLD IN BLACK SHALE BODIES.....	148
I.S. Kopylov, V.M. Babenyshev SEARCHING FOR POLYMETALS AND GOLD IN THE SUBPOLAR URALS USING AEROSPACE METHODS.....	159
I.S. Kopylov, A.V. Konoplev APPLICATION OF AEROSPACE METHODS AND GEOINFORMATIONAL MODELING IN THE KUKLYANDINSKAYA AREA (YENISEI RIDGE) FOR SEARCHING PLACER GOLD.....	167
A.S. Kurdyumova, K.V. Fedoseev AEROSPACE AND GEOLOGICAL ANALYSIS OF THE KOVDOR DEPOSIT AREA OF BADDELEYITE-APATITE-MAGNETITE ORES.....	176
D.A. Chegodaeva, A.V. Chumakov REGIONAL AEROSPACE GEOLOGICAL ANALYSIS OF MIRNINSKY ULUS OF THE SAKHA REPUBLIC (SHEETS Q-49-XXI, XXII) FOR SEARCHING FOR KIMBERLITE PIPES	185
APPLICATION OF AEROSPACE METHODS TO SOLVE PROBLEMS OF REGIONAL AND OIL AND GAS PROSPECTING GEOLOGY.....	193
E.H. Azmatova APPLICATION OF AEROSPACE METHODS IN SEARCHING FOR MINERAL RESOURCES IN THE SOUTHWEST OF PERM KRAI.....	193
N.A. Batueva, A.I. Kovalnogikh AEROSPACE ANALYSIS OF THE BOVANENKOVSKY OIL AND GAS CONDENSATE FIELD ON THE TERRITORY OF THE YAMAL PENINSULA.....	202

A.A. Gramatik, P. E Shakhova AEROSPACE AND GEOLOGICAL ANALYSIS OF THE AREA OF FEDOROVSKY OIL AND GAS DEPOSIT.....	208
I.F. Zakirov, I.I. Khasanov, I.I. Kamaletdinov AEROSPACE ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE WEST KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN.....	215
I.S. Kopylov RESULTS OF DETAILED AEROSMOGEOLOGICAL STUDIES IN THE EASTERN PART TIMANO-PECHORSKAYA PLATE (NORTH-YUGID SQUARE).....	223
R.Z. Yakupov AERO-COSMOGEOLOGICAL ANALYSIS IN SEARCHING FOR OIL AND GAS IN THE TIMANO-PECHERSKAYA OIL AND GAS PROVINCE	234
APPLICATION OF AEROCOSMIC METHODS FOR SOLVING THE TASKS OF ENGINEERING GEOLOGY, HYDROGEOLOGY, GEOECOLOGY AND GEOGRAPHY.....	240
I.S. Kopylov ASSESSMENT OF GEODYNAMIC ACTIVITY IN THE TERRITORY OF THE KACHKANAR MINING AND PROCESSING PLANT BY THE RESULTS OF LARGE-SCALE AEROSMOGEOLOGICAL RESEARCH.....	240
I.S. Kopylov REGIONAL LINEAMENT-GEODYNAMIC ANALYSIS OF UDMURTIA FOR ESTIMATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS.....	254
I.S. Kopylov RESULTS OF AEROSPACE AND GEOLOGICAL RESEARCHES IN THE PRIMORSKY KRAI FOR CARRYING OUT ENGINEERING MEASURES TO PROTECT AGAINST WATERING OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AT MINING ALLOCATIONS OF MINES OJSC "PRIMORSKUGOL".....	265
I.S. Kopylov RESULTS OF AEROSMO-GEOLOGICAL STUDIES IN THE CENTRAL PART OF THE KIROV REGION FOR SEARCHING FOR UNDERGROUND WATER IN CRACKED ZONES.....	274

I.S. Kopylov RESULTS OF DETAILED DECODING OF SPACE IMAGES FOR ASSESSMENT OF GEODYNAMIC ACTIVITY AND IDENTIFICATION OF POTENTIALLY HAZARDOUS KARST AREAS OF KENTAU CITY (SOUTH KAZAKHSTAN).....	284
A.S. Lekoncev ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE "PREDURAL STEPPE" OF THE ORENBURG RESERVE USING MODERN SPACE IMAGES.....	292
V.N. Chekmenev ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF ANTI-ICING AGENTS ON SOME PROPERTIES OF SOILS AND GROUND.....	301
N.S. Shadrin, Y.A. Novikova, E.G. Barsukov ASSESSMENT OF THE GEODYNAMIC STATE OF THE ROMANOVSKY AREA OF THE VERKHNEKAMSKY POTASH SALTS DEPOSIT ON THE BASIS OF SPACE-GEOLOGICAL RESEARCH.....	309
C.E. Shcherbakova SPATIAL ANALYSIS OF SOLID WASTE DISPOSAL FACILITIES ON THE TERRITORY OF KAZAN USING SATELLITE IMAGES.....	315

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

ПЕРМСКАЯ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА – ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ И НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приведены результаты деятельности Пермской аэрокосмогеологической школы по всем региональным и нефтегазопроисковым аэрокосмогеологическим исследованиям с 1976 года. Дана краткая характеристика основных результатов по прогнозируемым локальным объектам на нефть и газ различных районов Пермского Приуралья.

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

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

PERM AEROSPACE AND GEOLOGICAL SCHOOL - CHARACTERISTICS OF THE MAIN RESULTS OF REGIONAL AND OIL AND GAS AEROSPACE AND GEOLOGICAL RESEARCHES

The results of the activities of the Perm aerospace geological school on all regional and oil and gas exploration aerospace studies since 1976 are presented. A brief description of the main results on the predicted local oil and gas facilities in various regions of the Perm Urals is given.

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

История формирования Пермской аэрокосмогеологической школы, методология и краткие результаты аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) изложены в работах [1-7, 9, 10, 12-20] и монографиях [8, 11]. Как отмечено в [4, 13] систематическое и планомерное проведение АКГИ в Пермском Приуралье началось в 1976 г. и связано с созданием аэрогеологической экспедиции геолого-поисковой конторы объединения

«Пермнефть» (под руководством В.З. Хурсика), включающей четыре аэрогеологические партии.

Территория Пермского Приуралья изучена региональными АКГИ (масштаба 1:500 000 и 1:200 000) в северо-западной, северной и юго-западной частях. Регионально-зональными АКГИ масштаба 1:200 000 территория охвачена в отдельных районах на севере, западе и юго-востоке Пермского Приуралья. Зональными АКГИ масштаба 1:100 000 территория охвачена в основном фрагментарно в северной, центральной и южной части. На этих же площадях проводились детальные и крупномасштабные АКГИ масштаба 1:25 000-1:50 000. Контурные работы с нумерацией по каталогу [13] приведены на рис. 1.

Ниже приводится краткая характеристика основных результатов АКГИ по прогнозируемым локальным объектам на нефть и газ (ландшафтными аномалиям – предполагаемым погребенным ловушкам углеводородов) в западных, северо-восточном и восточном и в юго-восточном районах Пермского Приуралья.

Проведение АКГИ в западных районах Пермского Приуралья

Первая площадная работа по АКГИ в Пермском Приуралье была выполнена в 1976-1979 гг. Шитиным С.Т., Евдокимовой Л.М., Тендряковым В.А. и др. (АГП №1 АГЭ ГПК), которые провели региональные комплексные аэрогеологические исследования в северо-западной и западной частях Пермского края (в бассейнах верхнего течения р. Камы и ее притоков), на общей площади 60,4 тыс. км². В пределах всей территории АКГИ проведены в масштабе 1:500 000, а в южной части площади - в масштабе 1:200 000. Авторы рассматривают эти работы первой попыткой применения дешифрирования аэрофотоматериалов для целей нефтепоисковых работ на территории Пермской области. Структурным дешифрированием космических снимков (КС) и мелкомасштабных (1:200 000) аэрофотоснимков (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 поднятия и валам в осадочном чехле, реже – инверсионное развитие структур.

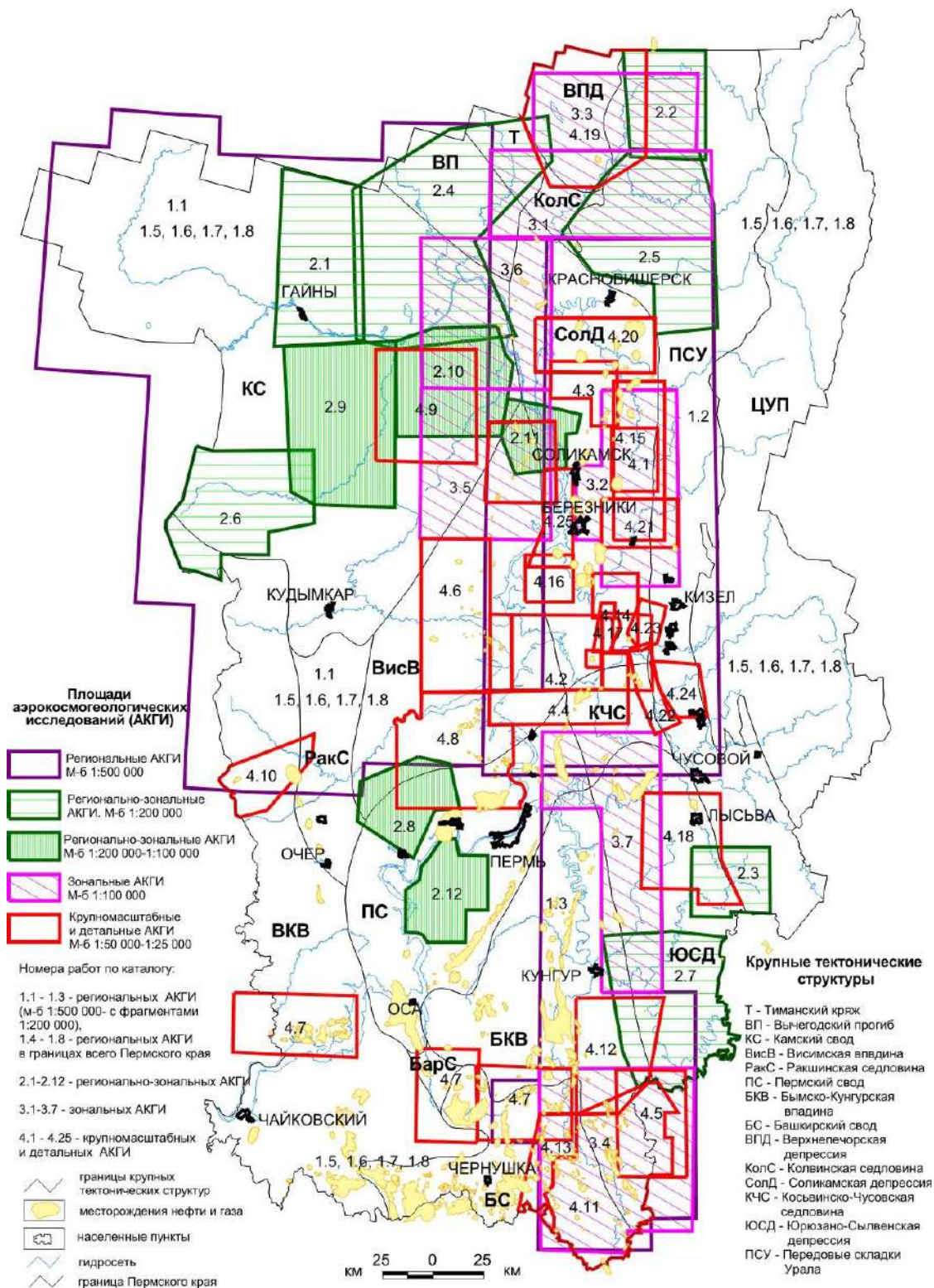


Рис. 1. Карта площадей аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья [13]

Выделяются также локальные ландшафтные аномалии (ЛА) размером по длинной оси от 2-3 до 8-11 км преимущественно СВ и субмеридионального направления, которые часто образуют линейно вытянутые цепи или компактные группы изометрической или округлой формы. Большинство из них находится в контурах кольцевых фотоаномалий и цепей (необходимо отметить,

что локальные ЛА выделенные мелкомасштабным КС и АФС обычно при более детальном исследовании серьезно изменяются). 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 – Верещагинская, Захаровская, Игнатовская, Усть-Нердвинская, Киевская, Чежская, Ульвинская, Лунымская, Тимшорская (Шитин и др., 1979ф).

В 1979-1982 гг. Чирковым Ю.В., Кучиным А.С. и др. были проведены аэрогеологические исследования масштаба 1:100 000 в Чердынском, Соликамском и Усольском районах Пермской области (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 ландшафтные аномалии I и II порядков. Аномалии I порядка, предположительно отражают выступы дорифейского фундамента; аномалии II порядка, по-видимому связаны с верхнедевонскими рифогенными массивами. Локальные аномалии отождествляются с локальными тектоно-седиментационными и тектоническими поднятиями. Выделены 2 аномалии I порядка (Яранинская и Касибская), 4 аномалии II порядка (Нылобская, Сгоркинская, Пельмеская, Лубянская) и 59 локальных ландшафтных аномалий. 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 ландшафтных аномалиях (Пашибской, Тагьяшерской, 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, Толычской), наиболее благоприятных для обнаружения залежей (Чирков и др., 1982ф).

В 1979-1982 гг. Коняевым В.М., Быковым Н.Я. и др. были проведены аэрогеологические исследования масштаба 1:100 000 в Чердынском районе Пермской области (на площади 4080 км²). 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 локальных ландшафтных аномалиях. Поисково-разведочное бурение на нефть и газ рекомендовано на Лесорубной, Бондюжской, Ужгинской, Долдинской и Усть-Уролкинской аномалиях, совпадающих или частично совпадающих с выделенными сейсморазведкой по II отражающему горизонту одноименными поднятиями и находящихся в зонах тектонических нарушений (Коняев и др., 1982ф).

В 1987-1989 гг. Ильиных Ю.А., Быковым Н.Я., Проворовым Ю.А. и др. были проведены аэрогеологические исследования масштаба 1:50 000 (отдельные участки в масштабе 1:25 000) в восточной части Висимской впадины (на площади 2120 км²). В результате исследований выявлена сеть прямолинейных линеаментов, отождествляемых с активизированными разломами. Выделенные ранее (Шитиным и др., 1979ф) 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 очень важный вывод о тесной корреляционной связи между системами линеаментов определенных направлений и «визейскими врезам», что дает новые возможности при трассировании «врезов». Выделены 206 локальных морфоструктурных аномалий, отображающих выявленные и предполагаемые поднятия осадочного чехла тектоноседиментационного 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 1985-1990 гг. Гацковым В.Г., Баканиным С.Е. и др. проводились тематические работы по разработке методики проведения комплексных дистанционных исследований в различных ландшафтно-тектонических районах Пермской области. Были выполнены комплексные аэрокосмогеологические исследования: региональные (масштаб 1:500 000) охватившие значительную часть Пермского Приуралья (70 тыс 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), выполнены детальные АКГИ в масштабе 1:50 000. Этими исследованиями, детализируемые морфопостроения Чиркова Ю.В. и Кучина А.С. (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 в юго-западной части Пермского Приуралья восточный борт Верхнекамской впадины были проведены детальные АКГИ масштаба 1:50 000 (на этой площади АКГИ ранее не проводились). Выделены 3 морфоструктуры среднего ранга, 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 было рекомендовано проводить сейсморазведкой в комплексе со структурным бурением, используя результаты комплексных АКГИ (Гацков и др., 1990ф).

Необходимо отметить, что данные работы носили опытно-методический характер с основной целью – совершенствования существующих и разработки новых наиболее рациональных приемов АКГИ в комплексе нефтегазопромысловых работ. Одна из особенностей работы - основное внимание было уделено линементному анализу, направленному на изучение характера распределения прямолинейных линементов. В отличие от всех других работ по АКГИ, здесь практически не изучались кольцевые ландшафтные (или морфоструктурные) аномалии. В дальнейшем, АКГИ по данной методике, на территории Пермского Приуралья не проводились. На наш взгляд кондиции

выполненных работ не соответствует детальности масштаба 1:50 000, скорее всего это уровень регионально-зональных работ.

В 1989-1992 гг. Ильиных Ю.А., Проворовым Ю.А. и др. были проведены аэрогеологические исследования масштаба 1:50 000 (на 7 эталонных участках в масштабе 1:25 000) в южной части Висимской впадины (на площади 3329 км²). По результатам АКГИ составлен комплект карт и схем соответствующих масштабов. Также составлена неотектоническая схема Пермской области масштаба 1:1 000 000 с элементами динамики блоковых смещений. Продолжены исследования по корреляции намеченных сейсмикой и бурением «визейских палеоврезов» с прямолинейными протяженными линеаменами определенных направлений. Основным результатом работ - выделение 287 локальных ЛА, 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 ЛА. В своем большинстве (86%) они планомерно совпадают с контурами поднятий в нижнем и среднем карбоне, близки по очертаниям и сохраняют направления длинных осей. Но отмечаются также 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 линеаменами, 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. Быков Н.Я., Болгарин Н.П., Акулов А.А. и др. (отряд №1 АГП) провели детальные АКГИ масштаба 1:50 000 в восточной части Камского свода, в междуречье Косы и Уролки, на площади 3114 км². В результате структурно-геоморфологического дешифрирования установлены прямолинейные линеаменты, отождествляемые с трещинно-разрывными нарушениями фундамента и осадочного чехла, 6 систем простирания. Основная структурноконтролирующая роль в восточной части площади принадлежит линеаменту СЗ направления, которая по мере продвижения на запад, переходит к линеаменту ССЗ направления. Секущие разрывные нарушения (линеаменты СВ направления и субширотные), при прочих благоприятных условиях могут иметь роль тектонических экранов для раскрытых северных переклиналией поднятий, характерных для Камского свода. Выделены новейшие блоковые структуры трех порядков, границами которых служат линеаменты трех таксономических рангов. Выявлено 194 локальных ЛА, отображающие известные и предполагаемые локальные поднятия осадочного чехла. Большинство аномалий сгруппированы в цепи, ограниченные или разделенные

линеаментами, как правило, регионального или зонального ранга. Некоторые цепи или их отрезки отвечают валлообразным структурам и структурным мысам. Точность прогнозирования локальных поднятий по ландшафтным аномалиям подтвердило структурное бурение на Багайской площади в 1991-1993 гг., где ранее выделенные ЛА нашли удовлетворительное сходство с локальными поднятиями. По данным АКГИ Багайская и Гришкинская структуры прослеживаются к северу параллельно друг другу в виде валлообразных зон, обозначенных цепями аномалий. ЛА: Октыльская, Керкоканская, Карлонайская, Реклечтынская, Южно-Реклечтынская, Лологская, Усть-Лочская, Чойтынская, Кибантыйская и Сынкулемская их этих цепей рекомендуются в качестве первоочередных объектов для постановки на них структурного бурения и сейсморазведки. Рекомендовано всего 40 первоочередных ЛА для изучения сейсморазведкой в комплексе с параметрическим и структурным бурением (Быков и др., 1994ф).

В 1994-1995 гг. Быков Н.Я., Болгарин Н.П., Акулов А.А. и др. (отряд №1 АГП) провели детальные АКГИ масштаба 1:50 000 в восточной части Верхнекамской впадины, в бассейне рек Сивы и Сепыча, на Соколовской площади, занимающей 900 км². В результате структурно-геоморфологического дешифрирования установлены прямолинейные линеаменты 6 систем, из которых наиболее широко развиты линеаменты СВ и ССЗ систем простирания, отождествляемые с трещинно-разрывными нарушениями фундамента и осадочного чехла. Они контролируют простирание Соколовского выступа и Верещагинского вала и осложняющих их локальных поднятий, структурных мысов и осей структурных прогибов, намечающихся в толще осадочного чехла. Ими определена группировка ландшафтных аномалий в цепи соответствующего простирания. Исследованиями выявлены 44 локальных ЛА, из них 11 ЛА выделено на участках известных поднятий в т.ч. – месторождений и продуктивных структур, 33 ЛА установлены на неизученных участках и участках, где поднятия не обнаружены. Ландшафтные аномалии отождествляются с пликативными дислокациями осадочного чехла и предположительно отражают в современном ландшафте сквозные тектонические поднятия. Аномалии детализируют и уточняют местоположения структур, выявленных сейсморазведкой. Так, крупное Сивинское поднятие детализировано компактной группой из трех ЛА. Соколовская структура детализирована четырьмя аномалиями, при этом, южный купол ее вероятно принадлежит северо-восточной периклинали продуктивной Куливинской структуры. Выявленные аномалии рекомендуются для проверки структурным бурением, из них к первоочередным отнесены 14 ЛА, на участках которых предполагается обнаружение локальных тектонических поднятий (Быков и др., 1995ф).

В 2006 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000 на Гайнинской площади, на территории площадью 3350 км². АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН (Новоселицкий В.М., Щербинина Г.П., Простолупов Г.В. и др., 2006ф). Были получены следующие результаты. Выделены региональные,

зональные и локальные прямолинейные линеаменты четырёх систем простирания, отобразившие предполагаемые трещинно-разрывные структуры в осадочном чехле и фундаменте. Выделены крупные кольцевые структуры (кольцевые фотоаномалии), отразившие неотектонические поднятия. Предполагается обусловленность их выступами в кристаллическом фундаменте. Закартировано 47 локальных ЛА предполагаемых положительных структур в осадочном чехле. Некоторые аномалии образуют цепи, предположительно отобразившие тектонические валы. Предполагается отображение ландшафтными аномалиями тектонических поднятий или структурных носов, осложняющих валы вследствие ундуляции их шарниров. Другие ЛА осложняют компактными группами кольцевые структуры. Аномалии, осложнившие кольцевые структуры, а также выделенные вне цепей аномалий, предположительно отождествляются с тектоногенными поднятиями. Не исключается вероятность отображения некоторыми из них (изометричной, округлой или неправильной формы) и структур, обусловленных верхнедевонскими рифами.

В 2007 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000 на Пильвенской площади, на территории площадью 7913 км². АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН (Новоселицкий В.М. и др., 2007ф). Установлены прямолинейные линеаменты четырёх систем, характеризующихся определённым направлением простираний: преобладают линеаменты СВ и СЗ простираний. В несколько меньшем количестве отмечаются меридиональные линеаменты, существенно реже прослеживаются широтные линеаменты. По протяжённости линеаменты подразделены на 3 таксономических ранга. На Пильвенской площади АКГИ выделено 127 локальных ЛА, предположительно отобразившие структуры облекания верхнедевонских рифов; отобразившие предполагаемые тектонические поднятия; предположительно отобразившие структуры различного генезиса - тектоногенные, либо обусловленные верхнедевонскими или артинскими рифами. На отдельных участках площади аномалии сгруппированы в компактные группы, осложняющие крупные кольцевые аномалии фототона (кольцевые морфоструктуры или кольцевые фотоаномалии), или образуют линейные цепи.

В 2008 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000 на Кочевской площади, на территории площадью 3285 км². АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН (Ермакова и др., 2008ф). Дешифрированием АКС выявлена плотная сеть разнонаправленных прямолинейных линеаментов, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Выявлены прямолинейные линеаменты четырёх систем, характеризующиеся определённым направлением простираний. Преобладают линеаменты СВ и СЗ простираний. В несколько меньшем количестве отмечаются меридиональные и широтные линеаменты. В результате исследований на Кочевской площади были выделены 5 крупных кольцевых

фотоаномалий, предположительно отождествлённых с выступами фундамента и 69 локальных ЛА – предполагаемых поднятий в осадочном чехле.

В 2010 г. Копылов И.С. и Хурсик В.З. провели регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000: «Аэрокосмогеологические исследования в зоне сочленения Пермского свода и Висимской впадины на Григорьевской площади», на территории площадью 1550 км². АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН с целью уточнения геологического и тектонического строения территории в зоне сочленения Пермского свода и Висимской впадины, выявления перспективных участков и объектов методами аэрокосмогеологических исследований для постановки нефтепоисковых работ. Проведено компьютерное структурное 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 ЛА, 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. Всего выделено суммарно 2009 прямолинейных линеаментов восьми систем, ранжированные на 5 таксономических рангов. Выделено 108 ландшафтных аномалий. По степени перспективности на нефть и газ и первоочередности их изучения они подразделены на: объекты первой очереди изучения - 12 аномалий, второй очереди - 62 аномалии, третьей очереди - 34 аномалии. В результате анализа материалов АКГИ на Григорьевской площади для лицензирования и для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками, а также с детальными АКГИ масштаба 1:25 000 рекомендованы 6 участков.

В 2011 г. Копылов И.С. и Хурсик В.З. провели регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000: «Аэрокосмогеологические исследования на Пономаревской площади (Камский наложенный свод), на территории площадью 4226 км² (с обзором – 9400 км²). АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН с целью уточнения геологического и тектонического строения территории Камского наложенного свода, выявления 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). Проведено компьютерное структурное 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. Всего выделено суммарно 1131 прямолинейных линеаментов восьми систем, ранжированные на 5 таксономических рангов. Выделено 147 ландшафтных аномалий. По степени перспективности на нефть и газ и первоочередности их изучения они подразделены на: объекты первой очереди изучения - 44 аномалий, второй очереди - 71 аномалии, третьей очереди - 32 аномалии. В результате анализа материалов АКГИ на Пономаревской площади для лицензирования и для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками, а также с детальными АКГИ масштаба 1:25 000 рекомендованы 8 участков.

В 2012-2013 гг. Копылов И.С. и 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). АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН с целью уточнения геологического и тектонического строения территории Камского наложенного свода, выявления 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). 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. Всего выделено суммарно 1430 прямолинейных линеаментов восьми систем, ранжированные на 5 таксономических рангов. Выделено 104 ландшафтных аномалий. По степени перспективности на нефть и газ и первоочередности их изучения они подразделены на: объекты первой очереди изучения - 40 аномалий, второй очереди - 44 аномалии, третьей очереди - 20 аномалии. В результате анализа материалов АКГИ на Керчевской площади для лицензирования и для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками, а также с детальными АКГИ масштаба 1:25 000 рекомендованы 4 участка (Светлицкий, Быковский, Ульвинский, Усть-Уролкинский).

В 2012-2013 гг. Копылов И.С. и Хурсик В.З. провели 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). АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН с целью уточнения геологического и строения и перспектив нефтегазоносности Вишерской площади, выявления перспективных участков и объектов на основе проведения АКГИ для постановки нефтепоисковых работ и лицензирования (в комплексе с гравиметрическими работами). 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. Всего выделено суммарно 808 прямолинейных линеаментов восьми систем, ранжированные на 5 таксономических рангов. Выделено 61 ландшафтных аномалий. По степени перспективности на нефть и газ и первоочередности их изучения они подразделены на: объекты первой очереди изучения - 36 аномалий, второй очереди - 10 аномалии, третьей очереди - 7 аномалии. 10 аномалий совпадают с контурами известных месторождений нефти. В результате анализа материалов АКГИ на Вишерской площади для лицензирования и для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками, а также с детальными АКГИ масштаба 1:25 000 рекомендованы 5 участков.

В 2013 г. Копылов И.С. и Хурсик В.З. провели 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 строения и перспектив нефтегазоносности Юго-Камской площади выявления перспективных участков и объектов на основе проведения аэрокосмогеологических исследований для постановки нефтепоисковых работ. 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. Всего выделено суммарно 769 (с обзором – 1611) прямолинейных линеаментов восьми систем, ранжированные на 6 таксономических рангов. Выделено 56 ландшафтных аномалий. По степени перспективности на нефть и газ и первоочередности их изучения они подразделены на: объекты первой очереди изучения - 20 аномалий, второй очереди - 25 аномалии, третьей очереди - 11 аномалии. В результате анализа материалов АКГИ на Юго-Камской площади для лицензирования и для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками, а также с детальными АКГИ масштаба 1:25 000 рекомендуются 2 участка: 1) Култаевский (в верховье р.Мулянки, площадь 400 км², приурочен к Мулянской кольцевой структуре 1 порядка; выделены 15 ЛА, из которых – 11 первоочередных); 2) Юго-Камский (в нижнем течении р.Юг, площадь 300 км², приурочен к Юго-Камской кольцевой структуре 1 порядка; выделены 11 ЛА, из которых – 9 первоочередных).

Проведение АКГИ в северо-восточном и восточном районах Пермского Приуралья

Первые площадные АКГИ на рассматриваемой территории были проведены 1976-1979 гг. Одновременно в это время проводились комплексные АКГИ Кротовым В.С., Быковым Н.Я., Шавариной Г.М. и др. (АГП №2 ГПК) - в восточной части Соликамской депрессии и на прилегающих структурах складчатого Урала (в бассейнах среднего течения рек Яйвы и Глухой Вильвы); Коняевым В.М., Гацковым В.Г. и др. - в южной части Верхне-Печорской депрессии и на прилегающих структурах складчатого Урала (Кротов В.С. и др., 1979ф; Коняев В.М. и др., 1979ф; Гацков В.Г. и др., 1979ф). На основании комплексной интерпретации материалов аэрогеологических и геолого-геофизических исследований уточнено геологическое строение изученной территории, выполнено неотектоническое районирование, выявлены объекты для постановки дальнейших детальными геофизических и структурно-поисковых работ.

В пределах Соликамской впадины выделены внешняя и внутренняя тектонические зоны, подразделяющиеся, на 3 района с различной амплитудой неотектонического поднятия меридионального простирания, разделенных на поперечные неотектонические блоки – всего 6 блоков). В границах блоков выделены цепи и группы ландшафтных аномалий. Кроме этого протрассированы субширотные и субмеридиональные разломы, проявившиеся на новейшем этапе развития земной коры. Выделено 47 локальных ЛА, отождествляемых с поднятиями, отобразившие валообразные цепи и группы. 3 ЛА совпадают с нефтяными месторождениями, 12 ЛА совпадают с поднятиями

установленными сейсморазведкой. Были рекомендованы 32 ЛА для постановки на них поисковых работ (Кротов и др., 1979ф).

В 1980-1983 гг. Шитиным С.Т., Зибницким А.А., Леоновой-Вендровской З.А. и др. (АГП №1 ГПК) были проведены региональные АКГИ в северо-восточной части Пермской области, в пределах Соликамской впадины, Косьвинско-Чусовской седловины и передовых складок Урала, на общей площади 30 тыс. км². Выделены системы прямолинейных линеаментов, сопоставляемых с региональными разломами в фундаменте и флексурно-разрывными зонами осадочного чехла. Установлено сложное 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. Выявлен ряд крупных, средних и мелких (8 цепей по 5-8 ЛА) кольцевых структур - ландшафтных аномалий 3-х таксонов. Выделено 12 ЛА первого порядка, которые сопоставляются с приподнятыми зонами, рифогенными массивами. В их пределах выделены 21 ЛА второго порядка и 8 цепей по 5-8 ЛА третьего порядка округло-овальной формы, длиной 8-10 х 2-8 км, которые сопоставляются с локальными поднятиями, одиночными рифами верхнедевонско-турнейского возраста. В ПСУ кольцевые аномалии, возможно, отображали тектоно-седиментационные структуры автохтона. Были рекомендованы 7 площадей для постановки детальных аэро-космогеологических исследований и 8 площадей для постановки рекогносцировочных сейсморазведочных работ (Шитин и др., 1983ф).

В 1983-1984 гг. Кучин А.С. и др. (АГП №2 ГПК) провели комплексные аэрогеологические исследования зоны кульсомских нарушений - на восточном борту Соликамской впадины, на междуречье Язвы и Яйвы в бассейне р. Глухой Вильвы. По результатам работ выделены ортогональная и диагональная системы предполагаемых разрывных нарушений, ранжированных на зональные и локальные выявлен ряд ландшафтных аномалий (Кучин и др., 1984ф). Позднее, эта площадь неоднократно детализировалась - проводились крупномасштабные АКГИ - Ильиных Ю.А. и др. (1999ф) и Быковым Н.Я. (2002ф).

В 1983-1986 гг. Ильиных Ю.А. и др. провели детальные АКГИ в масштабе 1:50 000 в пределах Соликамской впадины. На рассматриваемой территории площадь этой работы занимает незначительную часть в северо-западном углу территории. Выделены ортогональная и диагональная системы прямолинейных линеаментов, отобразивших трещинно-разрывные структуры. Отмечается связь локальных структур осадочного чехла с узлами пересечения разнонаправленных линеаментов. Установлено блоковое неотектоническое строение территории. Выявлены ЛА, отождествляемые с локальными поднятиями различного генезиса, часть из них рекомендована под площадную сейсморазведку (Ильиных 1986ф).

В 1983-1986 гг. Быков Н.Я. и др. провели комплексные АКГИ в нижнем течении р. Косьвы и в бассейне р. Камы, междуречье р. Чусовой и р. Косьвы. В

результате исследований выявлены прямолинейные линеаменты четырех систем простираения трех таксономических рангов, отождествляемых с разрывными нарушениями и зонами трещиноватости осадочного чехла и фундамента. В формировании современного структурного плана осадочного чехла доминирующую роль сыграли северо-восточные и северо-западные линеаменты. Выделено 86 ландшафтных аномалий, отождествлённых с локальными поднятиями различного генезиса. Для проверки сейсморазведкой рекомендованы в качестве первоочередных 35 аномалий (Быков и др., 1985ф; 1987ф).

В 1985-1990 гг. Гацковым В.Г., Баканиным С.Е. и др. проводились тематические работы по разработке методики проведения комплексных дистанционных исследований в различных ландшафтно-тектонических районах Пермской области (см. выше). На рассматриваемой территории работы выполнялись на Тимано-Верхнепечорского полигоне и Ульяновском участке (площадь ок. 900 км²). По результатам среднемасштабных АКГИ в пределах Тимано-Верхнепечорского полигона, выделенные линеаментные зоны и линеаменты являются ограничениями крупных и средних структур. Кроме этого авторами выделяется перспективный участок на поиски залежей нефти и газа. В пределах этого участка геофизическими исследованиями в нижнепермских и нижнекаменноугольных отложениях выявлены Северо-Гадьинское, Верхне-Гадьинское, Западно-Гадьинское, Средне-Гадьинское, Гадьинское и Шудьинское поднятия. В результате детальных АКГИ на Ульяновском участке выявлены линейные и изометричные блоковые морфоструктуры (структуры), даны рекомендации на проведение буровых и сейсморазведочных работ (Гацков В.Г. и др. 1990ф). Данные работы носили опытно-методический характер. В отличие от всех других работ по АКГИ, здесь практически не изучались кольцевые ландшафтные (или морфоструктурные) аномалии. В дальнейшем этот участок неоднократно переизучался детальными АКГИ (Быков и др., 1987ф; Ильиных и др., 1998ф; Быков и др., 2003ф; Быков и др., 2004ф).

В 1998 г. Ильиных Ю.А., Хурсик В.З., Проворов Ю.А., Болгарин Н.П., Волкогон С.П. и др. (ЛАИ ОАО «ПермНИПИнефть») провели крупномасштабные АКГИ в юго-восточной части Соликамской депрессии. Работы выполнялись камеральным путем на площади 600 км². Выявлена сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразивших трещинно-разрывные структуры осадочного чехла, установлена их связь с разломами фундамента и разрывными нарушениями чехла. Выявлено 54 локальных ЛА, отобразившие известные и предполагаемые локальные поднятия осадочного чехла, связанные со структурами облекания верхнедевонских рифов и тектоногенными складками. Составлены сводные структурные карты по опорным поверхностям нижней перми, карты результатов АКГИ и рекомендаций в масштабе 1:25 000. Рекомендовано для доизучения 24 объекта, из них 19 рассмотрены как наиболее перспективные для доизучения сейсморазведкой и детальной гравиразведкой (Ильиных и др., 1998ф)

В 1999 г. Ильиных Ю.А., Болгарин Н.П., Проворов Ю.А. и др. (ЛАИ ОАО «ПермНИПИнефть») провели крупномасштабные АКГИ в восточной части Соликамской депрессии на Восточно-Ростовицкой площади (на площади 818 км²). Выявлена сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отображающих трещинно-разрывные структуры осадочного чехла, установлена их связь с некоторыми разломами фундамента и разрывными нарушениями чехла. Проведено неотектоническое районирование площади. Выявлены 73 локальных ЛА, отобразившие известные и предполагаемые локальные поднятия осадочного чехла, связанные со структурами облекания позднедевонских рифов, с артинскими биогермами и с тектоническими складками. Даны рекомендации дальнейших нефтегазопроисследовательских работ методами сейсморазведки и поискового бурения на двух участках. На двух рекомендуемых объектах в северо-западной части площади предполагается выявление структуры облекания верхнедевонских рифов; на 33 объектах возможно выявление артинских биогермов; 8 ЛА в восточной части площади, вероятно, послужат объектами для выявления куполов и брахиантиклиналей тектоногенной природы (Ильиных и др., 1999ф).

В 1999-2000 гг. Быков Н.Я., Ильиных Ю.А., Болгарин Н.П. и др. (ЛАИ ООО «ПермНИПИнефть») провели крупномасштабные АКГИ масштаба 1:25 000 на Мезенской площади, на участке границы Соликамской депрессии с Висимской впадиной на площади 550 км². Выявлена плотная сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время линейные зоны трещинно-разрывных структур осадочного чехла. Установлены 4 основные системы линеаментов: наиболее широко развиты линеаменты СВ и СЗ простираний, в меньшей степени развиты меридиональные и широтные линеаменты. Они образуют линеаментные зоны, серии и пучки. В ряде случаев прямолинейные линеаменты оказали существенное влияние на формирование современного структурного плана палеозойского осадочного чехла. Проведено неотектоническое районирование площади. На Мезенской площади выявлено 78 локальных ЛА, отобразивших известные и предполагаемые локальные поднятия осадочного чехла, связанные со структурами облекания позднедевонских рифов, с артинскими биогермами и с тектоническими складками. В северо-восточной части площади две структуры облекания верхнедевонских рифов Шершнёвская и Белопашнинская, изученные сейсморазведкой и глубоким бурением, отразились соразмерными крупными ландшафтными аномалиями. Сейсморазведочными работами на этой площади выявлено или намечено 43 мелких приподнятых участков по кровле терригенных отложений артинского яруса (ОГ А^Т), которые рассматриваются, как обусловленные вершинами наложенных артинских рифов. Большинство из них отразились соразмерными аномалиями, 4 - не нашли своего отображения в материалах АКГИ. Результаты сейсморазведочных работ позволяют заключить, что артинские рифы иногда приурочены к структурам в нижезалегающих толщах палеозоя. Так Шершнёвская структура облекания верхнедевонского рифа осложнена компактной группой из одиннадцати вершин артинских рифов.

Все крупные аномалии на Мезенской площади осложнены компактно сгруппированными мелкими аномалиями, связанными с артинскими рифами. Из них аномалии Ивановка и Ваим, вероятно, отображают цоколи артинских рифовых вершин. По результатам АКГИ на Мезенской площади рекомендованы два участка для постановки площадных и детализационных сейсморазведочных работ (Быков и др., 2000ф).

В 2001 г. Быков Н.Я., Фидельских А.С. и др. (ЛАИ ООО «ПермНИПИнефть») провели в юго-восточной части Соликамской депрессии тематическую работу «Детализация аэрокосмогеологическими методами приподнятых участков к западу от Крутовского месторождения нефти», на площади 200 км². В результате комплексного дешифрирования АФС и КС установлена сеть прямолинейных линеаментов четырёх таксономических рангов, отождествляемых с трещинно-разрывными нарушениями фундамента и осадочного чехла. Выделены неотектонические блоковые структуры и выявлены максимумы и линейные зоны тектонической напряжённости осадочного чехла с увеличенной трещиноватостью и проницаемостью пород. Выделены 23 ЛА, предположительно отобразившие тектонические сквозные, погребённые и обусловленные артинскими рифами наложенные локальные поднятия осадочного чехла. Одна аномалия отобразила структуру облекания верхнедевонского рифа. Даны рекомендации нефтегазопромысловых работ (Быков и др., 2001ф).

В 2001 г. Ильиных Ю.А., Болгарин Н.П., Проворов Ю.А. и др. провели крупномасштабные АКГИ масштаба 1:25 000 в южной части Верхнепечорской депрессии на Волимской площади (на площади 1600 км²). Установлена сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразившая систему протяжённых трещинно-разрывных структур земной коры 8 генеральных направлений. Они интерпретированы авторами, как субвертикальные нарушенные и ослабленные зоны, проникающие на большую часть или всю глубину палеозойского осадочного комплекса. Вертикальные смещения вдоль этих трещин неясны. В ряде случаев наблюдается плановое совпадение или близость выявленных линеаментов разрывным нарушениям и редким глубинным разломам, выявленным по результатам магнитометрических исследований. В частности, наблюдалось сгущение линеаментов на отдельных отрезках, предполагаемых шовных линий надвигов в восточной части площади. Усиление прямолинейных линеаментов отмечено также вдоль сдвигов СЗ простирания, закартированных геологической съёмкой. В западной части площади наиболее отчётливо проявились линеаменты ССЗ и субмеридионального простираний. В восточной половине площади отчётливее проявились линеаменты ССВ и СВ простираний. Кроме того, плотная полоса линеаментов наблюдается вблизи восточного ограничения верхнедевонского рифового массива СЗ направления, намеченного по данным сейсморазведки.

На Волимской площади выявлено и намечено 253 локальных ЛА. Наиболее отчётливо ЛА, соразмерными и слабо смещёнными в плане, отобразились структуры облекания предполагаемых верхнедевонских рифов. Из 13 приподнятых участков и 2 структур, выявленных по отражающему

горизонту Π^K и, возможно, отображающих структуры облекания верхнедевонских биогермов, 12 отобразились соразмерными и слабо смещёнными ЛА, 1 приподнятый участок не нашёл прямого отражения. 3 приподнятых участка, рассмотренные интерпретаторами сейсморазведочных данных как структура тектонической природы, также нашли отражение в ЛА. Чумукская автохтонная структура, частично совпала с ЛА. Из более 20 приподнятых участков, выявленных сейсморазведкой по отражающим горизонтам A^K и, отчасти A^T , большая часть отобразилась ЛА. Большая часть этих поднятий проинтерпретирована как нижнепермские (волимские) рифы. У ряда ЛА отмечается заметное, иногда значительное плановое смещение относительно нижнепермских структур. Особенно значительным плановым смещением ЛА характеризуется участок надвига, намеченного геологической съёмкой. По результатам АКГИ даны рекомендации на постановку и детализацию площадных сейсморазведочных работ на 3 участках: на западе площади – на Западно-Волимском участке, на востоке – на Гадьинском участке, на севере – на Верхнееловском участке (Ильиных и др., 2001).

В 2001 г. Ильиных Ю.А., Болгарин Н.П. и др. провели крупномасштабные АКГИ в северной части Соликамской депрессии на площади 1518 км². Установлена сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразившие активизированные трещинно-разрывные структуры осадочного чехла. Некоторые системы протяжённых линеаментов планово и ориентировочно близки к положению и простиранию разломов фундамента, закартированных геофизическими исследованиями. Часть прямолинейных линеаментов планово близка к разрывным нарушениям, выявленным сейсморазведкой в толще палеозойского осадочного чехла. Выделены 51 локальных ЛА, предположительно отобразившие известные и предполагаемые локальные поднятия осадочного чехла, связанные со структурами облекания позднедевонских рифов, с нижнепермскими рифовыми постройками и с тектоническими поднятиями. Локальные поднятия осадочного чехла, выявленные сейсморазведкой и бурением на территории изученной площади надёжно подтверждены дешифрированием АФС. Все структуры облекания верхнедевонско-турнейских биогермов отобразились планово совпадающими и соразмерными ЛА. Одно из наиболее крупных погребенных поднятий - Озёрное отобразилось двумя ЛА Нюхти и Восточная Нюхти. Западно-Озёрное поднятие отобразено ЛА Западная Нюхти, несколько смещённой в северном направлении от его контура, закартированного сейсморазведкой. Все структуры облекания верхнедевонско-турнейских биогермов прослежены в северной части Березниковского рифового палеоплато. Результаты АКГИ были сопоставлены с данными гидрогеологических и газогидрогеохимических исследований, выполненными в пределах рассматриваемой территории (Яковлев, Хурсик и др., 2001ф). Установлено, что подавляющее большинство ЛА сопровождается усилением зон разгрузки подземных вод, сосредоточенных в их краевых частях. Эта закономерность прослеживается на всей изученной площади за исключением небольших участков. В сопоставлении с эталонами (Гежское и Озёрное месторождения нефти) по результатам проведённых исследований

наиболее благоприятные показатели нефтегазоносности имеет территория в районе ЛА "Восточная Немзя", "Родники", "Кузнецова", "Верхняя Урсинка" и "Губдор". По результатам АКГИ Наибольший интерес представляют ЛА "Верхняя Урсинка" (крупная, изометричная, возможно отобразившая одиночный верхнедевонский риф) и район Дорожной ЛА, расположенной южнее Озёрного месторождения нефти. Возможно эта ЛА отобразила верхнедевонский биогерм и структуру его облекания на южном склоне Березниковского палеоплато. Район аномалий не изучен сейсморазведкой и рекомендуется для постановки сейсморазведочных работ. В восточной части площади выявлены несколько ЛА, вероятно, отобразивших тектонические поднятия. Эта полоса объектов может представлять интерес для постановки площадных сейсморазведочных работ после предварительной геологической подготовки.

В 2001 г. Быков Н.Я., Фидельских А.С. и др. (ЛАИ ООО «ПермНИПИнефть») провели крупномасштабные АКГИ в восточной части Соликамской депрессии (Изверская площадь) на площади 750 км². Выявлена плотная сеть прямолинейных линеаментов 4 основных систем направления простираний. Прямолинейные линеаменты предположительно отобразили активизированные в новейшее время линейные зоны трещинно- и флексурно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Дешифрированием КС уточнено положение Всеволодовского надвига и Всеволодо-Вильвинской антиклинали. По результатам АКГИ на Изверской площади выделено 39 локальных ЛА, предположительно отобразивших различного генезиса погребённые, сквозные или наложенные поднятия в толще палеозойского осадочного чехла. Выявленные сейсморазведкой структуры и большинство намеченных приподнятых участков отобразились ЛА, как правило, большего размера. Расположенные на границах Изверской площади Бельская и Ветосская продуктивные структуры облекания позднедевонских рифов отобразились соразмерными изометричными ЛА, которые были рассмотрены в качестве эталонных участков. На площади исследований из выявленных на участке Соликамской депрессии 12 ЛА рассматриваются как возможное отображение сквозных и погребённых малоамплитудных тектоногенных поднятий брахиантиклинального типа, осложнённых в артинском ярусе наложенными структурами, обусловленными органогенными постройками (волимские рифы). Три ЛА предположительно отобразили брахиантиклинальные складки в карбонатной толще нижней перми с рифогенными образованиями в артинском ярусе, 1 ЛА считается отобразившей погребённую тектоногенную структуру. В контуре двух ЛА - Люзеньской и Усть-Клестовской - не исключается вероятность обнаружения структур облекания небольших одиночных позднедевонских рифов. 10 ЛА отождествить с какими-либо структурными объектами осадочного чехла на стадии выполненных исследований не представляется возможным. На участке передовых складок Урала, 4 ЛА предположительно отобразили брахиформные тектоногенные поднятия в автохтоне Всеволодовского надвига, две из них осложнены

органогенными постройками артинского возраста. Природа шести ЛА остаётся не выясненной (Быков и др., 2002ф).

В 2002-2003 гг. Быков Н.Я., Ильиных Ю.А., Болгарин Н.П., Хурсик В.З и др. провели крупномасштабные АКГИ в области сочленения Косьвинско-Чусовской седловины и передовых складок Урала (Усьвинский участок), на площади 415 км². Установлена плотная сеть прямолинейных линеаментов четырёх основных систем простирания, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время субвертикальные линейные зоны флексурно- и трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Наиболее широко развиты СВ и СЗ, в несколько меньшем количестве прослежены меридиональные и субмеридиональные линеаменты, широтные линеаменты представлены в значительно меньшем количестве. По результатам АКГИ на Усьвинском участке выделены 33 ЛА, предположительно отобразившие различного генезиса погребённые, сквозные или наложенные локальные поднятия осадочного чехла в Предуральском прогибе и антиклинальные складки в передовых складках Урала. Для изучения детальной сейсморазведкой в комплексе с высокоточной гравиразведкой рекомендованы 17 ЛА (Быков и др., 2003ф).

В 2003-2004гг. Быков Н.Я., Болгарин Н.П. и др. выполнили крупномасштабные АКГИ масштаба 1:25 000 в области сочленения Соликамской депрессии и передовых складок Урала (Вильвинский участок), на площади 315 км². Установлена плотная сеть прямолинейных линеаментов 4 основных систем простирания, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время субвертикальные линейные зоны флексурно- и трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Наиболее широко развиты СЗ и СВ линеаменты, в несколько меньшем количестве прослежены меридиональные и широтные линеаменты. Все известные разломы фундамента, установленные по данным геофизики, полностью или близко отобразились в прямолинейных линеаментах. Выделены 26 ЛА, предположительно отобразивших различного генезиса погребённые, сквозные или наложенные локальные поднятия осадочного чехла. Из них 18 ЛА рассматриваются как возможное отображение сквозных и погребённых малоамплитудных тектоногенных поднятий брахиантиклинального типа в Соликамской депрессии и в автохтоне под фронтальным Всеволодовским надвигом. 15 из этих аномалий предполагается осложнены наложенными структурами, обусловленными органогенными постройками (волимские рифы) в артинском ярусе. В аллохтоне ПСУ одна аномалия, возможно, отобразила пологую антиклинальную складку. 6 ЛА отобразили локальные структуры с невыясненным генезисом. Результаты сейсморазведки природу этих аномалий не проясняют. По результатам исследований рекомендованы для дальнейшего изучения детальной сейсморазведкой 12 ЛА с целью обнаружения тектоногенных структур и структур, обусловленных волимскими рифами. Эти аномалии могут контролировать структурные ловушки скоплений углеводородов в карбонатных коллекторах нижней перми и, возможно, в

продуктивных горизонтах верхнего девона и карбона (Быков, Болгарин и др., 2004ф).

В 2004-2005 гг. Быковым Н.Я., Болгариным Н.П., Хурсиком В.З., Копыловым И.С., Волкогоном С.П. проводились крупномасштабные АКГИ масштаба 1:50 000 в Передовых складках Урала на Ново-Губахинском лицензионном участке, на площади 620 км². Уточнены литолого-стратиграфические границы, положение известных надвиговых структур, выявлен ряд оперяющих разрывных нарушений взбросо-надвигового характера и составлена впервые геологическая карта Ново-Губахинского участка в масштабе 1:50 000. Подтверждено и детализировано чешуйчато-блоковое строение дислоцированного осадочного чехла. Структурным дешифрированием КС и АФС установлена плотная сеть прямолинейных линеаментов семи систем простирания, отобразивших активизированные в новейшее время субвертикальные линейные зоны тектонической трещиноватости осадочного чехла и фундамента. Наиболее широко развиты СВ 55-70° линеаменты, несколько в меньших количествах отмечаются линеаменты СЗ 325° и ССЗ 340°, заметно менее представительна система меридиональных и субмеридиональных линеаментов, существенно реже проявлены ССВ 20-30° и ЗСЗ 290° линеаменты, широтные линеаменты представлены небольшим количеством. Произведено неотектоническое районирование. Блоковые структуры обнаруживают связь с тектоническим строением территории. Границами блоковых структур послужили прямолинейные линеаменты регионального и зонального рангов. По результатам исследований выделено 25 ЛА, 16 из которых предположительно отобразили аллохтонные тектоногенные локальные антиклинальные складки, осложняющие крупные структуры в Передовых складках Урала. Рекомендованы для дальнейшего изучения 12 ЛА (Быков и др., 2005ф).

В 2005-2006 гг. Быков Н.Я., Хурсик В.З., Болгарин Н.П., Волкогон С.П. (сектор КГИ ООО «ПермНИПИнефть») провели крупномасштабные АКГИ масштаба 1:50 000 на Северо-Шершнёвской площади, на участке границы Соликамской депрессии с Висимской впадиной на площади 750 км². Выявлена плотная сеть разнонаправленных прямолинейных линеаментов, отобразивших линейные трещинно-разрывные структуры осадочного чехла. Установлены прямолинейные линеаменты семи систем простирания: СВ 50°, ССВ 30°, ВСВ 70°, СЗ 320°, ССЗ 340°, меридиональные и широтные. На отдельных участках площади линеаменты контролируют элементы тектонического строения осадочного чехла и группировку ЛА. Выполнено неотектоническое районирование территории с выделением блоковых структур. Выделены современные эрозионно-тектонические депрессии, которые унаследуются долинами рек Кама и Яйва. Выделено 45 локальных ЛА известных и предполагаемых различного генезиса поднятий в осадочном чехле. Из них 4 ЛА отобразили тектоно-седиментационные продуктивные структуры облекания (месторождения) верхнедевонско-турнейских рифов и 1 ЛА отобразила подготовленную структуру того же генезиса. Предположительно отождествляются со структурами облекания верхнедевонско-турнейских рифов

9 ЛА. 12 аномалий отождествлены предположительно со структурами облекания артинских рифов; 12 ЛА отождествлены с тектоногенными поднятиями брахиантиклинального типа. 7 ЛА показаны как аномалии невыясненного генезиса. Даны рекомендации дальнейших нефтегазопоисковых работ: 7 ЛА рекомендованы в качестве первоочередных объектов для дальнейшего доизучения рекомендованы, 3 ЛА рекомендуются как объекты второй очереди; 11 ЛА - рекомендованы в качестве объектов третьей очереди. Аномалии рекомендованы для изучения площадными сейсморазведочными работами и детальными гравиметрическими исследованиями (Быков и др., 2006).

В 2006 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили зонально-региональные аэрокосмогеологические исследования масштаба 1:200 000 на Патраковской площади. АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН (Новоселицкий, Бычков, Зотеев и др., 2006ф). Установлены региональные, зональные и локальные линеаменты четырёх систем простирания, отобразивших линейные зоны увеличенной трещиноватости и проницаемости в породах осадочного чехла. Выделены 27 локальных ЛА, отобразивших известные и предполагаемые антиклинальные структуры в осадочном чехле. Ландшафтные аномалии образуют субмеридиональные цепи, протянувшиеся вдоль главных надвигов. Цепи аномалий предположительно отождествляются с тектоническими валами. Аномалии, образующие цепи, отождествляются с антиклинальными складками, осложняющими валы вследствие ундуляции их шарниров. Аномалии, выделенные во внешней зоне ВПД, предположительно отождествляются с брахиантиклинальными поднятиями, не исключается возможность отображения ими и структур облекания верхнедевонско-турнейских рифов. Предполагается отображение аномалиями, выделенными во внутренней зоне ВПД и в ПСУ, антиклинальных тектонических структур.

В 2007 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили зонально-региональные АКГИ масштаба 1:200 000 на Валайской площади. АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН (Новоселицкий и др., 2007ф). Выявлена сеть прямолинейных линеаментов, отобразивших активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещиноватых структур в дислоцированном осадочном чехле. По протяженности они подразделены на 3 ранга: региональные, зональные и локальные. Установлено 5 систем прямолинейных линеаментов. Наиболее широко развиты меридиональные, СЗ и ВСВ линеаменты, несколько в меньшем количестве представлены линеаменты СВ простирания, редко дешифрируются широтные линеаменты. В пределах Валайской площади выделены 35 ЛА. На участке Верхне-Печорской депрессии выделены 5 ЛА. На трех ЛА предполагается возможное отображение погребённых структур облекания позднедевонских рифов. На участке Колвинской седловины на участке Колвинской седловины выделены 5 ЛА, предполагается возможное отображение структур, обусловленных верхнедевонскими рифами. В пределах ПСУ выделены 25 ЛА, некоторые из них соответствуют известным локальным

поднятиям, другие отобразили предположительно структуры невыясненного генезиса.

В 2015-2016 гг. Копылов И.С. и Козлов С.В. провели линеаментно-геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина, южный сегмент северной части Предуральяского краевого прогиба) в связи с его газоносностью. Основным методом было компьютерное структурно-геологическое дешифрирование КС, в результате которого было закартировано 520 линеаментов разных рангов и направлений. При проведении геодинамического анализа территории Курьино-Патраковского участка было установлено, что все известные газоносные структуры имеют повышенные характеристики по различным неотектоническим критериям и в первую очередь – высоким значениям плотности линеаментов регионального, зонального и локального уровней. Выявлены новые газоперспективные участки. Установлено совпадение наиболее крупных линеаментов и их зон с разломами и надвигами. Составлена карта геодинамических активных зон территории. Дальнейшие возможные перспективы открываются на территории между КПУ и Мальцевским месторождением, где выделяются до 7 высокоактивных геодинамических зон [2].

Проведение АКГИ в юго-восточном районах Пермского Приуралья

В юго-восточной части Пермского края, как уже было отмечено выше, аэрокосмогеологические исследования проводились наиболее последовательно.

В 1979 г. Гацковым В.Г., Пономаревой, Баканиным С.Е., Бугайчуком В.А. и др. (ОМО) были выполнены опытно-методические работы по теме: «Разработка методических указаний по организации и производству аэрокосмических исследований на территории Пермской области (северная часть Уфимского плато, Октябрьский экспериментальный участок)». Основная цель этой работы – отработка методики изучения природных ресурсов с помощью аэрокосмических средств. В результате исследований было сделано обобщение взглядов многих геологов по тектонике района и дана схема блокового строения. Одновременно с этой работой в 1978-1982 гг. этими же авторами проводились комплексные АКГИ масштаба 1:100 000 в северной части Уфимского плато (на площади 1240 км²). Проведено структурное дешифрирование материалов космодатасъемки, проведены структурно-геоморфологические исследования. Выделено 49 локальных ЛА. В пределах Октябрьского экспериментального участка, охваченного бурением проведен анализ подтверждения ландшафтных аномалий бурением: 10 ЛА (55,6%) имеют хорошую, 2 ЛА (11,1%) – среднюю и 6 ЛА (33,3%) – плохую степень соответствия с поднятиями, выявленными по кровле тульских терригенных отложений. Подтвержден Тагинский грабенообразный прогиб, выявленный АКГИ. Все это дало основание рассматривать морфоструктурные аномалии и депрессии, как объекты, представляющие поисковый интерес для бурения и геофизики (Гацков и др., 1979ф). Методическая часть была составлена схематично (что было отмечено в протоколе НТС по рассмотрению отчета). В настоящее время практически все методические рекомендации по организации

и проведению АКГИ устарели. Актуальными остаются традиционные технологии дешифрирования АФС и КС, дешифровочные признаки картирования морфоструктур (ландшафтных аномалий) и линеаментов.

В юго-восточной части Пермского края большой объем АКГИ выполнен аэрогеологической партии № 3 под руководством Пономаревой И.Н. В 1982-1985 гг. были проведены региональные АКГИ на восточной окраине Русской платформы (юго-восточная часть Бымско-Кунгурской впадины, Башкирский свод) и в прилегающих районах Предуральяского прогиба (масштаб работ 1:500 000); в 1986-1988 гг. проводились комплексные АКГИ в бассейне р. Сараны; а в 1988-1991 гг. проводились 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, контролирующей положение ЛА. Выделены 382 локальные ЛА, предположительно отобразившие локальные поднятия различного генезиса, 146 ЛА рекомендованы для доизучения структурным бурением и сейсморазведкой (Пономарева и др., 1985ф, 1991ф).

В 1992-1995 гг. Ильиных Ю.А., Прворов Ю.А., Волкогон С.П. и др. (АГО №2 ГПК) провели крупномасштабные АКГИ исследования в Октябрьском нефтегазоносном районе, на двух площадях - Верх.Иргинской и Щучье-Озерской (на общей площади 2281 км²). В результате выявлена сеть прямолинейных линеаментов нескольких генераций, отображающая трещинно-разрывные структуры, контролирующей погребенные осевые зоны линейных депрессионных зон, межкупольных понижений и протяженных флексур. Они разделяют тектонические ступени и локальные структуры в палеозойском осадочном комплексе. Выявлено 480 локальных ЛА, отображающих известные и предполагаемые погребенные локальные поднятия тектонического генезиса. Рекомендовано для доизучения и выявления сейсморазведкой и структурным и поисковым бурением на репер НГК в сакмарском ярусе 196 объектов: 129 наиболее перспективных и 67 с неясными перспективами (Ильиных Ю.А. и др., 1996ф).

В 1996-1997 гг. Ильиных Ю.А., Прворов Ю.А., Болгарин Н.П. и др. провели детальные АКГИ в средней части Бымско-Кунгурской впадины (на площади 2024 км²). Выявлена сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразивших субвертикальные трещинно-разрывные структуры осадочного чехла, установлена их связь с разломами фундамента и разрывными нарушениями чехла. Установлена их прямая связь с линейными структурами земной коры (разломами фундамента, линейными прогибами и разрывами допалеозоя и палеозоя). Выявлено 222 локальных ЛА, отобразившие известные и предполагаемые локальные поднятия осадочного чехла. Отмечается преобладание линейной группировки аномалий. Все поднятия, разбуренные поисково-разведочным и эксплуатационным бурением и структуры, подготовленные сейсморазведкой по отражающим горизонтам палеозоя, отобразились соразмерными или близкими по размерам ЛА. Рекомендовано для доизучения и выявления сейсморазведкой и структурным

бурением 75 перспективных объектов первой (22 ЛА) и второй (53 ЛА) очереди и 85 объектов с неясными перспективами (Ильиных и др., 1998ф).

В 1998г. Ильиных Ю.А., Проворов Ю.А., Болгарин Н.П. и др. провели крупномасштабные АКГИ Чернушинском нефтегазоносном районе (среднее течение р.Тюй) (на площади 835 км²). Выявлена сеть прямолинейных линеаментов предположительно отображающих субвертикальные трещинно-разрывные структуры осадочного чехла. Установлена их связь с линейными структурами (разломами фундамента, линейными прогибами и разрывными нарушениями в допалеозое и палеозое). Выявлены 134 локальных ЛА, предположительно отображающие плановое положение погребенных локальных поднятий палеозоя. Соразмерными или близкими по размерам ЛА отобразились 58 из 60 локальных структур осадочного чехла, подготовленных и выявленных сейсморазведкой и структурным бурением, 2 структуры не отобразились аномалиями. ЛА отобразились также все 17 приподнятых участков и антиклинальных перегибов, выявленных и намеченных по опорным поверхностям палеозоя. Рекомендованы 76 ЛА для выявления или доизучения локальных поднятий в толще палеозоя структурно-поисковыми работами. Из них: 23 ЛА - первоочередные объекты рекомендуются для доизучения приподнятых участков и антиклинальных перегибов комплексом сейсморазведки и структурного бурения (в приосевой зоне Башкирского свода в качестве первоочередных объектов рекомендовано 6 ЛА, на менее изученном восточном склоне свода - 17 ЛА), 32 ЛА - объекты второй очереди, 21 ЛА - объекты третьей очереди - расположены на неизученных участках (Ильиных и др., 1998ф).

В 1999-2001 гг. Ильиных Ю.А., Волкогон С.П., Винниковская И.С. и др. провели крупномасштабные АКГИ масштаба 1:25 000 в северной части Юрюзано-Сылвенской депрессии на Южно-Лысьвенской площади, занимающей 1661 км². Выявлена достаточно плотная сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время линейные зоны трещинно-разрывных структур осадочного чехла. Зачастую выделенные прямолинейные линеаменты группировались в параллельные полосы, устойчиво или фрагментарно прослеживаемые на протяжении от 3 до 23 км. Отмечается разветвление полос линеаментов. Сопоставлением сети линеаментов с линейными структурами осадочного чехла и фундамента выявлены определённые соответствия, свидетельствующие о частичном унаследованном возрождении трещинно-разрывных структур в новейшее время. Выделены 110 локальных ЛА, предположительно отобразивших тектонические сквозные, погребённые и обусловленные артинскими рифами наложенные локальные поднятия осадочного чехла. Ландшафтными аномалиями отобразились 11 погребённых структур палеозоя, в том числе 6 локальных поднятий, подготовленных и выявленных геологоразведочными работами. Из 10 намеченных сейсморазведкой приподнятых участков 8 отобразились ЛА. Не отобразилась ЛА Шаквинская структура, выявленная сейсморазведкой по ОГ IIⁿ. Часть структур отобразилась на поверхности двумя и даже тремя (Валюшинская структура) ЛА. По

результатам АКГИ на Южно-Лысьвенской площади рекомендованы два участка для постановки площадных сейсморазведочных работ и бурение трёх поисковых скважин (Волкогон, Ильиных и др., 2001ф).

В 2006 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000 на Марковской площади (Юрюзано-Сылвенская депрессия), на территории площадью 1300 км². АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН и ОАО «Пермнефтегеофизика» (Колчанова и др., 2006ф). Выполнено обобщение и уточнение имеющихся материалов по аэрокосмогеологическим исследованиям, проведенным в 1999-2001 гг. Выявлена сеть прямолинейных линеаментов, предположительно отобразившие разрывные нарушения в кристаллическом фундаменте и в нижней части осадочного чехла. Установлено 6 систем направлений, характеризующихся определённым направлением простирания: СВ, ССВ, СЗ, ССЗ, меридиональные и широтные. Уточнено положение крупных надвиговых структур. Выделены 27 локальных ЛА, которыми предполагается отображение локальных тектонических поднятий в толще палеозойского осадочного чехла.

В 2006 г. Хурсик В.З., Быков Н.Я. и др. выполнили регионально-зональные АКГИ масштаба 1:200 000 на Суксунской площади (Юрюзано-Сылвенская депрессия), на территории площадью 3800 км². АКГИ входили в состав договорных работ Горного института УрО РАН и ОАО «Пермнефтегеофизика» (Колчанова и др., 2006ф). Выполнено обобщение и уточнение имеющихся материалов по АКГИ, проведенным в период с 1982 по 1998 гг. В восточной части площади, не охваченной ранее АКГИ, выполнено линеаментное дешифрирование. Выявлена сеть прямолинейных линеаментов, 4 систем простирания (СЗ, СВ, меридиональные и широтные). Прямолинейные линеаменты отображают в ландшафте земной поверхности разрывные и трещинно-разрывные нарушения осадочного чехла и фундамента, а также флексурные перегибы в толще палеозойских пород. Региональные линеаменты ограничивают микродепрессии и линейные мобильные зоны, иногда пролонгируя их на значительные расстояния. На площади выделено 164 локальных ЛА, отобразивших известные и предполагаемые различного генезиса поднятия в осадочном чехле. Не исключается возможность отображения некоторыми аномалиями структур облекания вершин позднедевонских рифов, осложняющих палеоплато. Ранее, на этой площади были рекомендованы для дальнейших поисково-разведочных работ в качестве первоочередных 17 ЛА, второй очереди – 16 ЛА.

Заключение

В приведенной статье дана краткая характеристика основных результатов АКГИ по геологическим отчетам и прогнозируемым локальным объектам на нефть и газ различных районах Пермского Приуралья. Всего охарактеризовано 52 работы. Проводились также некоторые обобщающие работы. Однако все они в настоящее время уже устарели; последняя из них выполнена в 2010 г. [19]. За последние 10 лет появилась новая информация теоретического и научно-

прикладного характера и новые фактические данные о геологическом строении Пермского Приуралья и Урала. Поэтому требуется проведение новых – ревизионных и обобщающих аэрокосмогеологических исследований.

Библиографический список

1. Ильиных Ю.А. Выявление пликативных и разрывных структур в различных тектонических зонах севера Урало-Поволжья по материалам аэрокосмических съёмок // Прогноз локальных структур по аэрокосмическим материалам/ ВНИГНИ. М., 1984. С.76-89.

2. 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.

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. Аэрокосмогеологическая основа территории Пермского края для выбора перспективных направлений, площадей, объектов нефтегазопоисковых работ и экологической безопасности // Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья. Пермь, 2010. С. 208-212.

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 Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.

8. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Riga, 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 // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 25-37.

11. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. 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. Пермская аэрокосмогеологическая школа – история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 13-24.

14. 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.

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

17. Копылов И.С., Быков Н.Я., Хурсик В.З. Основные результаты и перспективы аэрокосмогеологических нефтегазопромысловых и геодинамических исследований на территории Пермского края и прилегающих регионов // *Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов. Пермь, 2007. С. 244-251.*

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., Хурсик В.З. Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования. Отчёт ООО «Пермской геолого-геофизической компании» по государственному контракту №155 от 28 июля 2008 г. Министерства природных ресурсов Пермского края. Пермь, 2010. 151 с.

20. Осокин А. Поиск нефти из космоса // *Пермская нефть. 2009. №19 (268). С. 10.*

МЕТОДОЛОГИЯ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ АЛМАЗОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Рассмотрена методология проведения аэрокосмогеологических и структурно-геоморфологических исследований при поисках алмазов и ее практическое применение на Среднем Урале. Основными методами являются разномасштабное дешифрирование материалов аэро- и космических съемок, морфоструктурный, морфонеотектонический и структурно-блоковый анализы. По дешифрированию космических снимков выделено 11 тысяч тектонических линейментов, установлено 520 малых кольцевых структур. Закартированы палеодолины плиоцен-четвертичного и олигоценовые возраста, представляющие собой эрозионные депрессии. Проведено неотектоническое районирование с оценкой геодинамической активности неотектонических блоков. По геолого-геоморфологическим и неотектоническим критериям выделены перспективные участки для поисков россыпных алмазов.

Ключевые слова: алмазы, неотектоника, аэрокосмические методы, структурно-геоморфологические исследования, палеодолины, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State National Research University, Perm, Russia

METHODOLOGY OF AEROSPACE-GEOLOGICAL AND STRUCTURAL-GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH WHEN SEARCHING FOR DIAMONDS AND ITS APPLICATION IN THE MIDDLE URALS

The methodology of aerospace-geological and structural-geomorphological research in the search for diamonds and its practical application in the Middle Urals are considered. The main methods are multi-scale interpretation of aerial and space survey materials, morphostructural, morphoneotectonic and structural-block analyzes. According to the interpretation of satellite images, 11 thousand tectonic lineaments were identified, 520 small ring structures were established. Pliocene-Quaternary and Oligocene paleovalleys have been mapped, which are erosional depressions. Neotectonic zoning was carried out with an assessment of the geodynamic activity of neotectonic blocks. According to geological, geomorphological and neotectonic criteria, promising areas for prospecting for alluvial diamonds were identified.

Key words: diamonds, neotectonics, aerospace methods, structural and geomorphological studies, paleovalleys, the Middle Urals.

Введение

В настоящее время площади известных горнорудных районов довольно хорошо изучены геологическими съемками и поисковыми работами на различные полезные ископаемые. Поэтому здесь можно рассчитывать, главным образом, на выявление скрытых рудных объектов (глубоко залегающих и/или перекрытых рыхлыми отложениями). Значительные площади на Среднем Урале по комплексу геологических критериев являются перспективными для обнаружения промышленных месторождений алмазов [15, 27].

Требуется переход на новые методы прогноза и поиска, которые позволят на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств значительно сократить размер перспективных площадей для постановки детальных глубинных поисковых работ на коренные и россыпные месторождения алмазов.

В данной работе рассмотрены методология и применение комплексных аэрокосмогеологических и структурно-геоморфологических исследований на Среднем Урале (на Пашийско-Кусьинской площади) в бассейнах рек Чусовой, Койвы, Вижая, Вильвы, которые проводились автором (отв. исполнитель работ) совместно с Н.Я. Быковым и В.В. Михалевым (ООО «Омега» по договору с ООО «Пермьгеоплюс»; Михалев, Копылов, Быков и др., 2008ф) [11].

Цель работы: выделение участков перспективных на поиски алмазов на основе проведения крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) структурно-геоморфологических исследований (СГИ).

Пространственные границы: Западно-Уральская зона складчатости (ЗУЗС), Кизеловско-Дружининская структура; Центрально-Уральское поднятие (ЦУП), Кварушско-Каменногорский мегаантиклинорий. Лист О-40-ХVII. Горнозаводский и Чусовской районы Пермского края. Общая площадь – 1,3 тыс. км² (рис. 1).

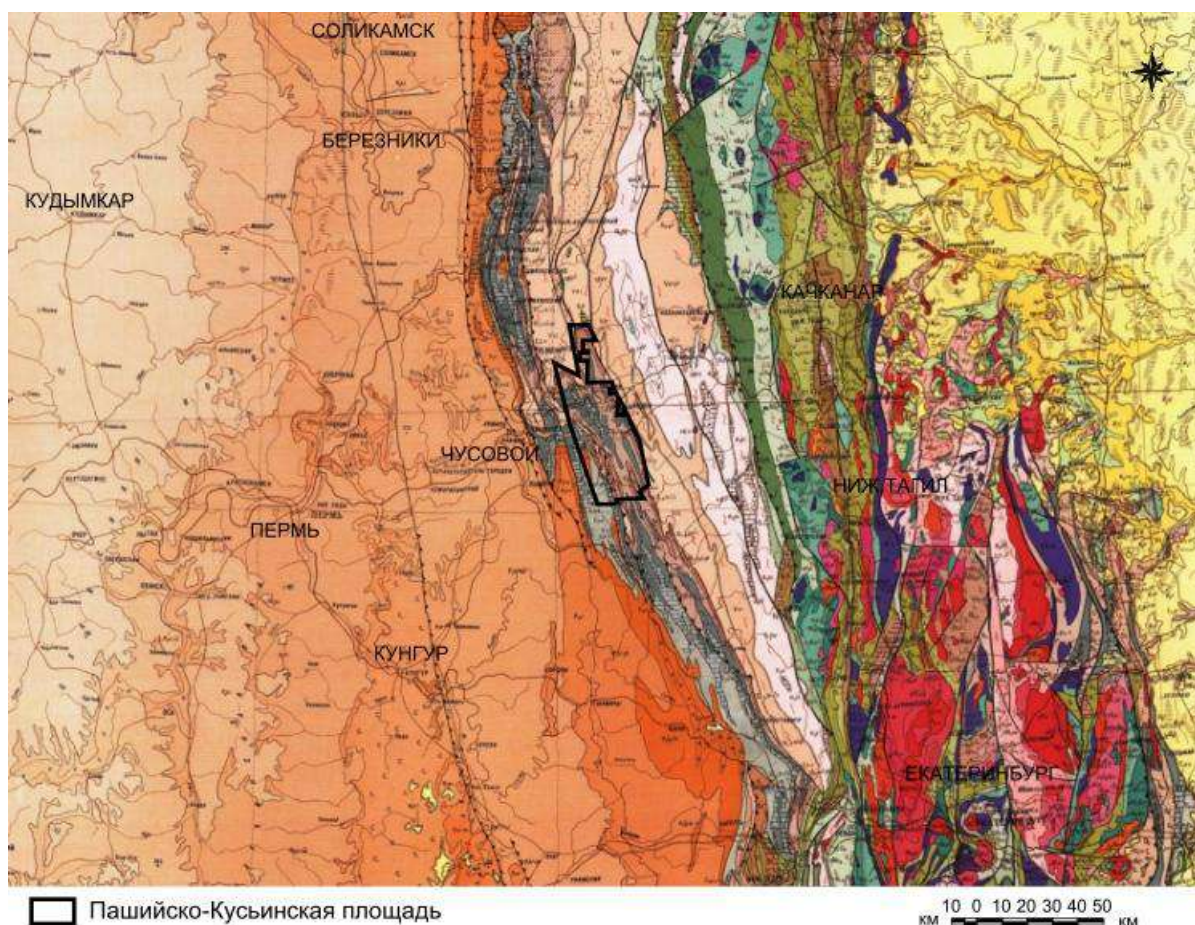


Рис. 1. Обзорная карта района исследований на геологической основе Среднего Урала [2, 15]

Основные геологические критерии перспективности территории на алмазы

Общими признаками для локализации полей являлись следующие критерии: присутствие в земной коре соответствующих масштабу минерагенического поля мантийно-корových неоднородностей с отрицательными аномалиями; положение на пересечении зон тектономагматической активизации, их изломах или слиянии; присутствие древних приподнятых блоков и молодых купольных морфоцентральных структур.

Для оценки россыпной алмазности важнейшими факторами являются геодинамическая (неотектоническая) активность, палеогеография, особенности геоморфолого-неотектонического развития территории и этапы формирования россыпей. Кроме того, учитывался ряд положительных признаков, характерных для данного района.

Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала этапы формирования россыпей были рассмотрены в работах [16, 23, 24].

Рассматриваемая Пашийско-Кусьинская площадь практически полностью попадает в пределы Чусовского прогнозного поля, выделенного при прогнозировании алмазности Урала (Варламов, Зильберман и др., 1990ф) – высокоперспективного на выявление первоисточников алмазов, поисковые критерии которого следующие:

- положение на пересечении Западно-Уральской и Пермско-Чусовской подвижных зон;
- присутствие в основании коры, на уровне «базальтового» геофизического слоя мантийно-корových неоднородностей;
- присутствие россыпей алмазов с выдержанной алмазностью с высокосортными крупными алмазами и большими дражными полигонами;
- платформенный магматизм, включающий габбро-диабазовые комплексы трапповой формации; пикрит-трахибазальтовый (благодатский), пикрит-авгитит-трахибазальтовый (дворецкий), пикрит-эссексит-диабазовый (кусьинский) комплексы щелочно-оливин-базальтовой (трахибазальтовой) континентальной формации, ультрафомиты перидотит-пироксенитовой (сарановско-ашкинский комплекс) формации;
- присутствие древних поднятий и приподнятых блоков позднерифейско-ранневендского и раннепалеозойского возраста;
- рифтогенный характер древней структуры района.

По геологическому положению Чусовское прогнозное поле располагается в пределах Кваркушко-Каменногорского мегаантиклинория и захватывает западным краем ЗУЗС. Большая часть поля сложена дислоцированными терригенными, на отдельных участках вулканогенными и вулканогенно-терригенными образованиями венда, в западной части поля - терригенными и карбонатными отложениями среднего и верхнего палеозоя. В восточной части поля залегают метаморфизованные осадочные и вулканические образования верхнего рифея (басегская серия), формировавшиеся в условиях рифтогенной активизации. Кристаллический фундамент залегает на глубинах от 5 до 7 км и разбит на ряд блоков, вытянутых в меридиональном направлении. Помимо

вулканогенных образований в пределах поля развиты дайковые комплексы толеитовых габбро-диабазов, щелочных и субщелочных диабазов и пикритов (Зильберман и др., 1994ф).

В пределах Чусовского поля по геофизическим данным, стратиграфическим соотношениям и вещественному составу выделено три древних приподнятых блока (Вильвинский, Койвинский, Вижайский). Через Чусовское поле проходит ряд глубинных разломов субширотного, субмеридионального, северо-восточного, северо-западного направлений, затрагивающих наиболее глубокие горизонты кристаллического фундамента и интерпретированных на основе региональных магнитных и гравитационных полей. Зоны пересечения их с приподнятыми блоками представляют минерагенический интерес и предлагаются для поисковых работ на лампроиты поздневендско-раннепалеозойского или позднерифейско-ранневендского возраста. Вдоль глубинных разломов в пределах Чусовского поля выделено несколько перспективных участков на локализацию кустов и узлов лампроитовых тел, в т.ч. Вильвинский, Кусьинский и Вижайский. Кроме того, здесь зафиксированы перспективные магнитные аномалии, требующие заверки (Зильберман и др., 1994ф).

По результатам ГДП-200, полученным в 2002 г. выделена прогнозная Пашийско-Кусьинская алмазоносная минерагеническая зона, состоящая из нескольких узлов, в которых выделены магнитные аномалии трубчатого типа. Аномалии приурочены к породам щелочно-ультраосновного состава и их туфам, которые содержат минералы-спутники алмазов. Суммарные прогнозные ресурсы по категории P_3 составляют 10,13 млн. карат. Некоторые участки располагаются в непосредственной близости от выходов такатинской свиты (Суслов и др., 2004ф).

По аэрокосмогеологической изученности можно отметить, что рассматриваемая площадь была охвачена ранее лишь обзорными и региональными АКГИ общего геологического характера. Некоторые из них имеют методическое значение и использованы для разработки методики поисков алмазов [25]. Автором (Копылов и др., 2004ф, 2010ф) проведено неотектоническое изучение морфоструктурными методами с составлением карт неотектонической активности и геодинамических активных зон Пермской края (области) масштаба 1:500 000. Также были построены карты мегатрещиноватости, расчлененности рельефа и др. В 2006 г. была завершена работа по составлению карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья масштаба 1:500 000 (включая рассматриваемую площадь), составленную на основе регионального дешифрирования и анализа геолого-геоморфологических условий (Копылов, 2006ф) [7-14, 17].

Методология и основные методы аэрокосмогеологических исследований

Методология включает: общие положения, принципы, основные геологические задачи, последовательность исследований [5, 10-12, 18-21].

Основные геологические задачи

- уточнение геологического, тектонического и неотектонического строения территории на основе комплексного дешифрирования космических снимков (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.

- картирование и выявление потенциально перспективных объектов на поиски россыпных алмазов (эрозионно-структурные, эрозионно-карстовые депрессии, участки древних русловых и склоновых потоков и др.).

- структурно-геоморфологические исследования включали морфоструктурный анализ линеаментов и мегатрещиноватости для построения неотектонической карты на структурно-блоковой основе; морфонеотектонический анализ для выявления геодинамических активных зон или участков – вероятных мест переотложенных и смещенных рудных тел.

- построение результирующих карт в ГИС-технологиях (с использованием программных продуктов ArcView и ArcGis).

Последовательность исследований

Последовательность комплекса АКГИ и СГИ приведена в табл.1

На начальном (предварительном) этапе работ было выполнено обзорное и региональное космогеологическое дешифрирование КС на рассматриваемую территорию и прилегающие районы. На последующем (основном) этапе выполнено крупномасштабное структурно-геологическое дешифрирование КС на рассматриваемой площади и детальное дешифрирование КС на 8 участках; проведено крупномасштабное геоморфологическое дешифрирование аэрофотоснимков (АФС) и структурно-геоморфологический завершающий отчет и построены результирующие цифровые карты.

Методика дешифрирования МАКС, анализ геоиндикационных признаков линеаментно-блоковой тектоники и геоморфологии

Пашийско-Кусьинская площадь расположена в низкогорной грядовоувалистой полосе западного склона Урала. Территория характеризуется повсеместным развитием четвертичных отложений и относительно слабой обнаженностью коренных пород [22]. В этих условиях наиболее эффективно применение дешифрирования МАКС при изучении блоковых структур и трещинно-разрывных нарушений скрытого типа.

При проведении АКГИ проводилось «традиционное» и компьютерное дешифрирование МАКС. «Традиционное» изучение МАКС осуществлялось методом инструментального дешифрирования стереомодели на зеркальных стереоскопах и визуально по методике Киевского отдела ИГиРГИ (Гридин, 1976ф) [2], детально разработанной в аэрогеологической экспедиции ГПК ООО «ПермНИПИнефть» (Ильиных, 1976ф; Быков, 1987ф). Подробно технологии дешифрирования, характеристика и анализ геоиндикационных признаков приведена в монографии [6].

Последовательность и состав работ по проведению крупномасштабных АКГИ на Пашийско-Кусьинской площади

№	Наименование работ
1	Комплектация материалов аэро- и космических съемок (МАКС). Топогеодезическая компьютерная подготовка МАКС к дешифрированию. Сбор, обобщение и анализ имеющегося геолого-геофизического материала
2	Обзорное и региональное дешифрирование КС на площади 12 тыс. км ² в масштабе 1:200 000-1:500 000 с целью уточнения геологического, тектонического и неотектонического строения территории. Зональное дешифрирование КС на площади 4 тыс. км ² в масштабе 1:100 000 для геологических целей и оценки мегатрещиноватости
3	Крупномасштабное дешифрирование КС на площади 1,3 тыс. км ² в масштабе 1:50 000: выделение прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, установление их контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных формаций, тел и месторождений. Детальное дешифрирование КС на 8 участках на площади 320 км ² в масштабе 1:25 000-1:35 000 – для уточнения местоположения перспективных объектов и участков
4	Картирование и выявление потенциально перспективных объектов на поиски россыпных алмазов (эрозионно-структурные, эрозионно-карстовые депрессии, участки древних русловых и склоновых потоков, выположенные участки рельефа с увеличенной мощностью рыхлых отложений и др.) – на основе проведения крупномасштабного геоморфологического дешифрирования АФС (в масштабе 1:35 000) и структурно-геоморфологического анализа
5	Морфоструктурный анализ линеаментов и мегатрещиноватости для построения неотектонической карты на структурно-блоковой основе
6	Выявление и картирование геодинамически активных участков – вероятных мест переотложенных и смещенных рудных тел
7	Комплексная интерпретация результатов АКГИ с накопленным геолого-геофизическим материалом
8	Составление текста отчета и результирующих цифровых карт в формате ArcView и ArcGis: результатов комплексного дешифрирования неотектонических блоковых структур; объектов и участков, перспективных на поиски россыпных месторождений алмазов

Компьютерное космогеологическое дешифрирование применялось при проведении структурно-геологического дешифрирования по методике, разработанной автором в ФГУП «Геокарта-Пермь и секторе комплексных геологических исследований ООО «ПермНИПИнефть» (Копылов, 2004ф; 2006ф). Методика компьютерного космогеологического дешифрирования заключалась в выявлении по характеру фотоизображения различно ориентированных линейных и дугообразных линеаментов, картировании неотектонических блоковых структур и ландшафтных (морфоструктурных) аномалий с последующим сопоставлением их с геолого-геофизическими материалами, с применением ГИС-технологий. Технологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) КС разного масштаба от мелкого – к крупному.

Методика структурно-геоморфологических исследований

Для решения геологических задач по оценке геодинамической (неотектонической) активности территории применяются структурно-геоморфологические методы исследований. Основной их метод – морфоструктурный анализ, задачей которого является расчленить суммарный результат эндогенных и экзогенных воздействий на рельеф и выделить в нем ведущее начало, т.е. процесс тектонической деформации земной поверхности и его морфологические проявления в виде формирования и развития, разнообразных морфоструктур [3]. В настоящее время существует большое количество методов и способов морфоструктурного анализа, морфометрических и картометрических построений. Набор тех или иных наборов методов и способов обычно выбирается исходя из целей и задач исследований. Наиболее разработаны методики по выявлению новейших тектонических структур, служащих чаще всего индикаторами глубинных поднятий – анализ расчлененности рельефа и анализ мегатрещиноватости [26]. Автором разработаны морфонеотектонический анализ, основанный на морфометрической системе оценки геодинамической (неотектонической) активности территории, коэффициент интегральной неотектонической активности [10], который применялся на Пашийско-Кусьинской площади.

Комплектация МАКС

Комплексное дешифрирование при АКГИ проводилось с использованием широкого спектра МАКС поверхности Земли (табл. 2).

Таблица 2

Комплектация МАКС при проведении АКГИ на Пашийско-Кусьинской площади

МАКС	Масштаб	Качество
АФС	1:200 000	Снимки с удовлетворительной проработкой контуров и деталей фотоизображения; недостаточная контрастность и неравномерная плотность фототона
АФС	1:130 000	Снимки хорошего качества. Благодаря обзорности и значительному уровню генерализации, удовлетворительной контрастности фотоизображения, обладают высокой информативностью при мелкомасштабном структурном дешифрировании
АФС	1:100 000	Снимки слабоконтрастные с неравномерной фототональностью, участками покрыты дымкой. В целом, пригодны для инструментального дешифрирования
АФС	1:35 000 1:25 000	Снимки с достаточной геологической информативностью, с достаточной контрастностью, с удовлетворительной проработкой контуров и деталей фотоизображения. Использовались для детализации выделенных перспективных объектов
КС «Landsat7»	1:100 000- 1:50 000	Цифровые снимки очень высокого качества с разрешением на местности 14 м позволяют достаточно четко выделять объекты, соответствующие масштабу 1:50 000. С их помощью производился основной объем комплексного дешифрирования на региональном и зональном уровнях
SRTM	1:100 000	Материалы мелкомасштабной радарной топографической космосъемки Shuttle radar topographic mission удовлетворительной контрастности, использовались для построения цифровой модели рельефа

Результаты исследований

Комплексное дешифрирование аэро- и космических снимков (КС) проведено в разных масштабах и уровнях генерализации:

- обзорное и региональное дешифрирование выполнено на площади 12 тыс. км² в масштабе 1:200 000-1:500 000,
- зональное дешифрирование выполнено на площади 4 тыс. км² в масштабе 1:100 000,
- крупномасштабное дешифрирование выполнено на площади 1,3 тыс. км² в масштабе 1:50 000,
- детальное дешифрирование выполнено на 8 участках на площади 320 км² в масштабе 1:25 000-1:35 000.

Картирование линейных структур

Структурно-геологическим дешифрированием КС выявлена сеть прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Всего выделено более 11 тысяч прямолинейных линеаментов, ранжированных по протяженности на различные таксономические ранги: глобальные, региональные, зональные, локальные и короткие (рис. 2).

Непосредственно в пределах Пашийско-Кусьинской площади разномасштабным дешифрированием выделено 2821 прямолинейных линеаментов: 6 – региональных, большой протяженностью (> 200-300 км); 12 – региональных, значительной протяженностью (50-200 км); 46 – зональных, протяженностью 15-50 км; 139 – локальных, протяженностью 5-15 км; 979 – коротких, протяженностью 1-5 км; 1639 – коротких, протяженностью 0,5-1,5 км.

Установлены прямолинейные линеаменты восьми систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-западных и северо-восточных линеаментов. 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, совпадая с их осевыми линиями, или трассируясь, 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.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

10 0 10 20
км

- 
 региональные и зональные линеаменты (15-100 и более км)
 по дешифрированию КС масштаба 1:1 000 000-1:200 000
- 
 локальные и короткие линеаменты (1-5, до 15 км)
 по КС масштаба 1:100 000-1:50 000
- 
 Пашийско-Кусьинская
 площадь крупно-
 масштабных АКГИ

Рис. 2. Карта линеаментных полей Среднего Урала (на КС «Landsat7») по региональному и крупномасштабному дешифрированию

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. Четко выражен серией региональных линеаментов ССЗ простирается контакт палеозойских и вендских образований, по которому проводится граница между ЦУП и ЗУЗС, а также восточная граница Пашийско-Кусьинской структурно-эрозионной депрессии. Западная граница этой депрессии хорошо фиксируется региональными линеаментами в северной ее части. В южной части депрессия расширяется к западу и западная граница, как и в целом, вся структура отображается зональными и локальными линеаментами

Картирование кольцевых структур

В пределах рассматриваемой площади крупномасштабным дешифрированием КС выделено 520 малых кольцевых структур (морфоаномалий) и 960 дугообразных линеамента (рис. 3). Размер их в диаметре в среднем 1-1,5 до 2 км. Более половины - 281 кольцевых структур выделено основным видом работ - дешифрированием масштаба 1:50 000 с размерами структур в диаметре от 0,5x0,8 до 1,5x2,0. Дешифрированием масштаба 1:35 000 закартирована 131 кольцевая структура, чаще этим видом работ уточнялось местоположение и контуры структур, реже выявлялись новые. Реже, удается распознать кольцевые структуры при дешифрировании КС в масштаб 1:100 000 – 108 структур. Удалось распознать фрагменты двух кольцевых структур с диаметром 40-55 км в северной и южной части площади и несколько структур с диаметром 10-20 км.

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

Пространственно кольцевые структуры наиболее сконцентрированы в северной и южной части площади, реже – в центральной и западной. Группируются они в небольшие цепи, чаще северо-западного простираения или небольшие группы. Природа их не выяснена, требуются дополнительные исследования – комплекс полевых исследований и сопоставление с детальными геофизическими материалами, которых в настоящее время крайне мало. Предполагается, что они имеют тектоническое происхождение. Часть из них отражает локальные тектонические поднятия.

Геоморфологическим дешифрированием (проведенным по АФС Н.Я. Быковым) закартированы палеодолины плиоцен-четвертичного и олигоценовые возраста, представляющие собой эрозионные депрессии. В пределах их выделено 107 террасовидных участков увеличенной мощности (более 5 м) рыхлых отложений возможно, вмещающих россыпи алмазов.

Структурно-геоморфологический анализ

На Пашийско-Кусьинской площади и прилегающей территории выполнен морфоструктурный и морфонеотектонический анализы, включающие оценку интенсивности мегатрещиноватости по плотности линеаментов и мегатрещин, оценку эрозионной расчлененности рельефа и общую оценку геодинамической (неотектонической) активности, составлены карты:

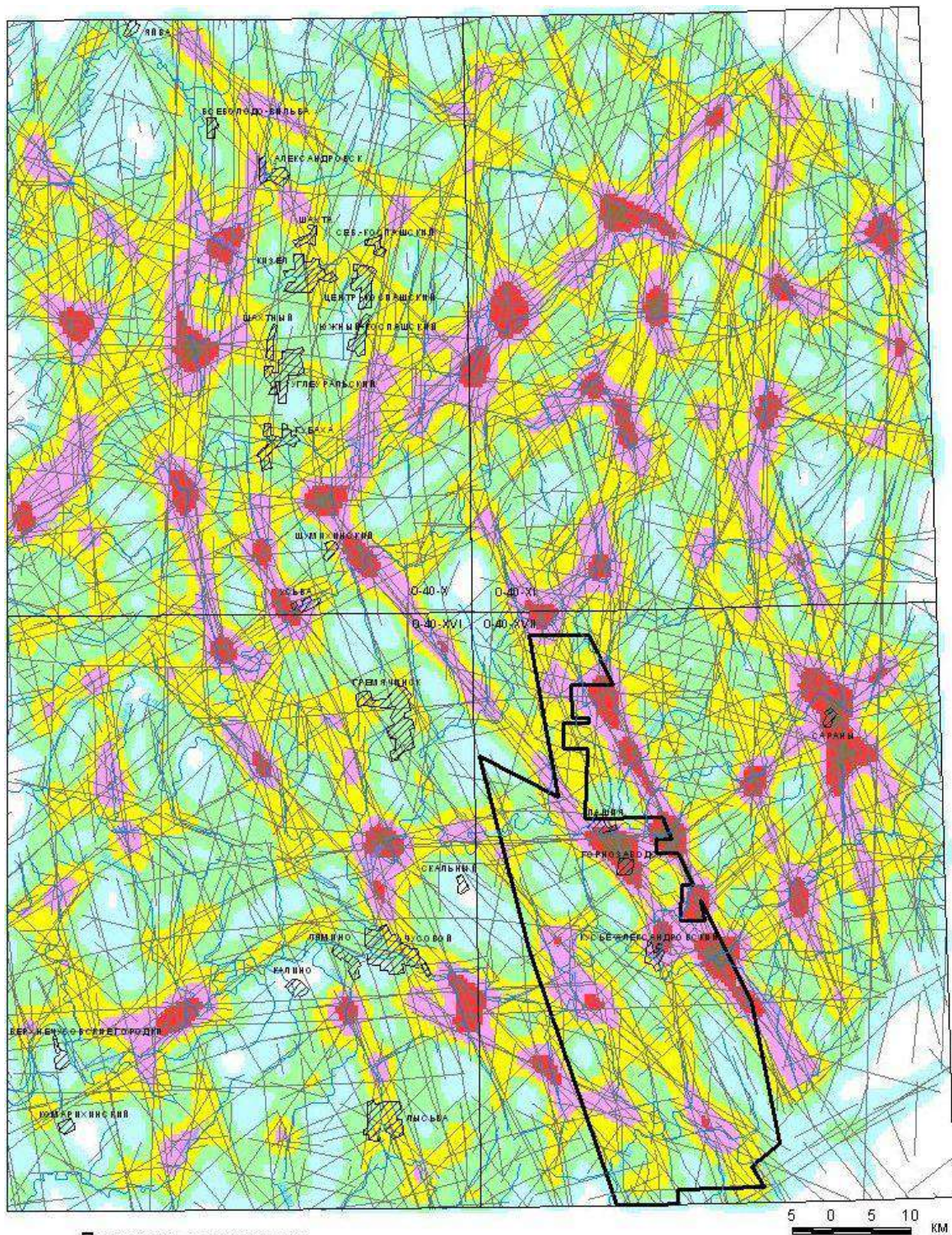
- карта плотности региональных линеаментов и мегатрещин (рис. 4),
- карта плотности мегатрещин (по крупно- и среднемасштабному дешифрированию (рис. 5),
- карта плотности мегатрещин (по крупномасштабному дешифрированию),
- карта коэффициента суммарной эрозионной расчлененности рельефа (рис. 6),
- интегральная карта неотектонической активности (по суммарным показателям мегатрещиноватости и эрозионной расчлененности рельефа) (рис. 7).

Проведенный ранее морфоструктурный анализ мегатрещиноватости на региональном уровне масштаба 1:500 000 (Копылов и др., 2004ф) показывал на тенденцию более высоких значений (выше фона) мегатрещиноватости в северной части площади и низкую (ниже фона) – в южной части площади.

Карта плотности региональных линеаментов и мегатрещин (рис. 4) отражает закономерности распространения региональных линеаментов, отождествляемых с крупными разломами и зонами трещиноватости. Четко фиксируется участками с очень высокой плотностью мегатрещиноватости система из 4 ССЗ линейных трещинных зон параллельно осям основных геологических структур, а также Пашийско-Кусьинской структурно-эрозионной депрессии. Они пересекаются 7-8 менее выраженными по интенсивности зонами субширотного и СВ направления.

Значительные части линейных зон трещиноватости совпадают со структурно-эрозионными депрессиями, выделенными по геоморфологическому дешифрированию. Очень возможно, что по этим зонам проходят русла палеорек, которые в свою очередь могут быть местом нахождения россыпных алмазов. Наиболее перспективными участками являются места их пересечения.

Карты плотности малых мегатрещин построены по результатам крупно- и среднемасштабного дешифрирования (рис. 5) и отдельно - крупномасштабного дешифрирования. На них отмечается следующая закономерность: чем крупнее масштаб дешифрирования, тем меньшего размера выделяются объекты – участки повышенной трещиноватости, которые становятся менее линейными и более локальными. Такие участки выделяются локально по всей площади, но наиболее – в северной части. Они могут быть связаны, как с тектоническими структурами, вероятнее всего – локальными поднятиями и с любыми другими неоднородностями в недрах в т.ч. - магматическими телами. В целом, участки с повышенной и высокой интенсивностью мегатрещиноватости могут быть положительным поисковым показателем россыпных месторождений алмазов.



Плотность мегатрещин

Участки мегатрещиноватости			
Цвет палитра	кмт. усл. ед.	Статистическое распределение	Степень плотности мегатрещин
Светло-голубой	< 0,1	$\mu - (\sigma)$	Низкая
Зеленый	0,1 - 1,6	$(\mu - \sigma) - \mu$	Средняя
Желтый	1,7 - 3,2	$\mu - (\mu + \sigma)$	Повышенная
Оранжевый	3,3 - 4,8	$(\mu + \sigma) - (\mu + 2\sigma)$	Высокая
Красный	4,9 - 6,4	$(2\mu + \sigma) - (3\mu + \sigma)$	Очень высокая
Темно-красный	> 6,4	$> (3\mu + \sigma)$	Чрезвычайно высокая

Условные обозначения

- Региональное дешифрирование масштаба 1:200 000 - 1:1 000 000, (Копылов, 2004, 2006, 2008)
- Гидросеть
- Крупные населенные пункты
- Район крупномасштабных АКГИ

Рис. 4. Карта плотности региональных линейментов на Среднем Урале

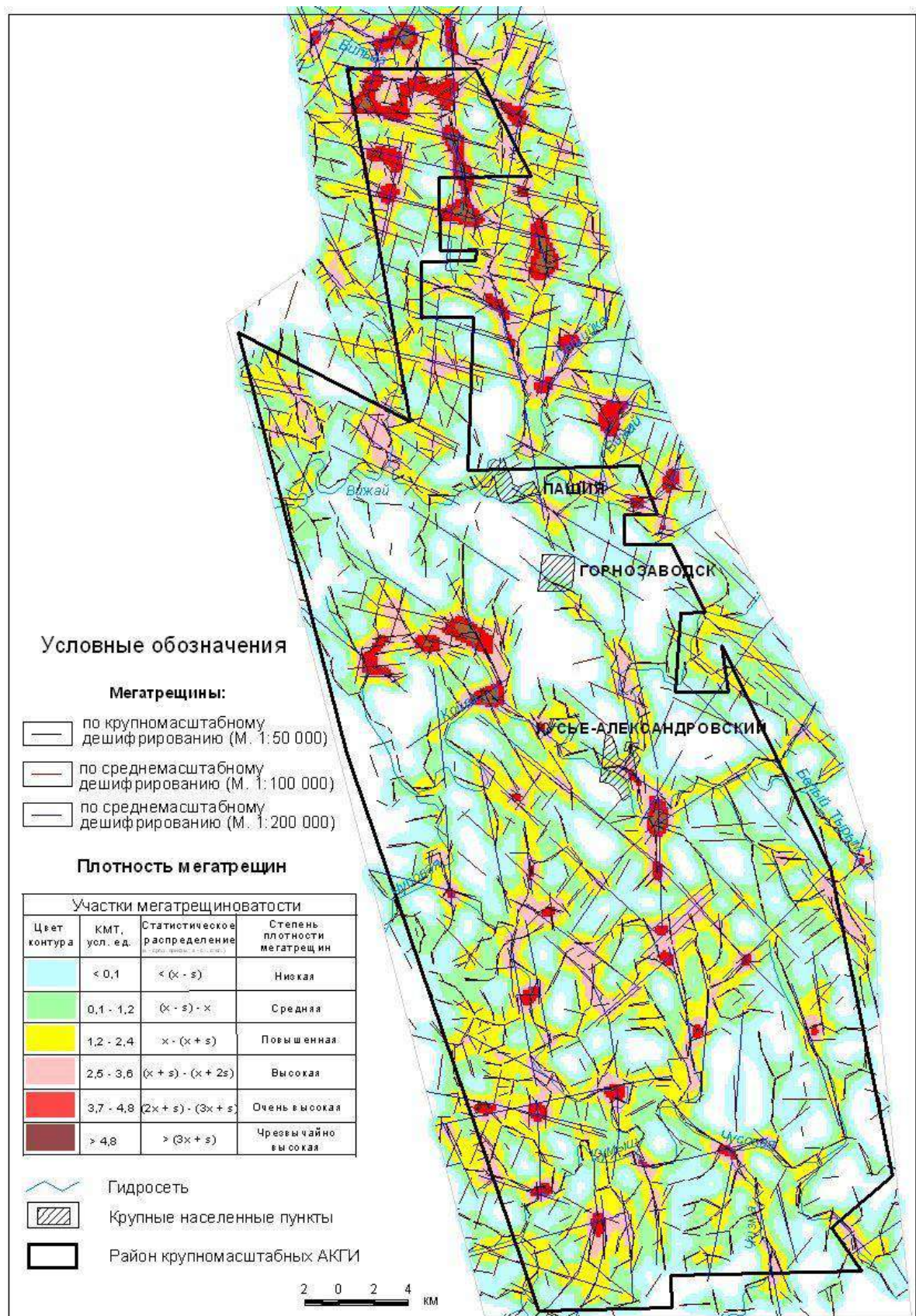


Рис. 5. Карта плотности линейментов (мегатрещин) по крупно- и среднемасштабному дешифрованию

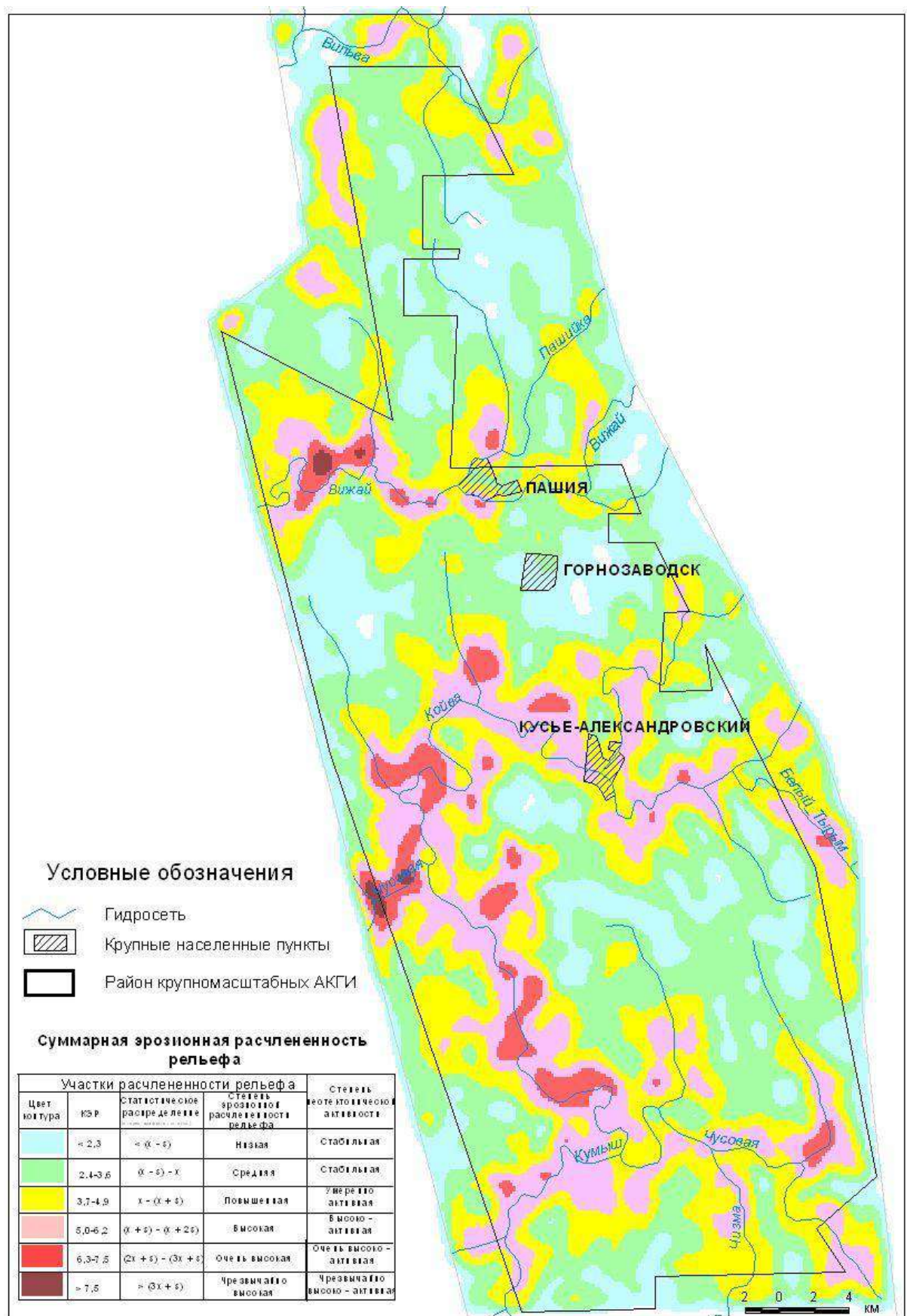


Рис. 6. Карта коэффициента суммарной эрозионной расчлененности рельефа

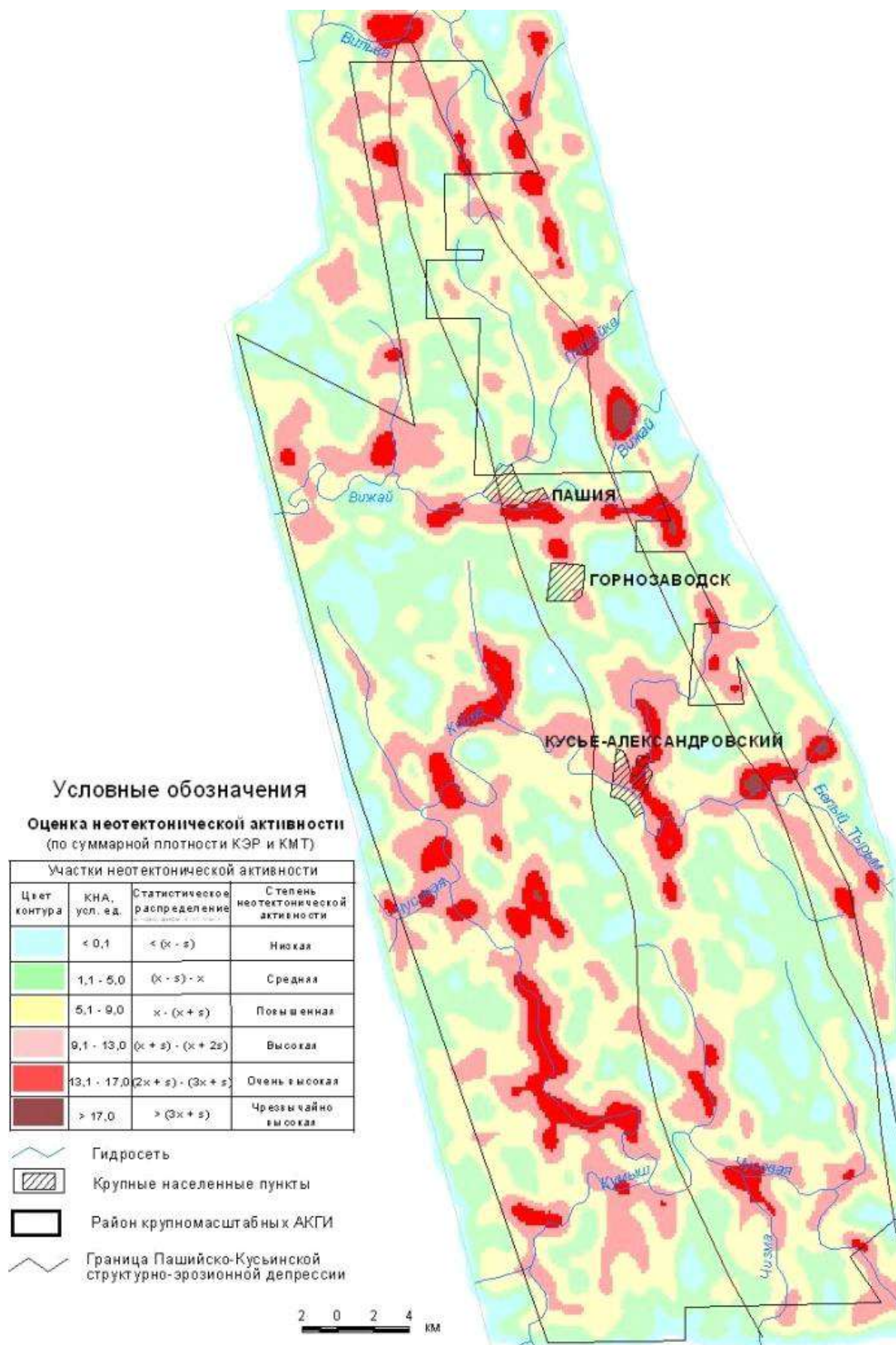


Рис. 7. Интегральная карта неотектонической активности

Карта коэффициента суммарной эрозионной расчлененности рельефа (КЭР) (рис. 6) также отражает неотектоническую активность, но не совсем точно, в силу неоднородности гидрографической сети и неравномерности расположения русел одинаковых порядков. Преобладает горизонтальная составляющая, над вертикальной – энергией рельефа. Наивысшие значения КЭР отмечаются в долинах крупных рек района – Чусовой, Койвы и Вижая. На водораздельных участках значения КЭР низкие.

Наиболее корректно отражает степень неотектонической активности интегральная карта неотектонической активности, составленная по суммарным показателям мегатрещиноватости и эрозионной расчлененности рельефа (рис. 7). Она сохраняет основные тенденции всех перечисленных выше карт – линейность и пространственное совпадение участков с высокими и повышенными значениями коэффициента неотектонической активности (КНА) с трещинно-разломными зонами СЗ направления и с границами геологических структур. Также эти участки зонально и локально совпадают с современными долинами крупных рек района – Чусовой, Койвы и Вижая и Вильвы и их палеодолинами, а также со структурно-эрозионными депрессиями. Показатели КНА (4-6 баллы) могут быть положительными критериями для поисков россыпных алмазов. Дополнительным положительным поисковым критерием может служить концентрация узлов пересечений мегатрещин и линеаментов. На рассматриваемой территории установлено 206 таких узлов с распространением по всей площади, с некоторым преобладанием в восточной части.

Неотектоническое районирование на основе линеаментно-блоковой тектоники, анализ неотектонической активности блоковых структур

Признаки неоген-четвертичной блоковой тектоники, как отмечает К.П. Плюснин [21], развиты по всему Уралу. Для региональных неотектонических блоковых структур Урала и ЗУЗС характерна отчетливая пространственная взаимосвязь с геоморфологическими формами (ступенчато-ярусный рельеф), геологическим строением (формации и комплексы пород) и тектоническими структурами. Эта глобальная закономерность выражена благодаря контролирующей роли системы региональных разломов уральского типа, преимущественно субмеридионального направления с поперечными субширотными.

На основе представлений о блоковом строении земной коры, изучения закономерностей размещения глубинных разломов (выделенных по геолого-геофизическим данным) и линеаментам, отождествляемым с разломами в фундаменте и осадочном чехле (по материалам космического дешифрирования и структурно-геоморфологическому анализу) составлена карта неотектонических блоковых структур. Она отражает формы тектонического рельефа; условную степень активности современных и новейших движений земной коры, отраженных в современном рельефе (рис. 8).

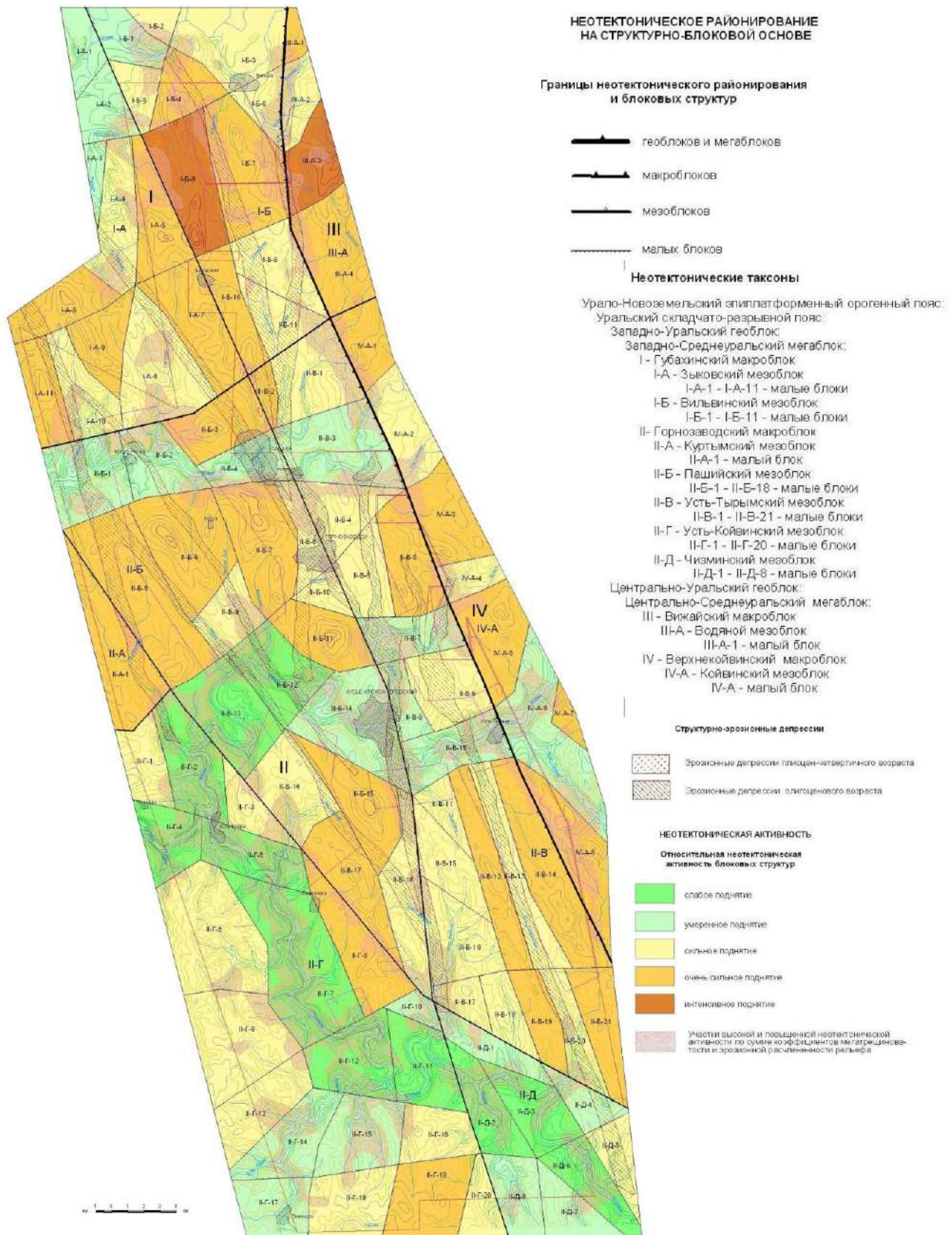


Рис. 8. Неотектоническое районирование на структурно-блоковой основе Пашийско-Кусьинской площади (уменьшение с масштаба 1:100 000)

В основу районирования и классификации новейших тектонических структур положен единый структурный принцип деления территории независимо от ранга или классификационного уровня выделяемых подразделений, а именно выделение выраженных в рельефе, соподчиненных по размерности и происхождению, активных на новейшем этапе неотектонических структур разного ранга и глубины заложения – от материковых платформ и орогенов до локальных структур. Границами блоковых структур (геоблоков, мегаблоков, макроблоков, мезоблоков, локальные блоки) послужили отрезки протяжённых прямолинейных линеаментов, контролирующих геологические структуры, неотектонические блоки. Выделение блоковых структур производилось в соответствии с принципами линеаментной тектоники [5]. Все неотектонические блоки характеризуются определенными орографическими уровнями поверхностей рельефа.

В качестве основы для неотектонического районирования на структурно-блоковой основе до уровня выделения геоблоков (но с уточнением их пространственных границ) взята карта геолого-неотектонического районирования масштаба 1:1 500 000 под редакцией В.И. Бабака и Н.И. Николаева [1]. Разделение на макроблоки и мезоблоки выполнено в соответствии с картой неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья (Копылов, 2006ф; Копылов, 2007) [14]. В настоящей работе неотектоническое блоковое строение рассматриваемой площади детализировано до уровня малых блоков. Всего на Пашийско-Кусьинской площади выделены фрагменты: 2 геоблоков, 2 мегаблоков, 4 макроблоков, 9 мезоблоков, которые «разбиты» на 102 малых блока (рис. 8).

Пашийско-Кусьинская площадь входит в пределы планетарной геоструктуры - Урало-Новоземельского эпиплатформенного орогенного пояса и субпланетарной геоструктуры – Уральского складчато-разрывного пояса, который в пределах рассматриваемой территории разделен на Западно-Уральский и Центрально-Уральский пояса – геоблоки.

Западно-Уральский геоблок соответствует ЗУЗС, в пределах рассматриваемой территории включает Западно-Среднеуральский мегаблок. В его пределах выделены два макроблока: Губахинский (I) и Горнозаводский (II).

В пределах Губахинского макроблока выделены 2 мезоблока: Зыковский (I-A), «разбит» на 11 малых блоков и Вильвинский (I-B) «разбит» на 11 малых блоков. В пределах Горнозаводского макроблока выделены 5 мезоблоков: Куртымский (II-A) включающий 1 малый блок, Пашийский (II-B) «разбит» на 18 малых блоков, Усть-Тырымский (II-V) «разбит» на 21 малый блок, Усть-Койвинский (II-Г) «разбит» на 20 малых блоков, Чизминский (II-Д) «разбит» на 8 малых блоков.

Центрально-Уральский геоблок соответствует ЦУП. В пределах рассматриваемой территории выделен Центрально-Среднеуральский мегаблок. В его составе выделены два макроблока: Вижайский (III) с Водяным мезоблоком (III-A) и Койвинский (IV) с Верхнекойвинским мезоблоком (IV-A). В пределах каждого мезоблока выделяется по 1 малому блоку, все они располагаются в приграничной зоне с Пашийско-Кусьинской площадью.

Структурно-геоморфологическим анализом и по преобладающим орографическим уровням блоковые структуры подразделены на группы, различающиеся относительной неотектонической активностью. Из 102 малых блоковых структур 11 характеризуются слабым поднятием, 21 – умеренным поднятием, 37 – сильным поднятием, 31 – очень сильным поднятием, 2 – интенсивным поднятием (рис. 8).

Проведение неотектонического районирования на структурно-блоковой основе может быть важной задачей при прогнозировании россыпной алмазности. Поскольку снос потенциально алмазносных рыхлых отложений происходит в сторону опущенных неотектонических блоков, где происходит вероятное их накопление, то при поисках россыпей, предпочтение следует отдавать относительно низким блокам. В зависимости от высоты нахождения первоисточников коренных алмазов или древних россыпей, степени ступенчатости и расчлененности рельефа и других факторов, потенциально перспективные неотектонические блоки могут находиться в разных районах и участках на различных орографических уровнях, поэтому оценка их перспектив в каждом конкретном случае должна быть индивидуальна.

Прогноз перспективных участков и поисковых объектов и их характеристика

По результатам проведения комплексных АКГИ и СГИ на Пашийско-Кусьинской площади с целью выделения участков перспективных на поиски алмазов, был разработан комплекс геолого-геоморфологических структурно-тектонических и неотектонических критериев и показателей.

Потенциально перспективными участками и объектами на поиски россыпных алмазов на Пашийско-Кусьинской площади могут считаться:

- участки с увеличенной мощностью рыхлых отложений возможно, вмещающих россыпи алмазов: эрозионные депрессии плиоцен-четвертичного возраста, олигоценовые палеодолины, отдельные террасовидные уплощенные участки;

- геодинамически активные участки – вероятные места переотложенных и смещенных рудных тел, установленные по повышенным значениям расчетных показателей: КНА, КМТ, КЭР; фокальным узлам линеаментов.

- малые кольцевые структуры (локальные морфоаномалии), аэромагнитные и другие геофизические аномалии;

- неотектонически активные блоки, опущенные относительно блоков с более высоким поднятием (с которых происходил снос рыхлых отложений возможно, вмещающих россыпи алмазов)

- потенциальные алмазносные геологические подразделения терригенных отложений (западноуральская, такатинская, пашийская свиты).

По геолого-геоморфологическим, структурно-тектоническим и неотектоническим критериям на Пашийско-Кусьинской площади выделены 40 комплексных перспективных участков с размерами 0,67-2,82 км², в среднем 1,7 км², которые отображены на карте объектов и участков, перспективных на поиски россыпных месторождений алмазов (рис. 9, 10).

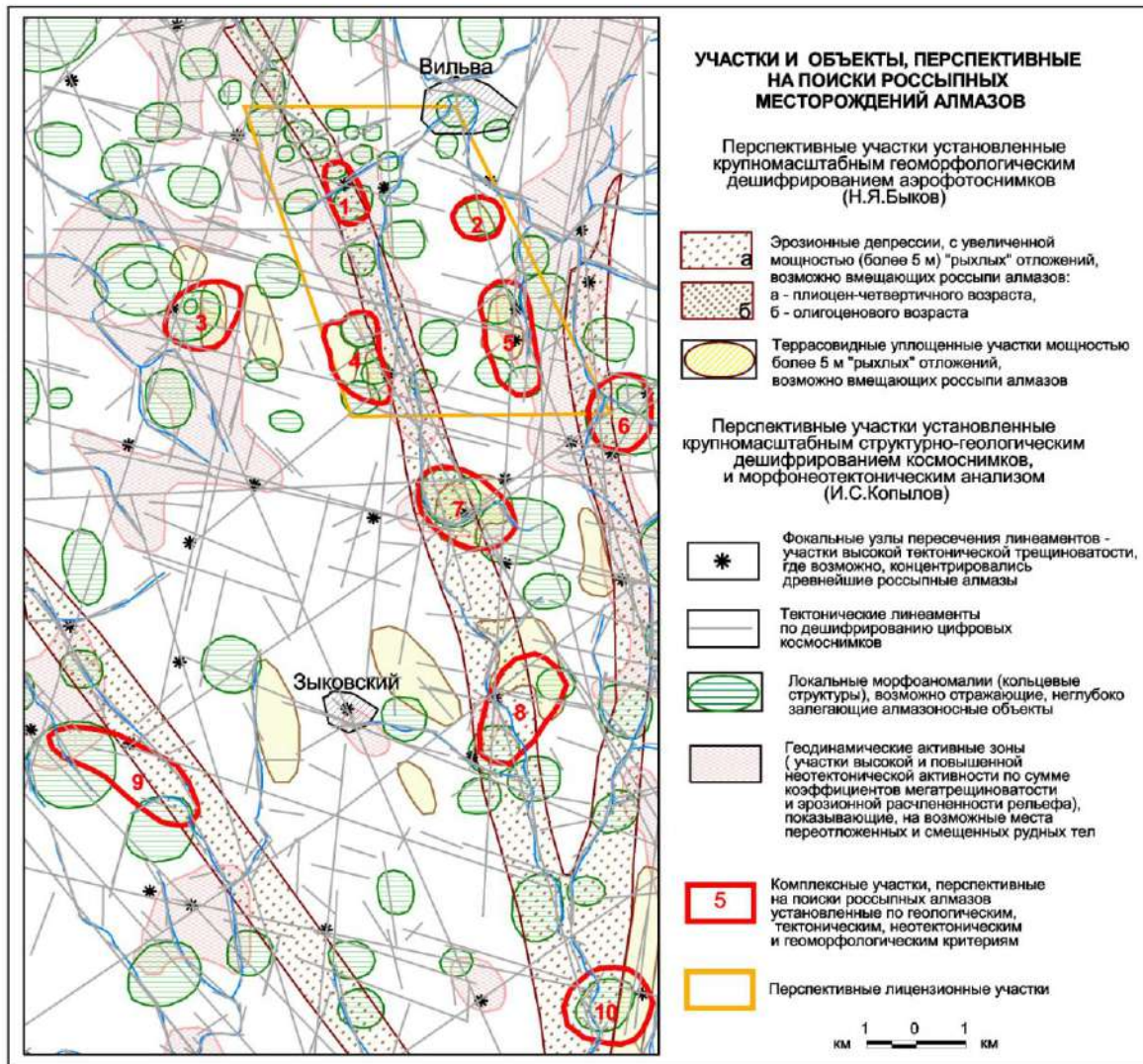


Рис. 10. Фрагмент карты объектов и участков, перспективных на поиски россыпных месторождений алмазов с перспективным лицензионным участком

Характеристика этих участков по показателям в бальной оценке перспектив (в сокращенном виде) приведена в табл. 3.

Каждому положительному показателю присвоен 1 балл. Участки характеризуются суммой баллов от 3 до 9. Из них максимальное число баллов имеет 1 участок (№ 5); 8 баллов – 10 участков (№ 20, 23, 24, 26, 27, 29, 34, 35, 36, 38); 7 баллов – 12 участков (№ 1, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 17, 18, 39, 40); 6 баллов – 9 участков (№ 3, 10, 16, 25, 28, 30, 31, 32, 33); 5 баллов – 5 участков (№ 12, 14, 19, 21, 22); 4 балла – 2 участка (№ 13, 37); 3 балла – 1 участок (№ 2).

С учетом того обстоятельства, что многие перспективные участки расположены на территориях, осложненных для контактного изучения по административно-правовым причинам (находятся рядом, но за пределами лицензионного участка или в природоохранных зонах), то при учете первоочередности изучения они не принимались во внимание. Однако необходимо отметить, что из 15 таких участков 7 характеризуются высокой 7-8 балльной оценкой перспективности.

Таблица 3

Перспективные участки на поиски россыпных месторождений алмазов и их характеристика (по результатам комплексного крупномасштабного дешифрирования МАКС и структурно-геоморфологических исследований)

Номер участка	Площадь, км ²	Геоморфологические критерии		Структурно-тектонические критерии		Неотектонические критерии			Геологические критерии (потенциально алмазоносные свиты)	Сумма положительных баллов	Очередность изучения
		Террасовидные участки	Структурно-эрозийные депрессии	Морфоаномалии	Фокальные узлы линейных элементов	КНА	КМТ	КЭР			
1	0,74		+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	7	1-2
2	0,67	+	+	+						3	3
3	1,58	+		+	+	+	+			6	2
4	1,69	+	+	+	+	+	+		+ D ₂ ps	7	1-2
5	1,99	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₁ tk	9	1
6	1,57		+	+	+	+	+	+		7	-
7	2,32	+	+	+	+	+	+		+ D ₂ ps	7	-
8	2,49	+	+	+	+	+	+		+ D ₂ ps	7	-
9	2,82		+	+	+	+	+			7	1-2
10	2,12	+	+	+	+		+		+ D ₂ ps	6	-
11	1,26		+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	7	1-2
12	0,97	+		+	+	+	+			5	-
13	1,85	+	+	+	+					4	3
14	1,87	+	+	+	+		+			5	2-3
15	2,75	+	+	+	+	+	+		+ D ₂ ps	7	1-2
16	1,69	+	+	+	+			+	+ D ₂ ps	6	2
17	0,94		+	+	+	+	+	+	+ C ₁ v ₁	7	1-2
18	1,03		+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	7	1-2
19	1,05	+	+	+	+				+ D ₂ ps	5	2-3
20	2,76	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	1
21	1,90	+	+	+	+				+ D ₂ ps	5	2-3
22	1,47	+		+	+		+		+ D ₁ tk	5	2-3
23	1,44	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	-
24	2,59	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	-
25	0,96	+	+	+	+		+		+ D ₂ ps	6	2
26	1,90	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	1
27	2,15	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	1
28	1,66	+	+	+	+			+	+ D ₂ ps	6	2
29	1,69	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	1
30	2,07	+		+	+	+	+		+ D ₂ ps	6	-
31	1,97	+		+	+	+	+		+ D ₁ tk	6	-
32	2,02	+		+	+	+	+	+		6	-
33	1,15	+		+	+	+	+	+		6	2
34	2,34	+	+	+	+	+	+	+	+ C ₁ v ₁	8	1
35	1,64	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	-
36	1,29	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	-
37	1,09	+		+	+				+ D ₂ ps	4	-
38	1,34	+	+	+	+	+	+	+	+ D ₂ ps	8	-
39	0,87	+	+	+	+	+	+	+		7	-
40	1,77	+	+	+	+	+	+	+		7	1-2

Примечание: + положительный критерий
- отрицательный критерий

Проведено ранжирование 25 выделенных участков по первоочередности их дальнейшего изучения на поиски россыпных алмазов. При этом установлен следующий порядок определения приоритетности:

- 1 очередь изучения - 8-9 баллов,
- 1-2 очередь изучения - 7 баллов,
- 2 очередь изучения - 6 баллов,
- 2-3 очередь изучения - 5 баллов,
- 3 очередь изучения - 3-4 балла.

Таким образом, к первоочередным наиболее высокоперспективным участкам на Пашийско-Кусьинской площади отнесено 6 участков: №№ 5, 20, 26, 27, 29, 34. К высокоперспективным участкам 1-2 очереди отнесено 8 участков: №№ 1, 4, 9, 11, 15, 17, 18, 40. К перспективным участкам 2 очереди отнесено 5 участков: №№ 3, 16, 25, 28, 33. К перспективным участкам 2-3 очереди отнесено 4 участков: №№ 14, 19, 21, 22. К перспективным участкам 3 очереди отнесено 2 участка: №№ 2 и 13.

Заключение

По результатам комплексных исследований уточнено общее геологическое, тектоническое и неотектоническое строение территории.

По геолого-геоморфологическим и неотектоническим критериям рекомендованы для поисков россыпных алмазов 40 комплексных перспективных участков с их ранжировкой по первоочередности изучения, из них к первоочередным наиболее высокоперспективным отнесены 6 участков.

По мере геолого-геофизического изучения Пашийско-Кусьинской площади, приоритетность изучения предложенных комплексных перспективных участков по дистанционным методам, должна меняться. Кроме того, в районе имеются и другие перспективные объекты для поиска россыпных алмазов. Поэтому, для эффективного поиска алмазов необходима периодическая ревизия и переинтерпретация полученных результатов АКГИ с доизучением и детализацией по отдельным участкам.

Библиографический список

1. Бабак В.И. Николаев Н.И. и др. Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечернозёмной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000. М.: ГУГК, 1984.
2. Геологическая карта Урала. Масштаб 1:1 000 000. Лист О-40 (41) / Гл. ред. О.Л.Кондаин. МПР России, ПГО «Уралгеология», ВСЕГЕИ, 1998.
3. Герасимов И.П. Основные принципы и задачи морфоструктурного анализа / Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. М.: Недра. 1970. С.5-12.
4. Гридин В.И. Структурное дешифрирование материалов дистанционного зондирования. ООО МИНГ им. И.М. Губкина. М., 1987. 99 с.
5. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейной тектоники. М.: Недра, 1986. 140 с.
6. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
7. Копылов И.С. Линейно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.
8. Копылов И.С. Линейно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья //

Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

9. Копылов И.С. Методология, оценка, районирование неотектонической активности (на примере Пермского Предуралья и Урала) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2004. С. 3-11.

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

11. 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.

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

15. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.

16. Копылов И.С., Суслов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россыпей // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 111-112.

17. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 145-158.

18. Корчуганова Н.И. Новейшая тектоника с основами современной геодинамики. Методическое руководство. М.: Геокарт: ГЕОС, 2007. 354 с.

19. Космическая информация в геологии / Коллектив авторов. Гл. ред. А.В. Пейве, А.В. Сидоренко, А.Л. Янин. М.: Наука, 1985. 536 с.

20. Кутейников Е.С. Структурное дешифрирование при геологической съёмке. Методические рекомендации. Л., ВНИГРИ, 1981.

21. Плюснин К.П. Методика изучения тектонических структур складчатых поясов (на примере Урала). Пермь, 1971. 217 с.

22. Сигов А.П. Геоморфология Урала / Геология СССР. Т. XII, ч. 1, кн. 2. М.: Недра, 1969. С.252-279.

23. Спиринов Л.Н., Шмыров В.А. Основные черты голоценовой тектоники и палеогеографии Пермского Приуралья // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала: Межвуз. сб. науч. трудов. Пермь: Перм. ун-т, 1984. С. 107-113.

24. Суслов С.Б., Харитонов Т.В., Копылов И.С. Основные этапы формирования россыпей алмазов на Среднем Урале // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 219-220.

25. 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.

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

27. Харитонов Т.В. Библиография по алмазности Урала / <http://geo.web.ru/pubd/2011/05/03/0001185224/01.pdf>.

**МЕТОДОЛОГИЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
И ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПО
АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
(НА ПРИМЕРЕ ГРИГОРЬЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ)**

Рассмотрена методология ландшафтно-геодинамического анализа для поисков нефтегазоперспективных структур на примере Григорьевской площади. Проведены аэрокосмогеологические исследования в зоне сочленения Пермского свода и Висимской впадины с целью уточнения геологического и тектонического строения территории для постановки нефтепоисковых работ. Построены карты линеаментов, неотектонических блоковых структур, геодинамических активных зон и ландшафтных аномалий. По дешифрированию космических снимков выделены 2009 прямолинейных линеаментов, отражающих трещинно-разрывные структуры осадочного чехла и фундамента. Установлены 108 ландшафтных аномалий, отображающих предполагаемые тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа. Рекомендовано 6 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, Пермский свод.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**METHODOLOGY OF LANDSCAPE-GEODYNAMIC ANALYSIS
AND ESTIMATES OF OIL AND GAS PERSPECTIVES BY AERO-SPACE
GEOLOGICAL RESEARCH
(ON THE EXAMPLE OF GRIGORIEVSKAYA SQUARE)**

The methodology of landscape-geodynamic analysis for the search for oil and gas promising structures is considered on the example of the Grigorievskaya area. Aerospace studies were carried out in the zone of junction of the Perm arch and the Visim depression in order to clarify the geological and tectonic structure of the territory for setting up oil exploration. Maps of lineaments, neotectonic block structures, geodynamic active zones and landscape anomalies were constructed. 2009 rectilinear lineaments were identified, reflecting the fracture-ruptured structures of the sedimentary cover and basement on the interpretation of satellite images. 108 landscape anomalies were identified, reflecting the supposed tectonogenic uplifts of the brachyanticlinal type. Six sites were recommended for carrying out 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, Perm arch.

Введение

Ландшафтно-геодинамический анализ – один из важнейших комплексных дистанционных аналитических методов поисков нефтегазоперспективных структур – применяется в Приуралье более 50 лет. За этот период проведения аэрокосмических исследований (АКГИ) было выявлено более 5 тыс. локальных объектов – ландшафтных аномалий (ЛА), многие из которых подтвердились открытыми месторождениями нефти и газа [6, 7]. В настоящей статье на примере Григорьевской площади показана общая методология и практика применения ландшафтно-геодинамического анализа в комплексе с другими дистанционными исследованиями с целью выявления локальных нефтегазоперспективных объектов.

Григорьевская площадь расположена в Пермском Приуралье на территории Карагайского, Нытвенского и Ильинского районов Пермского края, в основном – в пределах тополиста О-40-ХІV.

В тектоническом плане территория исследований находится по кристаллическому фундаменту в пределах Камской гомоклинали, осложненной Пермским сводом. По палеозойским отложениям площадь расположена в зоне сочленения Пермского свода, Висимской впадины и Ракшинской седловины. По отложениям позднедевонско-турнейского шельфа территория относится к Пильвенскому плато. Перспективы нефтегазоносности площади обусловлены близостью Краснокамского и Северокамского месторождений нефти, нефтегазовый потенциал ее не исчерпан. По карте термальной мощности литосферы (которая составляет 200-240 км) территория относится высокоперспективным землям [5]. Современными методами исследований район изучен не достаточно. Территория охвачена региональными сейсморазведочными и гравиметрическими работами; пробурено (в 1958-1983 гг.) 19 глубоких скважин, вскрывших палеозойские отложения до венда [18].

В верхней части геологического разреза залегают терригенные уржумские (на северо-западе) и казанские отложения (южная, центральная, восточная части) татарского яруса, шешминские отложения уфимского яруса (на юго-востоке) пермской системы, перекрытые маломощными четвертичными делювиальными, делювиально-элювиальными и аллювиальными образованиями [15].

В физико-географическом отношении площадь расположена на восточной окраине Восточно-Европейской равнины, в пределах Верещагинско-Васильевских Увалов и Среднекамской низменной равнины в бореальной зоне южно-таежной подзоны. Рельеф сильно расчлененный с абсолютными отметками от 95 м до 235 м. Речная сеть представлена рекой Камой и ее многочисленными правыми 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 (структурно-тектонического) строения территории в зоне сочленения Пермского свода и Висимской впадины и выявление перспективных участков и объектов методами аэрокосмогеологических исследований для постановки нефтепоисковых работ. Площадь исследований – 1550 км² (рис. 1).



Рис. 1. Григорьевская площадь. Космоснимок Landsat 7

Аэрокосмогеологическая изученность

На территории, охватывающей Григорьевскую площадь проводились разные тематические неотектонические и морфоструктурные исследования, связанные с поисками нефти и газа (Вохмянина и др., 1982ф, 1985ф; Жуков и др., 1980ф; 1983ф; Гацков и др., 1990ф; Ильиных и др., 1992ф; Копылов и др., 2004ф). В северо-восточной части Григорьевской площади в 1989-1992 гг. Аэрогеологической экспедицией Пермской геолого-поисковой конторы ООО «ПермНИПИнефть» под руководством Ю.А. Ильиных проводились АКГИ масштаба 1:50 000 [2]. В 2008-2010 гг. И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком проведено обобщение и ревизионный анализ всех данных АКГИ, выполнено региональное дешифрирование и составлена аэрокосмогеологическая карта территории Пермского края масштаба 1:500 000 (Копылов, Хурсик, 2010ф) [17].

Полностью и детально АКГИ Григорьевская площадь была изучена в 2010 г. И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком по заданию Горного института УрО РАН (Копылов, Хурсик, 2010ф) [16], где весь объем дешифрирования и картосоставительских работ был выполнен автором. Материалы этого отчета полностью вошли в отчет ОАО «Пермнефтегеофизика» (И.Ф. Шелковникова и др., 2011ф) [18] без ссылки на автора.

Методология и методика исследований

Важнейшими методологическими задачами являлись:

- 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 нефтегазоносностью;

- проведение линеаментно-геодинамического анализа территории, представляющего собой комплексный метод (геологических, геоморфологических, дистанционных и других методов) картирования тектонических линеаментов, 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 линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями, и локальных ландшафтных аномалий, отождествляемых с локальными тектоническими структурами;

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

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

Территория исследуемой площади была обеспечена аэрофотоснимками (АФС) 70-80-х гг. XX в. масштабов 1:200 000, 1:130 000, 1:100 000, 1:50 000 и космическими снимками (КС) «Landsat7», sensor ETM 1999-2004 годов съёмки масштаба 1:100 000. Снимки очень высокого качества, с разрешением на местности 30 и 14 м (позволяли достаточно четко выделять объекты, соответствующие масштабам 1:100 000 и 1:50 000).

Методика дешифрирования КС, анализ геоиндикационных дешифровочных признаков, линеаментно-блоковой тектоники и кольцевых структур подробно изложена в работах [7, 8, 16].

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 (рис. 2).

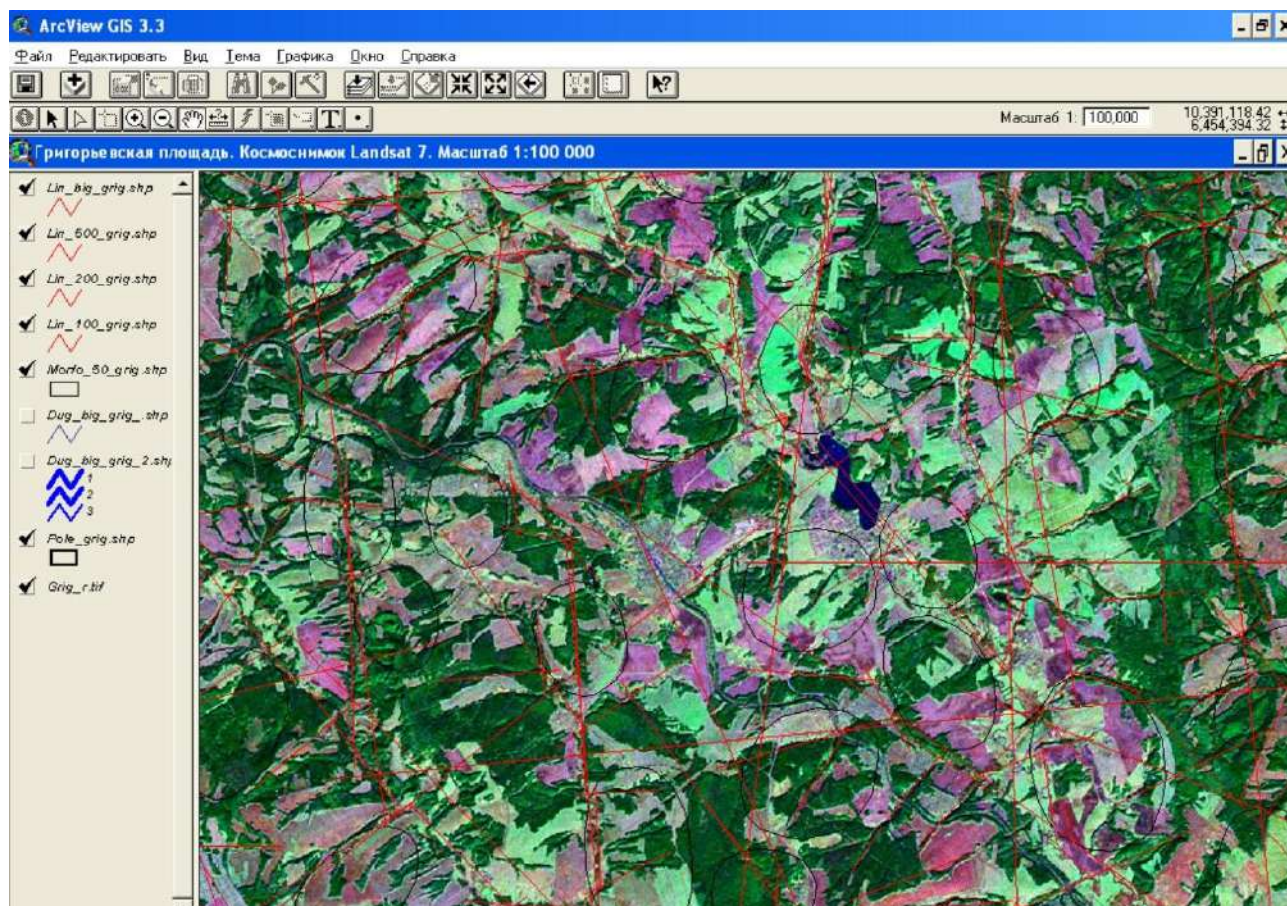


Рис. 2. Компьютерное космогеологическое дешифрирование Григорьевской площади масштаба 1:100 000

Технологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) КС 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;

- стадия зонального дешифрирования КС масштаба 1:100 000 для выявления локальных и коротких линеаментов протяженностью от 2-5 до 10 км и кольцевых структур (локальных ландшафтных аномалий).

Линеаментно-блоковый, линеаментно-геодинамический и ландшафтно-геодинамический анализы с составлением соответствующих карт проводились по методикам, изложенным в работах [6-17].

Результаты аэрокосмогеологических исследований

Прямолинейные линеаменты (предполагаемые трещинно-разрывные структуры)

Согласно методике АКГИ изучался район, охватывающий Григорьевскую площадь с захватом прилегающей территории, где дешифрированием аэрокосмоснимков выделено более 5 тыс. различных линеаментов. В пределах Григорьевской площади в результате дешифрирования КС выявлена сеть прямолинейных линеаментов различных направлений. Всего выделено суммарно 2009 линеаментов (рис. 3).

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

Таблица 1

Картирование линеаментов Григорьевской 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	2
региональные значительной протяженностью	100-200	1:2 500 000	10
зональные	25-100	1:1 000 000 1:500 000	44
локальные	5-25	1:200 000 1:100 000	530
короткие	1-5	1:50 000	1423

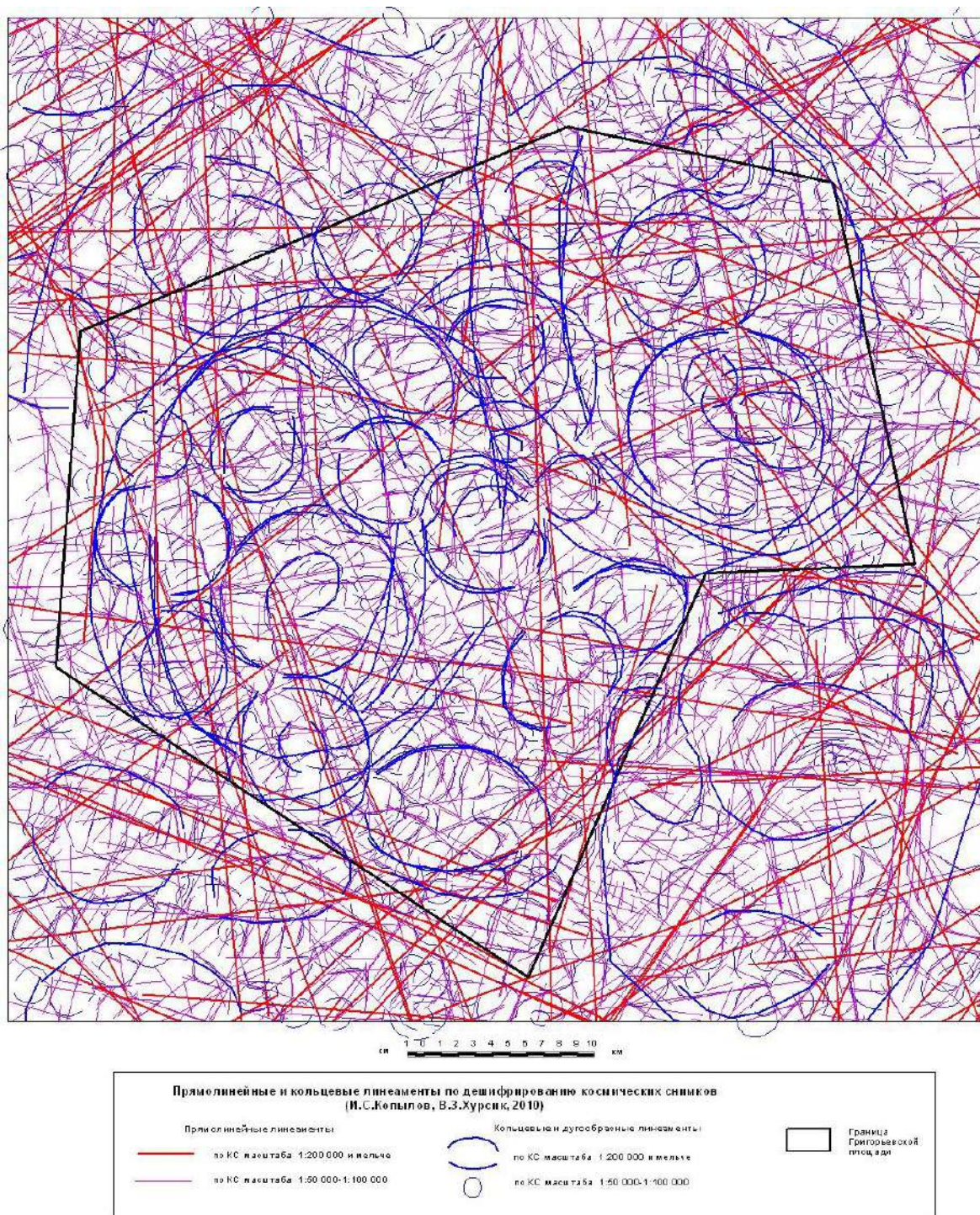


Рис. 3. Карта фактического материала (линеаментов) Григорьевской площади (уменьшение с масштаба 1:100 00)

Установлены региональные прямолинейные линеаменты восьми систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-восточных линеаментов а также субмеридиональные и северо-западные и, в северной части площади – широтные линеаменты. В целом, отмечается регматическая сеть, состоящая из двух систем региональных линеаментов, уходящих далеко за пределы рассматриваемой территории. Диагональная система имеет преимущественное направление 330° и 60° ; ортогональная система – $0-10^{\circ}$ и 285° .

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. Крупнейший в пределах Григорьевской площади региональный линеамент (протяженностью 336 км северо-восточного простирания) проходит по границе Висимской впадины и Пермского свода. Другой крупный линеамент (тоже северо-восточного простирания, с протяженностью 252 км) прослеживается по северной границе Краснокамского вала.

Зональные и локальные линеаменты во многом контролируют общую ориентацию локальных структур. На отдельных участках Григорьевской площади прямолинейные линеаменты контролируют группировку и расположение ландшафтных аномалий. Линеаменты регионального и зонального рангов послужили границами неотектонических блоковых структур в осадочном чехле.

Показанный на карте строения поверхности кристаллического фундамента [3] субширотный глубинный разлом по фундаменту, пересекающий площадь исследований с запада на восток в 3 км севернее с. Григорьевского, по линии Карагай – Бол.Казань – Фиминята – Кошки, уверенно отобразился в материалах дешифрирования. По региональному линеаменту, совпадающему практически полностью с этим разломом проведена граница между неотектоническими блоковыми структурами первого порядка: Никольским – Платоновским и Луговским – Покровским блоками. Двум другим разломам, частично расположенным на площади, - субширотному разлому по фундаменту (в южной части площади) и субмеридиональному разлому, образовавшемуся в верхнем протерозое (в северо-западной части площади) соответствуют локальные линеаменты, которые являются границами между неотектоническими блоками второго порядка

Учитывая современный уровень представлений о природе линеаментов, зоны сгущения линеаментов трактуются, как геодинамически активные зоны с повышенной деформированностью, трещиноватостью и проницаемостью геологической среды.

При проведении дешифрирования КС Григорьевской 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 линейментов и мегатрещин (рис. 4).

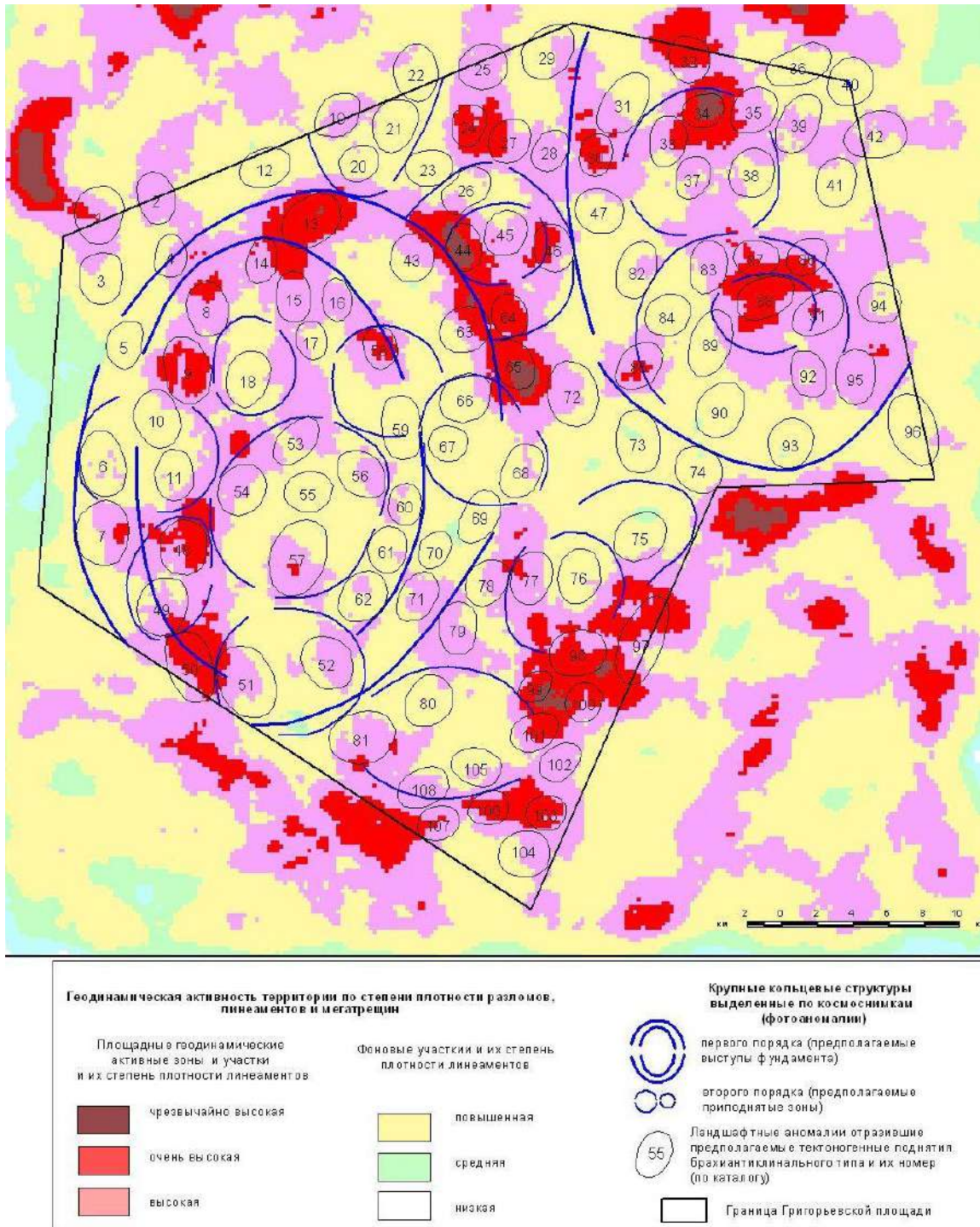


Рис. 4. Карта геодинамических активных зон

Неотектонические блоковые структуры

По геоморфолого-неотектоническому районированию Григорьевская площадь относится к Восточно-Европейской равнине, Восточно-Русской провинции, Камской подпровинции, области слабых и умеренных поднятий

равнины Среднего Прикамья. Северная половина относится к району слабых и умеренных дифференцированных поднятий Верещагинско-Васильевских Увалов с суммарной амплитудой новейших поднятий в 150-200 м, южная – к району слабых дифференцированных поднятий Среднекамской низменной равнины с суммарной амплитудой новейших поднятий 100-150 м [1]. 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 [4]. 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 геолого-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 (ООО «ПермНИПИнефть», ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», 2006) [15] 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 вышеприведенного неотектонического районирования территория Григорьевской площади расположена в пределах Восточно-Европейской 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 12 локальных блоков I порядка, которые обычно разделяются на 5-7 блоков II порядка (рис. 5).

Территория Григорьевской площади «разбита» в южной части по крупному региональному линеаменту северо-восточного простираения, практически совпадающему с северной границей Краснокамского вала, на два макроблока: северный - Верещагинский (I) и южный – Пермский (II) макроблоки.

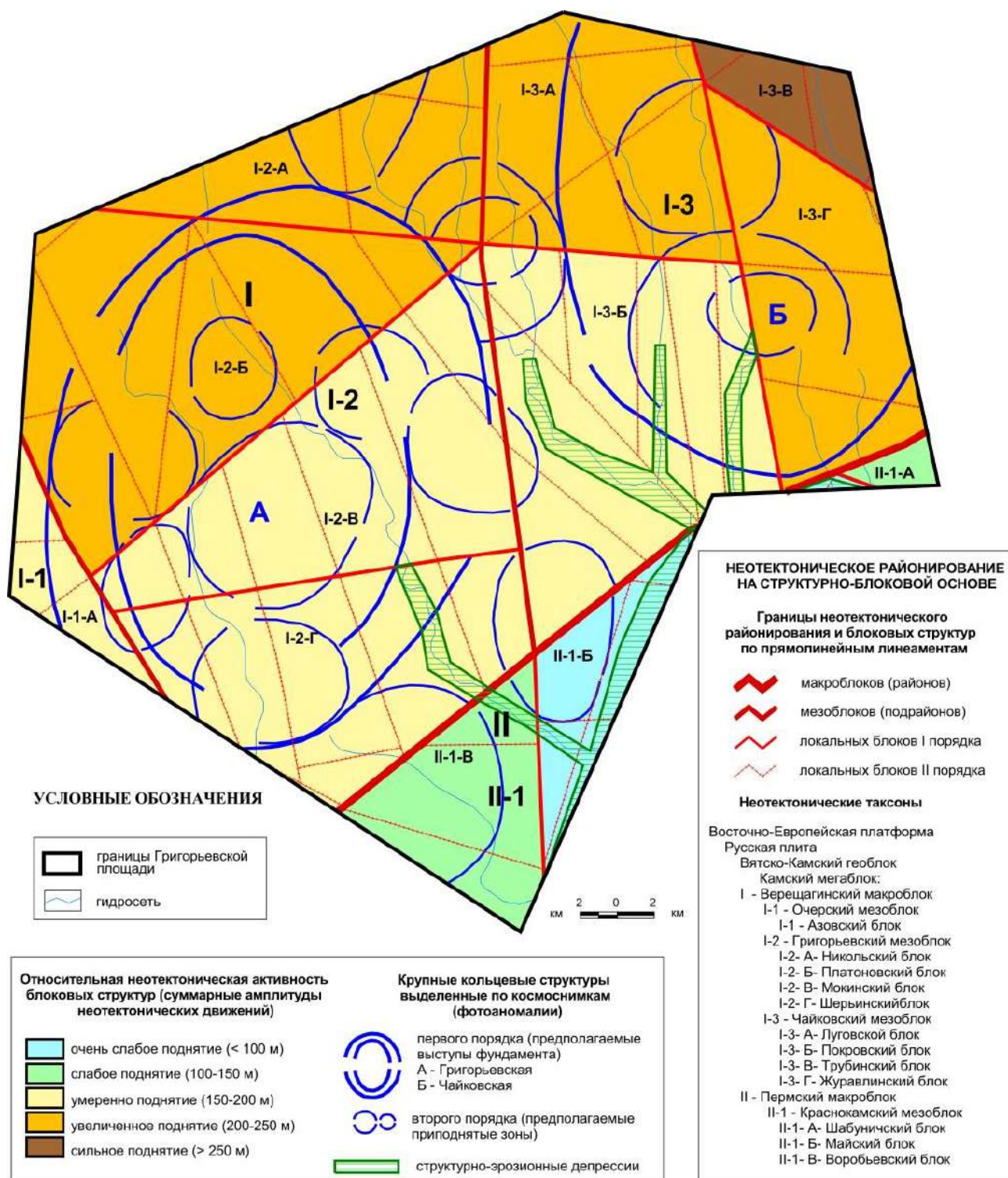


Рис. 5. Карта неотектонических блоковых структур Григорьевской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

Верещагинский (I) макроблок своей центральной частью занимает большую часть Григорьевской площади (северную, центральную, западную и восточные части). Макроблок «разбит» субмеридиональными линеаментами на три мезоблока: Очерский (I-1), Григорьевский (I-2) и Чайковский (I-3) мезоблоки.

Очерскому мезоблоку, представленному в западной части площади небольшим фрагментом, соответствует Азовский блок (I-1-А).

Григорьевский мезоблок, занимающий практически западную половину Григорьевской площади, разделен линеаментами на четыре блока: Никольский (I-2- А), Платоновский (I-2- Б), Мокинский (I-2- В) и Шерьинский (I-2- Г) блоки первого порядка.

Чайковский мезоблок, занимающий большую часть восточной половины Григорьевской площади, также разделен линеаментами на четыре блока: Луговской (I-3- А), Покровский (I-3- Б), Трубинский (I-3- В) и Журавлинский (I-3- Г) блоки первого порядка.

Пермский (II) макроблок (небольшой северный фрагмент) занимает южную часть Григорьевской площади в районе Краснокамского вала. Ему соответствует фрагмент Краснокамского (II-1) мезоблока, который разделен на данном участке на три блока (с северо-востока на юго-запад): Шабуничский (II-1- А), Майский (II-1- Б) и Воробьевский (II-1- В) 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 200-300 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 5 групп:

- испытывающие очень слабое поднятие ($A < 100$ м, $E < 80$ м) – 1 блок (Майский);
- испытывающие слабое поднятие ($A = 100-150$ м, $E = 80-100$ м) – 2 блока (Шабуничский, Воробьевский);
- испытывающие умеренное поднятие ($A = 150-200$ м, $E = 100-120$ м) – 4 блока (Азовский, Мокинский, Шерьинский, Покровский);
- испытывающие увеличенное поднятие ($A = 200-250$ м, $E = 120-160$ м) – 4 блока (Никольский, Платоновский Луговской, Журавлинский);
- испытывающие сильное поднятие ($A > 250$ м, $E > 160$ м) – 1 блок (Трубинский).

Необходимо отметить, что в целом сохраняя закономерность одновременного увеличения или уменьшения амплитуд неотектонических движений и энергии рельефа, некоторые локальные блоки имеют свои особенности. Так Трубинский блок с наибольшей суммарной амплитудой

неотектонических движений – до 280 м имеет относительно небольшую энергию рельефа (120-130 м), характерную для умеренных увеличенных поднятий. Журавлинский блок, наоборот, отнесен к блокам с увеличенным поднятием, но имеет самую высокую энергию рельефа (180 м), характерную для сильных поднятий. Вероятно, это происходит в силу преобладания поднятий одного знака или различий в дифференцированности неотектонических движений.

Кольцевые структуры и локальные ландшафтные аномалии

Дешифрированием КС на рассматриваемой территории выделено более 1,5 тыс. кольцевых и дугообразных линеаментов.

В результате их обработки на Григорьевской площади выделены кольцевые структуры трех порядков: 2 кольцевые структуры первого порядка 13 кольцевых структур второго порядка и 108 кольцевых структур третьего порядка – локальных ландшафтных аномалий (ЛА).

Крайне неравномерная и слабая геолого-геофизическая изученность Григорьевской площади усложняет интерпретацию результатов АКГИ.

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 2 кольцевые структуры первого порядка – Григорьевская и Чайковская. Обе они представляют собой овалы меридионального простирания размером 30 x 23 км. Располагаются на стыке и в пределах Висимской впадины и Пермского свода. Григорьевская кольцевая структура первого порядка (А) – выделяется в западной части Григорьевской площади в виде двух колец – внешнего (30 x 23 км) и внутреннего (25 x 16 км) кольца. Чайковская (Б) – занимает большую часть в восточной части Григорьевской площади, выходит за ее пределы. Кольцевые структуры первого порядка имеют контролируемую роль в ориентировке цепей и групп ЛА в пределах своих площадей (рис. 4).

Аналогичная крупная фотоаномалия – Краснокамская кольцевая структура первого порядка (размером 30x20 км, ССВ простирания) отчетливо выделяется на КС южнее Григорьевской площади, в пределах Краснокамского вала - полностью охватывает Краснокамское месторождение нефти, что может быть эталонным участком АКГИ в данном районе.

Кольцевые структуры второго порядка имеют округлую форму или овал субмеридионального или северо-восточного простирания, размером от 5 x 6 до 10 x 12 км. Они осложняют кольцевые структуры первого порядка или располагаются между ними, предположительно отображают приподнятые валообразные зоны или поднятия осадочного чехла. Выделены 13 кольцевых структур второго порядка: 7 – в пределах кольцевой структуры первого порядка «А», 2 – в пределах кольцевой структуры первого порядка «Б», 4 - располагаются между ними меридионально.

В пределах Григорьевской площади выделено 108 кольцевых структур третьего порядка – локальных ЛА (рис. 6, табл. 2).

Каталог ландшафтных аномалий Григорьевской площади

№ ЛА	Название ЛА	Группировка (цепь или группа ЛА)	Размер (км), ориентировка	Балл плотности линеаментов	Первоочередность изучения
1	Карагайская	Карагайская (I)	3,3 x 2,7 (С)	4-5	II
2	Миронковская		3,0 x 2,0 (ССЗ)	4-5	II
3	Харичевская		2,9 x 2,5 (С)	3-4	III
4	Обвинская	Азовская (II)	2,4 x 1,8 (С)	4	III
5	Ераничевская		2,7 x 2,0 (ССВ)	2-3	III
6	Петуховская		3,7 x 2,5 (С)	3	III
7	Азовская		3,7 x 3,0 (С)	4-5	II
8	Малоказанская	Менделеевская (III)	3,0 x 2,3 (ССЗ)	4-5	II
9	Кадиловская		3,8 x 2,6 (ССЗ)	4-5	II
10	Менделеевская		3,2 x 2,6 (ССЗ)	3-4	III
11	Подгореновская		2,9 x 2,0 (С)	3	III
12	Никольская	Степинская (IV)	3,0 x 2,2 (СВВ)	2-3	III
13	Степинская		3,7 x 2,6 (СВ)	5-6	I
14	Большеказанская		2,7 x 1,7 (ССВ)	4	II
15	Ольховская		2,9 x 1,9 (С)	4-5	II
16	Сахаровская		2,4 x 1,6 (С)	3	III
17	Дрездинская		2,2 x 1,7 (ССЗ)	3	III
18	Жулановская		3,2 x 2,3 (ССВ)	3-4	II
19	Шевырятская	Северо-Долгановская (V)	3,0 x 2,1 (СВ)	3-4	II
20	Трошинская		2,3 x 2,0 (СВ)	3-4	III
21	Постаноговская		3,1 x 2,4 (ССВ)	2-3	III
22	Костятская		3,2 x 2,4 (С)	2-3	III
23	Ерофеевская	Богоявленская (VI)	2,6 x 2,0 (В)	3	III
24	Пушкаревская		2,5 x 1,8 (ССВ)	5	II
25	Тарасятская		2,8 x 2,5 (СВ)	4-5	II
26	Рожковская	Лузинская (VII)	3,0 x 1,7 (СВ)	3	III
27	Урвинская		2,7 x 2,2 (ССВ)	4-5	II
28	Старковская		2,5 x 1,8 (ССВ)	3-4	II
29	Лузинская		3,5 x 2,6 (ССВ)	3-4	III
30	Мироновская	Софьинская (VIII)	2,4 x 1,8 (ССВ)	5	I
31	Софьинская		3,9 x 2,3 (ССВ)	3-4	II
32	Верхнесынская (Костюхинская)		2,6 x 2,3 (ССЗ)	4-5	I
33	Сушатская	Северо-Платоновская (IX)	2,9 x 2,1 (С)	3-5	II
34	Ключевская		2,3 x 1,8 (СВВ)	5-6	I
35	Июньская		2,9 x 2,3 (СВ)	3-4	II
36	Северо-Платоновская		3,8 x 2,0 (СВ)	3	III
37	Западно-Луговская	Луговская (X)	2,5 x 1,8 (ССВ)	3-4	II
38	Луговская		2,8 x 2,5 (ССВ)	3-4	II

39	Верхнеласьвинская		3,7 x 2,2 (CB)	3-4	II
40	Обвинская		2,6 x 2,5 (CCB)	2-3	III
41	Саньковская	Митинская (XI)	2,8 x 2,2 (CCB)	3-4	II
42	Малоостанинская		3,5 x 2,6 (CBV)	3-4	III
43	Федятская	Сухаревская (XII)	2,7 x 2,4 (C)	3-4	II
44	Балагуровская		2,7 x 2,0 (C)	5-6	I
45	Сухаревская		2,7 x 2,4 (CCB)	3-4	II
46	Бахаловская		2,8 x 2,2 (CC3)	4-5	II
47	Рассольская		2,8 x 2,6 (C3)	3-4	II
48	Сергинская	Шерьинская (XIII)	3,1 x 2,5(C)	4-5	I
49	Половинная		3,3 x 2,7 (CCB)	3-5	II
50	Дубровинская		4,1 x 2,5 (CC3)	4-5	II
51	Шерьинская I		4,2 x 3,1 (CC3)	3-5	II
52	Шерьинская II		3,3 x 2,7 (C3)	3-4	II
53	Кошелёвская	Фоминская (XIV)	3,2 x 2,0 (CB)	3-4	II
54	Якимовская		3,0 x 2,8 (CB)	4-5	II
55	Шуваловская		2,8 x 2,3 (CB)	2-3	II
56	Шатунская		3,1 x 2,4 (C3)	3-4	II
57	Фоминская		4,4 x 3,1 (CCB)	3-5	I
58	Гусятская	Старцевская (XV)	2,4 x 1,8 (CC3)	4-5	II
59	Старцевская		3,6 x 2,2 (C)	2-3	III
60	Архиповская		2,3 x 1,9 (CCB)	3	III
61	Якунинская		2,6 x 2,2 (CCB)	3-4	III
62	Талицкая		3,1 x 2,5 (CB)	3-4	II
63	Григорьевская I	Григорьевская (XVI)	2,9 x 2,6 (CBV)	3-5	II
64	Григорьевская II		2,4 x 2,0 (C)	4-5	II
65	Еранинская (Гудырская)		3,0 x 2,1 (CC3)	5-6	I
66	Сюзьвинская (Горышевская)		3,2 x 2,6 (CB)	2-4	III
67	Печенковская		2,2 x 2,0 (CBV)	3	III
68	Глушневская	Галкинская (XVII)	3,3 x 2,2 (CB)	4	II
69	Мокинская		3,2 x 2,0 (CB)	3	III
70	Лягушинская		2,2 x 1,7 (CB)	3-4	III
71	Галкинская		3,1 x 2,0 (CB)	4	II
72	Андриятская (Юшковская)	Андриятская (XVIII)	3,8 x 2,8 (CC3)	3-5	III
73	Жигаловская		3,5 x 2,5 (CC3)	2-3	III
74	Калугинская		2,8 x 2,5 (C3)	2-3	III
75	Чайковская	Чайковская (XIX)	3,2 x 2,7 (CB)	2-4	III
76	Пельтюковская		3,1 x 2,4 (CCB)	3-4	II
77	Алешичская		2,9 x 2,2 (CCB)	4-5	I
78	Сопенинская		2,8 x 2,3 (CB)	3-5	II
79	Числовская		2,9 x 2,2 (C)	4	III

80	Зайцевская		3,1 x 2,6 (CB)	3	III
81	Верхнесыркинская		3,6 x 3,0 (CBV)	3-5	II
82	Верхнепаинская	Паинская (XX)	3,3 x 2,1 (CCB)	2-4	II
83	Сыновская		2,9 x 2,1 (C)	3-4	II
84	Паинская		2,7 x 2,5 (CB)	3-4	II
85	Прохоровская		3,1 x 2,2 (CB)	4-5	II
86	Кошкинская	Шиховская (XXI)	2,6 x 2,0 (CB)	4-5	II
87	Северо-Шиховская		2,5 x 1,9 (C3)	4-5	II
88	Шиховская		3,5 x 2,2 (CB)	5	I
89	Ипатовская		3,8 x 2,3 (CCB)	3-4	II
90	Южно-Ипатовская		3,3 x 2,6 (CCB)	2-3	III
91	Филинцовская	Журавлинская (XXII)	3,2 x 2,1 (CCB)	4-5	II
92	Западно-Журавлинская		2,8 x 2,0 (CC3)	4	II
93	Верхбрагинская		2,8 x 2,5 (CCB)	2-3	III
94	Суетинская		2,5 x 2,2 (C3)	3-4	II
95	Журавлинская		3,1 x 2,2 (C)	4	II
96	Пирожковская (Батуриная)	Аброссовская (XXIII)	4,2 x 2,6 (CC3)	3-5	II
97	Мошевская	Мошевская (XXIV)	5,2 x 2,4 (CCB)	3-5	III
98	Фадеевская	Фадеевская (XXV)	3,2 x 2,5 (CBV)	4-6	I
99	Азановская		2,2 x 1,6 (CB)	4-6	II
100	Кабаново-Мыска		2,3 x 2,0 (C)	4-6	I
101	Воробьевская		2,9 x 2,0 (CB)	4-5	II
102	Нижданьковская		2,6 x 1,2 (CB)	4-5	II
103	Марчугская		2,2 x 1,9 (CBV)	5	II
104	Тюленевская		2,9 x 2,6 (CBV)	3-5	II
105	Мосинская	Нытвинская (XXVI)	2,8 x 2,2 (C3)	3-4	II
106	Запольевская		2,4 x 2,0 (CB)	4-5	II
107	Оськинская		2,4 x 1,9 (CB)	4-5	II
108	Нытвинская		3,0 x 2,1 (CB)	4	II

Примечание: при определении очередности изучения ландшафтных аномалий, помимо их морфометрических и структурно-геоморфологических характеристик учитывалась также их пространственная позиция относительно тектонических элементов.

Форма малых кольцевых структур чаще округлая, реже эллипсовидная. Строение их обычно простое, дугообразные линеаменты формируют как бы одну окружность. Реже встречаются «телескопированные» структуры, когда окружности разного диаметра «вложены» друг в друга.

В целом, установлены локальные ЛА с размерами от 2,2x1,6 до 5,2x2,4 км. Средний размер ЛА в диаметре составляет 1,5-2 до 3 км. Площади ЛА составляют от 3,0 до 10,8 км², в среднем 5 км².

Пространственная ориентировка локальных ЛА преимущественно субмеридиональная и северо-восточная. 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. Точные критерии для надёжного отождествления выявленных ЛА со структурами различной природы в осадочном чехле установить затруднительно. Как показали АКГИ, выполненные ранее на достаточно изученных сейсморазведкой и бурением эталонных участках, отождествление ЛА со структурами различного генезиса возможно с определённой степенью уверенности, учитывая морфометрические и морфологические характеристики (ориентировку, характер группировки ЛА), а так же тектоническую позицию рассматриваемого участка и результаты геолого–геофизических исследований. Учитывая вышесказанное, выявленные ЛА предположительно отождествляются с тектоногенными поднятиями брахиантиклинального типа и структурными мысами. Однако полностью не исключается возможность отображения некоторыми из ЛА (особенно – аномалий с изометричной формой) структур, ядра которых осложнены небольшими шельфовыми биогермами позднедевонского возраста.

Висимская впадина

В пределах Висимской впадины на Григорьевской площади установлены 9 групп и цепей ЛА: Карагайская (I), Азовская (II), Менделеевская (III), Степинская (IV), Северо-Долгановская (V), Богоявленская (VI), Лузинская (VII), Софьинская (VIII), Северо-Платоновская (IX).

Карагайская (I) группа ЛА (выделяется впервые), располагается в северо-западном углу Григорьевской площади. Здесь выделяется только часть этой группы ЛА, возможно это цепь ССВ простирания, протягивающаяся вдоль и параллельно Воскресенскому валу. Контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Состоит из трех ЛА: Карагайской (1), Миронковской (2), Харичевской (3) субмеридионального простирания.

Азовская (II) цепь ЛА (выделяется впервые), прослеживается восточнее Карагайской группы ЛА. Азовская цепь имеет ССВ простирание, протягивается вдоль и параллельно Воскресенскому валу. Контролируется системой тех же региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. В южной ее части, по границе с Пермским сводом проходит крупнейший региональный линеамент СВ простирания. Цепь состоит из четырех ЛА: Обвинской (4), Ераничевской (5), Петуховской (6), Азовской (7) субмеридионального и ССВ

простирается.

Менделеевская (III) цепь ЛА (выделяется впервые), прослеживается еще восточнее, непосредственно вдоль и параллельно Воскресенскому валу, частично, захватывая его. Имеет субмеридиональное простирание и контролируется системой региональных и зональных субмеридиональных линеаментов. Данная цепь включает четыре ЛА: Малоказанскую (8), Кадиловскую (9), Менделеевскую (10), Подгореновскую (11) субмеридионального простирания.

Степинская (IV) группа ЛА планово соответствует южной части Воскресенского вала. Контролируется системами региональных и зональных линеаментов. Выделяется (впервые), на севере площади выходит за ее пределы. На Григорьевской площади к данной группе относятся семь ЛА: Никольская (12), Степинская (13), Большеказанская (14), Ольховская (15), Сахаровская (16), Дрездинская (17), Жулановская (18). Две из них, самые северные, имеют СВ простирание, остальные – меридиональное.

Долгановская (V) группа ЛА выделяется к СВ от Степинской группы ЛА, находится частично в пределах Воскресенского вала и на восточной его границе. Эта группа ЛА была выделена крупномасштабными АКГИ [2] и включала Шевырятскую (19), Постановговскую (21), Костятскую (22) ЛА. Из них Костятская ЛА и Шевырятская ЛА находятся частично, Постановговская ЛА – полностью в пределах рассматриваемой площади. Настоящими работами в данную группу добавлена Трошинская (20) ЛА. В контуре каждой ЛА по ОГ IIⁿ намечены небольшие деформации в виде антиклинальных перегибов. Большая часть Костятской ЛА совпадает с Богоявленской (подготовленной) структурой.

Богоявленская цепь (VI) из пяти ЛА установлена Ю.А.Ильиных и др. [2]. Цепь прослеживается восточнее Северо-Долгановской группы. В пределах рассматриваемой площади попадает только самая южная - Тарасятская (25) ЛА. Сейсморазведкой не изучена. Настоящими работами данная цепь ЛА продолжена к югу, к ней добавлены Ерофеевская (23) и Пушкаревская (24) ЛА, они имеют северо-восточную ориентировку длинной оси. Общее направление цепи – север-северо-восточное.

Лузинская (VII) группа ЛА выделена крупномасштабными АКГИ [2], прослеживается восточнее Богоявленской цепи. Группа имеет СВ направление. Из них только Лузинская (29) ЛА попадает в пределы рассматриваемой площади. Настоящими работами данная группа ЛА продолжена к югу, к ней добавлены Рожковская (26), Урвинская (27), Старковская (28) аномалии СВ простирания, согласного с общей ориентировкой группы.

Софьинская (VIII) группа ЛА выделена крупномасштабными АКГИ [2], прослеживается восточнее Лузинской группы ЛА. Имеет СВ простирание и контролируется линеаментами этого же направления. Софьинская группа ЛА включает: Мироновскую (30), Софьинскую (31), Верхнесынскую (32) (Костюхинская по Ильиных и др., 1992ф). В пределах последней намечается антиклинальный перегиб по ОГ II.

Северо-Платоновская (IX) цепь ЛА выделена крупномасштабными АКГИ [2], прослеживается восточнее Софьинской группы ЛА. Северо-

Платоновская цепь включает четыре ЛА СВ простирания: Сушатская (33), Ключевская (34), Июньская (35), Северо-Платоновская (36). Последняя ЛА – Северо-Платоновская частично выходит за пределы Григорьевской площади, где совпадает с Ласьвинской (подготовленной) структурой. В целом эта цепь аномалий контролируется линеаментами СВ и субширотного простирания и имеет направление, согласное границе между Висимской впадиной и Пермским сводом на данном участке.

Пермский свод - северо-западный склон

В пределах Пермского свода на Григорьевской площади выявлено 17 групп и цепей ЛА, сохраняющих в целом параллельную склону свода СВ ориентировку, но в некоторых случаях наблюдается отклонение простирания группировок ЛА в меридиональном и даже – в СЗ направлении. Эта часть свода изучена слабо, результаты сейсморазведочных работ МОВ 60-х годов и редкой сети структурных и параметрических скважин осветили лишь общие черты строения склона свода, едва наметив единичные локальные структуры.

На Григорьевской площади установлены следующие группы и цепи ЛА: Луговская (X), Митинская (XI), Сухаревская (XII), Шерьинская (XIII), Фоминская (XIV), Старцевская (XV), Григорьевская (XVI), Галкинская (XVII), Андриятская (XVIII), Чайковская (XIX), Паинская (XX), Шиховская (XXI), Журавлинская (XXII), Аброссовская (XXIII), Мошевская (XXIV), Фадеятская (XXV), Нытвинская (XXVI).

Луговская (X) цепь ЛА расположена в СВ части Григорьевской площади, юго-западнее и параллельно Северо-Платоновской цепи ЛА. Она была выявлена крупномасштабными АКГИ [2]. Располагается – на границе и в пределах Висимской впадины и Пермского свода, имеет согласное с ней субширотное – СВ простирание. Контролируется линеаментами СВ и субширотного простирания. Включает четыре ЛА СВ простирания: Западно-Луговскую (37), Луговскую (38), Верхнеласьвинскую (39), Обвинскую (40). Последняя полностью расположена в пределах Висимской впадины и частично – за пределами Григорьевской площади.

Митинская (XI) группа ЛА СВ направления, выделена крупномасштабными АКГИ [2], прослеживается восточнее Луговской цепи ЛА. Митинская группа состоит из нескольких ЛА, из которых полностью Саньковская (41) ЛА и частично Малоостанинская (42) ЛА находятся в пределах рассматриваемой площади.

Сухаревская (XII) цепь ЛА субширотного простирания прослеживается западнее Луговской цепи ЛА, вдоль границы Пермского свода и Висимской впадины. Она объединяет аномалии Сухаревской, Бахаловской и Ерофеевской групп аномалий, выделенных ранее [2], и включает: Федятскую (43), Балагуровскую (44), Сухаревскую (45), Бахаловскую (46), Рассольскую (47) аномалии. Из них Федятская и Рассольская ЛА имеют круглую форму, остальные – форму овала субмеридионального простирания. Цепь пересекают несколько региональных субмеридиональных линеаментов, контролируют – линеаменты субширотного и СВ простирания. Как отмечено выше, контролирующую роль в ориентировке цепей и групп ЛА имеют не только

тектонические структуры и прямолинейные линеаменты, но также и крупные кольцевые структуры. Особенно это характерно для западной части рассматриваемой территории, где располагается Григорьевская кольцевая структура первого порядка «А». Цепи и группы ЛА в ее пределах сохраняют ее ориентировку, дугообразно огибают ее по периметру внешнего и внутреннего кольца.

Шерьинская (XIII) цепь ЛА (выделена впервые) располагается в юго-западной части Григорьевской площади и в юго-западной части Григорьевской кольцевой структуры первого порядка. Включает пять ЛА: Сергинскую (48), Половинную (49), Дубровинскую (50), Шерьинскую I (51), Шерьинскую II (52). Контролируется системой прямолинейных линеаментов СЗ простирания и дугообразными линеаменами. Имеет дугообразную форму - поворачивает с широтного простирания на меридиональное; при этом Дубровинская, Шерьинская I и Шерьинская II ЛА имеют ССЗ простирание на широтном отрезке цепи, а Сергинская и Половинная ЛА – субмеридиональное простирание на меридиональном отрезке цепи.

Фоминская (XIV) группа ЛА (выделена впервые) располагается СВ Шерьинской цепи ЛА, в центре Григорьевской кольцевой структуры первого порядка. Фоминская группа включает пять ЛА: Кошелевскую (53), Якимовскую (54), Шуваловскую (55), Шатунскую (56), Фоминскую (57). Сгруппирована по кольцевой структуре второго порядка, также ограничена линеаменами, причем, с СЗ – крупнейшим региональным линеаментом. Ориентировка аномалий в группе различная: в центре Шуваловская ЛА – имеет круглую форму, Кошелевская, Якимовская и Фоминская ЛА – имеют форму овала СВ простирания, Шатунская ЛА – СЗ простирания.

Старцевская (XV) цепь из пяти ЛА располагается восточнее Фоминской группы ЛА дугообразно и субмеридионально по внутреннему кольцу Григорьевской кольцевой структуры первого порядка. В северной части она была выделена крупномасштабными АКГИ (Ильиных и др., 1992ф) – Гусятская (58) и Старцевская (59) ЛА. Нами прослежена к югу, где выделены – Архиповская (60), Якунинская (61), Талицкая (62) ЛА. Цепь контролируется линеаменами субмеридионального и СВ простирания. Аномалии в цепи ориентированы согласно этих направлений.

Григорьевская (XVI) группа из пяти ЛА расположена в центральной части Григорьевской площади, в восточной части Григорьевской кольцевой структуры первого порядка. Была выделена крупномасштабными АКГИ [2] – Григорьевская I (63), Еранинская (65) (Гудырская) и Сюзьвинская (66), (Горышевская) ЛА; дополнена нами – Григорьевская II (64), Печенковская (67) ЛА. Группа контролируется прямолинейными линеаменами субмеридионального и СВ простирания, а также дугообразными линеаменами.

Галкинская (XVII) цепь ЛА (выделена впервые) располагается южнее Григорьевской группы ЛА и восточнее Старцевской цепи ЛА. Ориентирована в СВ направлении по внешнему кольцу Григорьевской кольцевой структуры первого порядка. Контролируется прямолинейными и дугообразными линеаменами. Цепь состоит из четырех ЛА: Глушневской (68), Мокинской

(69), Лягушинской (70), Галкинской (71) аномалий северо-восточного простирания.

Андриятская (XVIII) цепь ЛА расположена юго-восточнее Григорьевской группы ЛА и юго-западнее Чайковской кольцевой структуры первого порядка. В этой цепи выделены три ЛА: Андриятская (72), Жигаловская (73), Калугинская (74). Первая из них - Андриятская ЛА, была ранее выделена, как Юшковская ЛА [2], две другие установлены впервые. Ориентировка этой цепи – СЗ, отличается от всех других на Григорьевской площади. Ее контролируют линеаменты СЗ простирания, а также дугообразный линеамент Чайковской кольцевой структуры. Возможно, она прослеживается далее на СЗ, где в нее входят ЛА 64 и 65 из Григорьевской группы. Все аномалии имеют – ССЗ простирание.

Чайковская (XIX) цепь ЛА (выделена впервые), расположена в южной части Григорьевской площади – между Григорьевской кольцевой структурой первого порядка и Краснокамским валом. Она имеет изогнутую и дугообразную форму с субширотным и СВ простиранием вдоль северной границы Краснокамского вала. С юга и востока она контролируется крупным региональным линеаментом, с северо-запада – крупным дугообразным линеаментом. Чайковская цепь включает семь ЛА: Чайковскую (75), Пельтюкскую (76), Алешичскую (77), Сопенинскую (78), Числовскую (79), Зайцевскую (80), Верхнесыркинскую (81).

Паинская (XX) группа ЛА расположена в западной части Чайковской кольцевой структуры первого порядка. Общее простирание этой группы - СВ. Она контролируется дугообразными линеаментами кольцевой структуры второго порядка и рядом прямолинейных субмеридиональных линеаментов. Была выделена крупномасштабными АКГИ [2] - Верхнепаинская (82), Сыновская (83), Паинская (84). Нами в группу добавлена Прохоровская (85) ЛА. Все аномалии группы имеют – ССВ простирание. Необходимо отметить возможность другой группировки ЛА: если объединить ЛА 82 с аномалиями из других групп: 47, 30, 31, 32 и др. то образуется дугообразная субмеридиональная цепь вдоль западной границы Чайковской кольцевой структуры первого порядка, которая может отображать валообразную структуру.

Шиховская (XXI) группа из пяти ЛА расположена в южной и центральной части Чайковской кольцевой структуры первого порядка. Была выделена крупномасштабными АКГИ [2]. По новым данным группа в строении аномалий претерпела некоторые изменения. Первоначально выделенные аномалии Шиховская и Восточно-Шиховская объединены в одну более крупную – Шиховскую (88) ЛА; Ипатовская и Западно-Шиховская аномалии объединены в одну более крупную – Ипатовскую (89) ЛА; Кошкинская (86) и Южно-Ипатовская (90) ЛА увеличены в размерах; выделена и добавлена в группу Северо-Шиховская (87) ЛА. В начале 70-х годов на этом участке сейсморазведкой МОВ был выявлен Шиховский структурный мыс поперечного к простиранию склона свода северо-западного простирания. Пробуренная в его пределах поисковая скважина оказалась безрезультативной. Несмотря на то,

что простирание и положение выявленного сейсморазведкой структурного мыса подчеркивается системой линеаментов северо-северо-западного простирания, локальные морфоструктуры на этом участке ориентированы в СВ направлении. Вероятно, это обусловлено контролирующей ролью дугообразных линементов в пределах крупной кольцевой структуры.

Журавлинская (XXII) группа из пяти ЛА расположена юго-восточнее Шиховской группы ЛА в юго-восточной части Чайковской кольцевой структуры первого порядка. Ранее здесь выделялись части Ананичевской и Абросовской групп ЛА [2]. По новым данным на этом участке проведена перегруппировка. В Журавлинскую группу объединены Филинцовская (91), Западно-Журавлинская (92), Суетинская (94), Журавлинская (95) ЛА, а также выявлена и добавлена в группу Верхбрагинская (93) ЛА. Общее простирание группы – СВ. Аномалии этой группы имеют СВ и субмеридиональное направление, контролируются прямолинейными линеменентами различных направлений, а также – дугообразными линеменентами.

Абросовская (XXIII) группа ЛА выделена в восточной части Григорьевской площади, большей частью находится в пределах Краснокамского вала. В пределах Григорьевской площади, она представлена одной аномалией – Пирожковской (96) ЛА (по [2] здесь была выделена крупная локальная аномалия – Батуриная ЛА), остальные аномалии находятся за пределами площади к северо-востоку от Краснокамского месторождения нефти. По результатам сейсморазведочных работ МОВ в пределах данного участка отмечены небольшие приподнятые участки в кровле нижнего карбона.

Мошевская (XXIV) группа ЛА (выделена впервые), выделена в юго-восточной части Григорьевской площади, в пределах Краснокамского вала. Представлена Мошевской (97) ЛА – крупной локальной аномалией СВ простирания, которая четко выделяется по комплексу ландшафтных и геоботанических индикаторов, характерных для аномалий Краснокамского месторождения нефти. Другие аномалии находятся за пределами площади изучения.

Фадеевская (XXV) группа из семи ЛА (выделена впервые), прослеживается на юге Григорьевской площади, в пределах Краснокамского вала. Группа включает: Фадеевскую (98), Азановскую (99), Кабановомысскую (100), Воробьевскую (101), Нижданьковскую (102), Марчугскую (103), Тюленевскую (104) аномалии. Фадеевская и Тюленевская ЛА имеют изометричную форму, остальные – в форме овалов СВ простирания согласно основного направления данной группы. Контролируется прямолинейными линеменентами СВ простирания.

Нытвинская (XXVI) группа из четырех ЛА (выделена впервые), прослеживается на юге Григорьевской площади, в пределах Краснокамского вала, западнее Фадеевской группы ЛА. Группа включает: Мосинскую (105), Запольевскую (106), Оськинскую (107), Нытвинскую (108) аномалии. Контролируется системой линементов СВ и СЗ простирания. Большинство аномалий в группе имеют СВ простирание.

Пространственный анализ результатов АКГИ и геофизических исследований

При сопоставлении результатов аэрокосмогеологических исследований и гравиразведки отмечается следующее [18].

Из результатов АКГИ при сопоставлении с данными гравиметрии по мнению геофизиков наибольший интерес представляют собой в первую очередь региональные структуры: границы неотектонических блоков различного порядка, представленные прямолинейными линеаментами, и крупные кольцевые структуры первого порядка.

На рис. 7-а представлена карта трансформанты гравитационного поля, характеризующая кровлю кристаллического фундамента, а также крупные кольцевые структуры и линеаменты различного ранга. Григорьевская кольцевая структура хорошо соответствует обширной положительной гравитационной аномалии, описывающей кровлю кристаллического фундамента, в то время как Чайковская структура отвечает отрицательной аномалии.

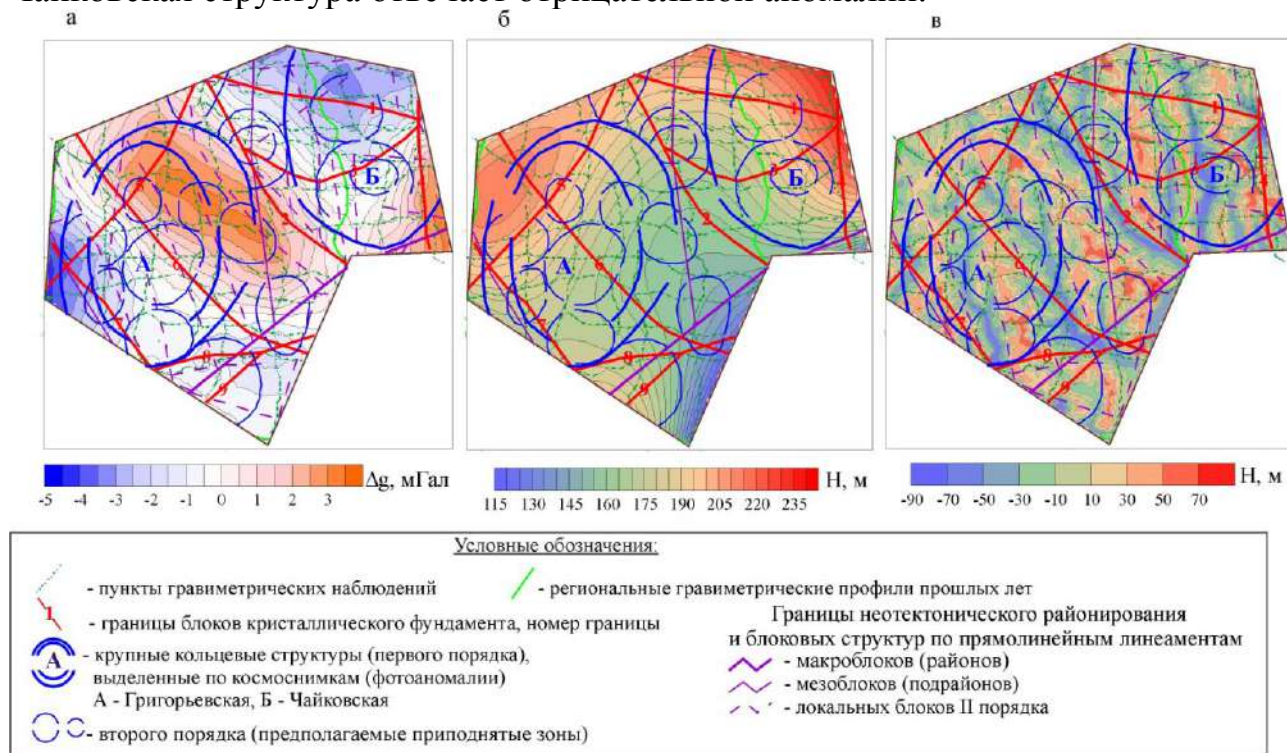


Рис. 7. Карты трансформанты гравитационного поля, характеризующей поверхность кристаллического фундамента (а), региональной (б) и локальной (в) составляющих рельефа земной поверхности [18]

Отмечается совпадение границы Пермского и Верещагинского макроблоков с участками границ 8 и 9, выделенных по геопотенциальным полям. Из двух границ мезоблоков одна, расположенная вблизи юго-западного края площади, совпадает с границей 7, выделенной по гравиразведке. Границы локальных блоков второго порядка в целом неплохо очерчивают морфоструктуру трансформанты гравитационного поля и в ряде случаев совпадают с границами блоков фундамента, намеченными по геопотенциальным полям.

Совместное проявление блоковых движений фундамента и эрозионно-денудационных процессов на земной поверхности можно проиллюстрировать картами трансформант рельефа земной поверхности – региональной и локальной составляющей (рис. 7-б и 7-в).

Отмечается высокая степень подобия карты региональной составляющей рельефа и карты неотектонических блоковых структур. Видно, что главное поднятие связано с Чайковской кольцевой структурой, а в районе Григорьевской кольцевой структуры поднятие менее интенсивное. Кольцевые структуры первого порядка проявляются на карте локальной составляющей рельефа (рис. 6-в), но уверенное их выделение, в частности оконтуривание южных дуг Григорьевской и Чайковской структур, возможно только с использованием данных, характеризующих кристаллический фундамент.

Отмечается также хорошее соответствие практически всех границ блоков фундамента (может быть за исключением границ 1 и 3), построенных по данным геопотенциальных полей и карты региональной составляющей рельефа земной поверхности. Границы 2 и 6 СЗ направления описывают относительно погруженную зону на карте региональной составляющей рельефа, совпадающую в плане с приподнятой зоной по фундаменту.

Для карты локальной составляющей рельефа земной поверхности (рис. 6-в) отмечается хорошее соответствие представленных линеаментов различного ранга и морфоструктуры трансформанты. Также имеется хорошее соответствие практически всех (может быть, за исключением границ 1 и 3) границ блоков фундамента, построенных по данным геопотенциальных полей и аномальным зонам карты локальной составляющей рельефа земной поверхности.

Таким образом, в целом имеется хорошее соответствие региональных закономерностей строения Григорьевской площади, получаемых по результатам геопотенциальных полей и аэрокосмогеологических исследований [18].

Сопоставляя результаты аэрокосмогеологических исследований и сейсморазведки, нужно отметить следующее. Было выполнено сопоставление ландшафтных аномалий (кольцевых структур третьего порядка) со структурными картами ОГ К и ОГ II^К и их трансформантами. Как показал анализ результатов [18], наибольшее соответствие выделенных ЛА отмечается с картой мощности между ОГ К и ОГ II^К, с которой снят линейный региональный фон. Кольцевые аномалии первого порядка проявляются наиболее хорошо южными и западными (Григорьевская аномалия) частями, отображаясь как положительные аномальные зоны; подобным же образом отображаются кольцевые аномалии второго порядка за исключением одной аномалии, расположенной в восточной части Григорьевской структуры и охватывающей локальные аномалии 66-68. Находят хорошее подтверждение кольцевые аномалии второго порядка, расположенные вне пределов Григорьевской и Чайковской аномалий, наиболее хорошо проявляется аномалия, расположенная непосредственно между аномалиями первого порядка и включающая ЛА 26, 44-26, 64. В целом ЛА разного порядка представляют собой сложную суперпозицию блоковых движений фундамента, результатов

осадконакопления и эрозионно-денудационных процессов. Важную роль при этом играет унаследованность строения осадочных толщ, что позволяет в ряде случаев определять положение структур и приподнятых участков по кровле кунгурских отложений [18].

На рис. 8 представлен комплексный пространственный анализ геофизических и аэрокосмогеологических исследований по локальным объектам.

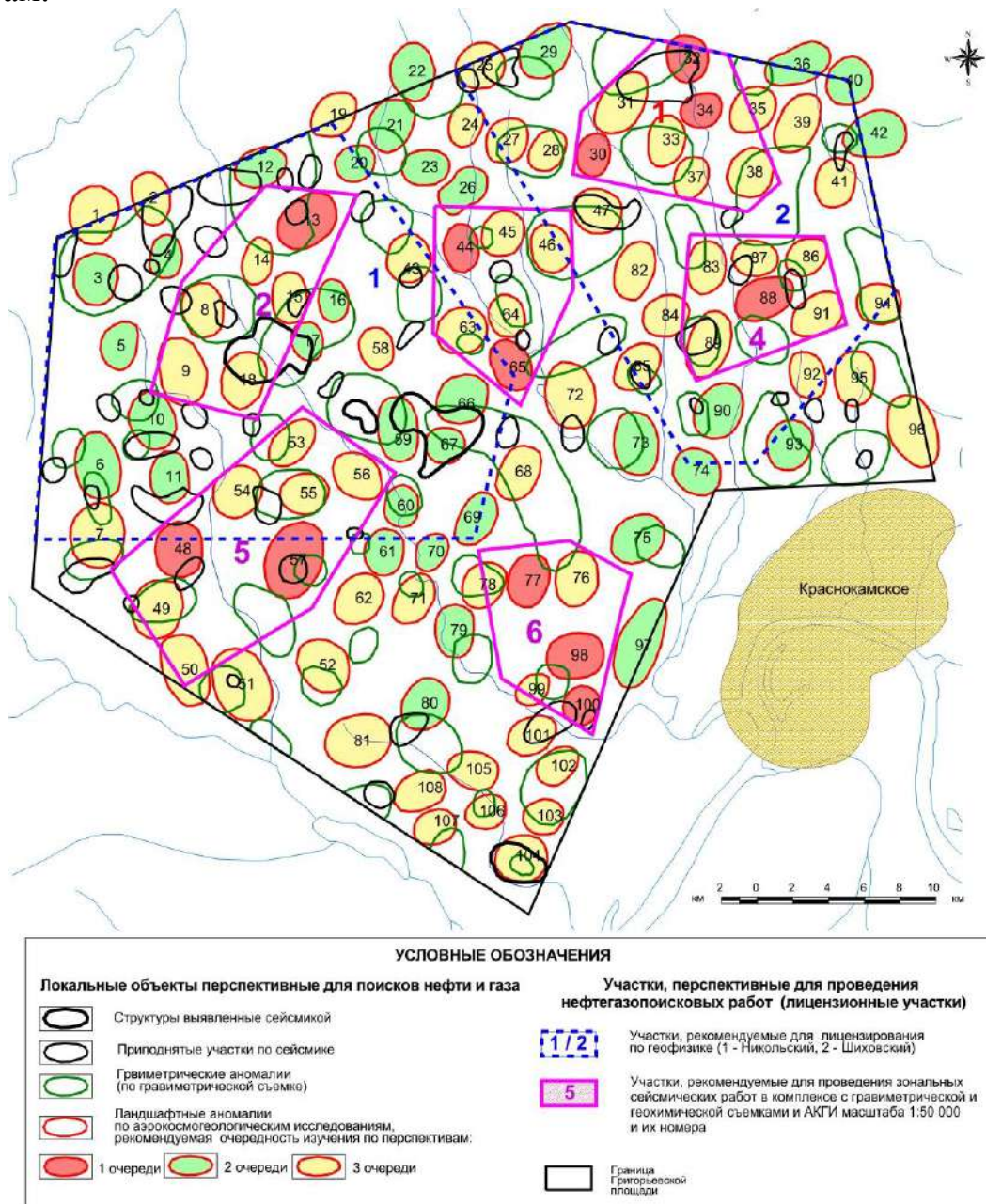


Рис. 8. Комплексный анализ геофизических и аэрокосмогеологических исследований по локальным объектам

Отмечается, что из 108 ЛА совпадают с сейсмическими объектами (структуры и приподнятые участки) 38 ЛА (35%), с гравитационными аномалиями 72 ЛА (78%). Выделенные геодинамические активные зоны имеют хорошую пространственную сходимость с так называемыми «визейскими врезами» закартированными геолого-геофизическими методами.

Оценка перспективности участков и объектов по данным аэрокосмогеологических исследований

На основании комплексной интерпретации результатов АКГИ, а также имеющихся геолого-геофизических данных и буровых работ все 108 ЛА считаются перспективными на обнаружение ловушек нефти и газа. По степени перспективности и первоочередности их изучения они подразделены на три группы (рис. 9).

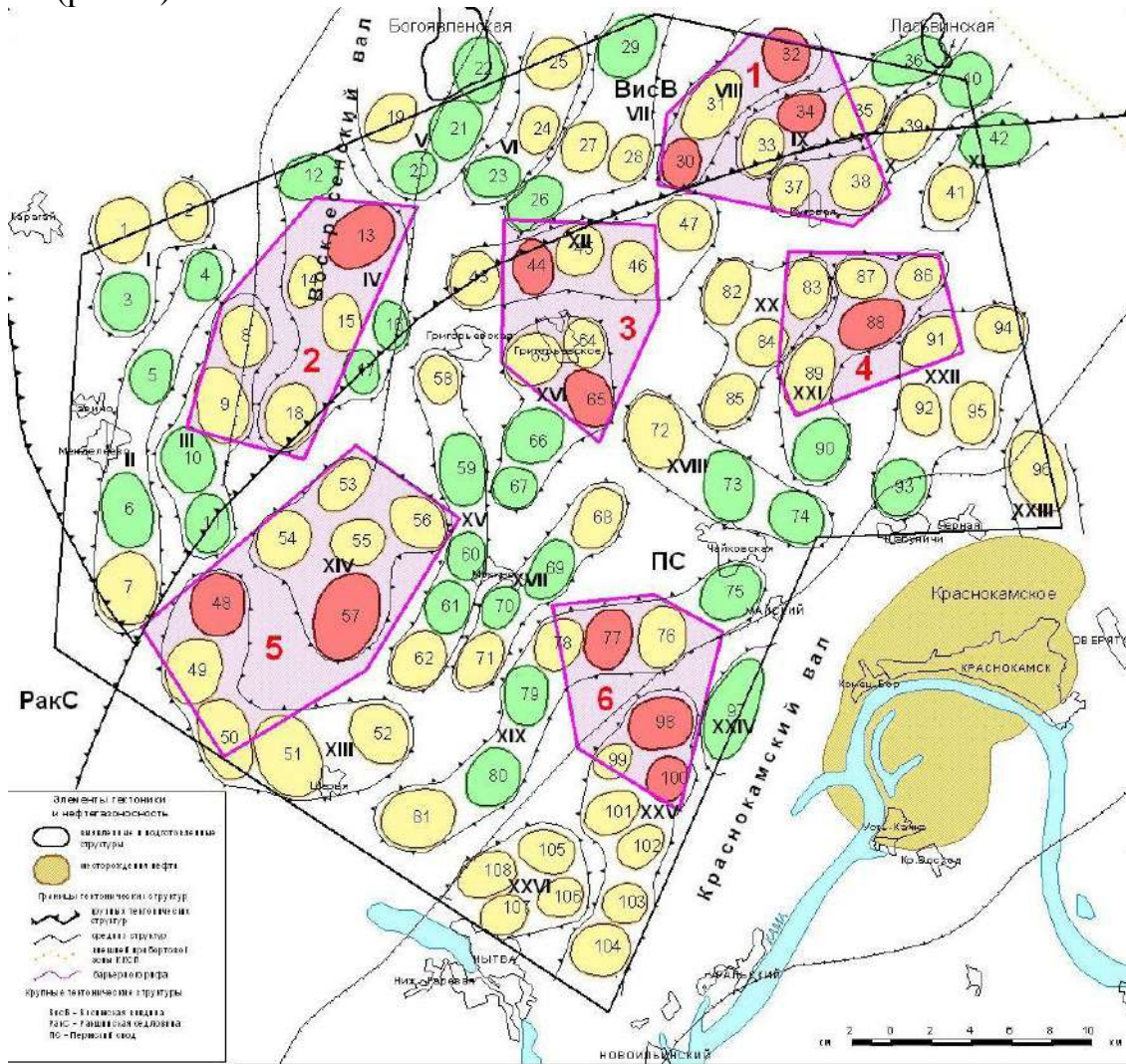


Рис. 9. Карта перспективных участков и рекомендаций по данным аэрокосмогеологических исследований Григорьевской площади (уменьшение с масштаба 1:200 00)

К объектам первой очереди изучения отнесены 12 аномалий: Степинская, Мироновская, Верхнесынская, Ключевская, Балагуровская, Сергинская, Фоминская, Еранинская, Алешичская, Шиховская, Фадеятская, Кабаново-мысская. Эти аномалии характеризуются, как правило, очень высокой и чрезвычайно высокой степенью плотности линеаментов (5-6 балл – ЛА 13, 30, 34, 44, 65, 88, 98, 100 и 4-5 баллы – ЛА 32, 48, 57, 77), большинство из них находятся в пределах кольцевых структур второго или первого порядков (ЛА 13, 30, 32, 34, 44, 48, 57, 77, 88), все аномалии характеризуются повышенной неотектонической активностью. По комплексу дешифровочных признаков эти аномалии выражены наиболее отчетливо и близки к эталонным ландшафтными аномалиям ближайших месторождений нефти – Васильевского, Слудского, Русаковского.

К объектам второй очереди изучения отнесены 62 аномалии: Карагайская, Миронковская, Азовская, Малоказанская, Кадиловская, Большеказанская, Ольховская, Жулановская, Шевырятская, Пушкаревская, Тарасятская, Урвинская, Старковская, Софьинская, Сушатская, Июньская, Западно-Луговская, Луговская, Верхнеласьвинская, Саньковская, Федятская, Сухаревская, Бахаловская, Рассольская, Половинная, Дубровинская, Шерьинская I, Шерьинская II, Кошелевская, Якимовская, Шуваловская, Шатунская, Гусятская, Талицкая, Григорьевская I, Григорьевская II, Глушневская, Галкинская, Пельтюкская, Сопенинская, Верхнесыркинская, Верхнепаинская, Сыновская, Паинская, Прохоровская, Кошкинская, Северо-Шиховская, Ипатовская, Филинцовская, Западно-Журавлинская, Суетинская, Журавлинская, Пирожковская, Азановская, Воробьевская, Нижданыковская, Марчугская, Тюленевская, Мосинская, Запольевская, Оськинская, Нытвинская. Эти аномалии характеризуются повышенной, высокой, реже - очень высокой степенью плотности линеаментов (3-5 баллы).

К объектам третьей очереди изучения отнесены остальные 34 аномалии (табл. 2).

Заключение

В результате анализа материалов АКГИ на Григорьевской площади рекомендуются **6 участков** для проведения детализационных сейсмических работ в комплексе с гравиметрической и геохимической съемками и детальными АКГИ масштаба 1:25 000 (рис. 6).

Площади участков: 1 – 74 км², 2 – 82 км², 3 – 66 км², 4 – 56 км², 5 – 122 км², 6 – 61 км².

Общие критерии для их выбора следующие:

- высокие геологические предпосылки для поисков;
- наличие перспективных ландшафтных аномалий, отобразивших предполагаемые тектонические поднятия и возможно - структуры облекания шельфовых органогенных построек;
- повышенная неотектоническая активность;
- высокая вероятность развития в пределах изученной территории трещинно-разломных зон, которые могли служить путями миграции углеводородов и повышать коллекторские свойства палеозойских отложений.

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. Ильиных Ю.А. и др. Детальные аэрокосмогеологические исследования в бассейне нижнего течения р.Иньвы. ГПК, ООО «ПермНИПИнефть». Пермь, 1992.
3. 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.
4. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейной 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. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисловых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
7. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
8. 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.
9. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
10. 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.
11. 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. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018. С. 321-328.
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. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.
14. 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.
15. 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.
16. Копылов И.С., Хурсик В.З. Аэрокосмогеологические исследования в зоне сочленения Пермского свода и Висимской впадины (на Григорьевской площади). ГИ УрО РАН. Пермь, 2010. 37 с.
17. Копылов И.С., Хурсик В.З. Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования. Отчёт ООО «Пермской геолого-геофизической компании» по государственному контракту №155. Пермь, 2010. 151 с.
18. Шелковникова И.Ф. и др. Зонально-региональные сейсмические работы в комплексе с гравиметрической съёмкой на Григорьевской площади (зона сочленения Пермского свода и Висимской впадины) с целью обнаружения и локализации нефтегазоперспективных объектов в осадочном чехле для лицензирования. ОАО «Пермнефтегеофизика», ОАО КамНИИКИГС, НППЭ ГИ УрО РАН Пермь, 2011. 297 с.

И.С. Копылов, В.А. Наумов, В.В. Голдырев, В.Н. Брюхов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПОИСКОВ РУДНОГО ЗОЛОТА

Разработан методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) для поисков рудного золота, который включает основные методы: дешифрирование космических снимков, линеаментно-блоковый анализ, морфонеотектонический анализ, линеаментно-геодинамический анализ, ландшафтно-геодинамический анализ, геоинформационное картографирование, классификационная группировка перспективных участков с учетом эталонов – известных месторождений, рудных тел с высокими содержаниями золота. Установлены виды и размеры картируемых объектов на разных стадиях АКГИ: обзорные, региональные, зонально-региональные, зональные, детальные исследования.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, методология, методика, космические снимки, линеаменты, кольцевые структуры, дешифровочные признаки, геологические критерии поиска золоторудных объектов.

I.S. Kopylov, V.A. Naumov, V.V. Goldyrev, V.N. Bryukhov

Perm State University, Perm, Russia

METHODOLOGICAL APPROACH TO CONDUCTING AEROSPACE GEOLOGICAL RESEARCH FOR SEARCHING FOR ORE GOLD

A methodological approach to aerospace geological research for prospecting for ore gold has been developed, which includes the main methods: interpretation of space images, lineament-block analysis, morphoneotectonic analysis, lineament-geodynamic analysis, landscape-geodynamic analysis, geoinformation mapping, classification of prospective areas taking into account the standards - known deposits, ore bodies with high gold contents. The types and sizes of the mapped objects at different stages of the aerospace geological research have been established: survey, regional, zonal-regional, zonal, detailed studies.

Key words: aerospace geological research, methodology, technique, space images, lineaments, ring structures, deciphering signs, geological criteria for searching for gold ore objects.

Обоснование проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) для поисков рудного золота

Благодаря совершенствованию методов обработки и анализа материалов аэрокосмических съемок (МАКС) и дистанционного зондирования Земли (МДЗ), появилась возможность решения сложных геологических задач поиска полезных ископаемых на основе метода эталонных геологических объектов (месторождений, рудопроявлений).

Применение МДЗ значительно сократило время и затраты на открытие ряда месторождений, в том числе золота во многих странах мира (кварц-золоторудные объекты в архейских зеленокаменных поясах в Канаде в субпровинции Абитиб; золоторудные поля в ЮАР рифтогенного бассейна Витватерсран; рудный район в Центральных Кызылкумах Узбекистана с гигантским месторождением золота Мурунтау и др.) и России (Урал, Алтай, Енисейский кряж, Забайкалье и др.). Одной из ведущих составляющих прогнозно-поисковых моделей крупнейших рудных объектов является структурный фактор контроля локализации оруденения, который наиболее эффективно выявляется дистанционными методами и при этом, как отмечается в [1] этот метод наименее изучен.

Среди различных подходов в использовании МАКС и МДЗ при поисках эндогенного оруденения определились приоритетные направления [20]:

- 1) дешифрирование структурно-вещественных комплексов пород, линейных и кольцевых структур и узлов их пересечения;
- 2) морфоструктурное направление;
- 3) распознавание объектов по спектрометрическим характеристикам, создание фотопортретов и моделей рудных районов.

В основе технологий дешифрирования лежат методы измерения, обработки и анализа оптических характеристик природных ландшафтов и элементов геологической среды по результатам дешифрирования МДЗ. Известно, что различные геологические объекты: разломы, дайки, штоки магматических пород и рудные тела независимо от их генезиса имеют свой набор спектральных характеристик электромагнитного излучения. Интерпретируя результаты дешифрирования многозональной космической стереокосмосъемки в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра с высоким пространственным разрешением (2-3 м), можно распознавать и разбраковывать геологические объекты различного генетического типа.

Стадии АКГИ, масштабы дешифрирования, виды и размеры картируемых объектов

В современной практике проведения АКГИ сложились следующие стадии (уровни) геологического изучения: обзорные, региональные, зонально-региональные, зональные, детальные исследования. Масштабы дешифрирования МАКС, размеры выделяемых объектов (при использовании современных технологий компьютерного дешифрирования) при их проведении представлены в таблице 1.

Как правило, аэрокосмогеологические исследования организационно проводятся в 3 этапа:

- подготовительный этап (комплектация МАКС, предварительное дешифрирование),
- основной этап (дешифрирование МАКС, полевые заверочные работы),
- заключительный этап (обработка данных, анализ, картография).

Виды и размеры картируемых объектов на разных стадиях
аэрокосмогеологических исследований [11, 12]

Стадия работ	Масштаб дешифрирования МАКС	Ранги выделяемых линеаментов	Оптимальные размеры картируемых объектов, км	
			прямолинейные линеаменты	кольцевые и дугообразные структуры
Обзорная	1:10000 000	глобальные	400-800 и более	Десятки и сотни км
	1:5 000 000	региональные	200-400	
	1:2 500 000	региональные	100-200	
	1:1 000 000	зональные	50-100	30x50 – 50x80
Региональная	1:500 000	зональные	15-50	15x20 – 30x50
Зонально-региональная	1:200 000	локальные	5-15	5x8 – 10x15
Зональная	1:100 000	короткие	1,5-5	1,0x2,0 – 1,5x2,0
Детальная	1:50 000	короткие	0,5-1,5	0,5x0,8 – 1,5x2,0
	1:25 000	короткие	до 0,5	0,3x0,5 – 0,7x1,0

Общая методология аэрокосмогеологических исследований базируется на основных методах:

- дешифрирование (структурно-геологическое, ландшафтное, геоиндикационное и др.) аэрокосмических снимков,
- линеаментно-блоковый анализ,
- морфонеотектонический анализ,
- линеаментно-геодинамический анализ,
- ландшафтно-геодинамический анализ,
- геоинформационное картографирование.

Цель и задачи АКГИ

Установление на основе крупномасштабных аэрокосмогеологических и дистанционных исследований системы долгоживущих линеаментов определяющих места наиболее вероятного размещения перспективных рудных полей, узлов и месторождений золота и последующее прогнозирование пространственного положения перспективных участков рудного золота в потенциально золоторудных толщах в пределах исследуемых площадей.

Основные задачи:

- Уточнение геологического, тектонического и неотектонического строения территории.
- Установление дешифровочных признаков и геологических критериев поиска золоторудных объектов и общих закономерностей размещения оруденения в потенциально золоторудных толщах.
- Выявление сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, системы кольцевых структур, установление их контролируемую и распределяющую роль в формировании рудных тел и месторождений.

- Проведение морфоструктурного, морфонеотектонического, линеаментно-блокового, линеаментно-геодинамического анализов площади с целью выявления перспективных рудных участков, переотложенных и смещенных рудных тел.

- Выполнение классификационной группировки перспективных участков по спектрально-космическим снимкам высокого разрешения на основе метода геологических эталонов – известных месторождений, рудных тел с высокими содержаниями золота.

Содержание, виды и методы работ

Методика прогнозирования оруденения базируется на принципе поэтапного анализа аэрокосмических материалов разных уровней генерализации. Оптимальным считается изучение региона на трех-четырёх уровнях генерализации, отличающихся в 2,5-5 раз; наиболее детальный из них должен соответствовать масштабу планируемых работ.

Методическая последовательность работ включает следующие этапы:

- 1) подготовительный этап;
- 2) этап предварительной обработки данных;
- 3) этап первичной интерпретации;
- 4) основные этапы дешифрирования и комплексного анализа аэрокосмогеологических, морфоструктурных, геолого-геофизических данных;
- 5) этап построения комплексной прогнозно-поисковой модели;
- 6) этап оптимизации модели и окончательного прогноза.

Последовательность работы

- Подготовка дистанционной основы (аэрофотоснимков, цифровых космоснимков и топокарт масштаба 1:10 000-1:50 000).

- Выявление геоиндикационных признаков разломно-блоковой тектоники, кольцевых структур, факторов, контролирующих золоторудный магматизм и размещение перспективных золоторудных объектов.

- Предварительное структурное, геологическое, геоморфологическое дешифрирование МДЗ.

- Дешифрирование сети прямолинейных и дугообразных линеаментов и выделение кольцевых структур по разным уровням генерализации.

- Морфоструктурный, морфонеотектонический, линеаментно-блоковый, линеаментно-геодинамический анализы площади.

- Разработка массива эталонных участков установленных рудных тел по набору классификационных признаков (спектральных, текстурных и др.). Создание эталонной базы входных геоданных по имеющимся месторождениям и богатым рудным телам.

- Полевые работы на эталонных и заверочных участках.

- Комплексная интерпретация результатов аэрокосмогеологических исследований и накопленной геолого-геофизической информации.

- Построение результирующих карт с использованием программных продуктов ArcGis и ArcView.

В целом, методика дешифрирования, анализа и обработки данных базируется на известных разработках [1-3, 20-22, 24] с учетом нашего опыта [4-19, 23].

Результирующие материалы

Комплект специализированных карт:

- Карта результатов крупномасштабного дешифрирования космоснимков масштаба 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

- Цифровая модель рельефа (и модели расчлененности рельефа) масштаба 1:50 000-1:10 000.

- Неотектоническая карта на структурно-блоковой основе масштаба 1:50 000-1:10 000.

- Карта геодинамических (неотектонических) активных зон и участков масштаба 1:50 000-1:10 000.

- Карта объектов и участков, перспективных на поиски месторождений рудного золота масштаба 1:50 000-1:10 000.

- Рекомендации для постановки детальных поисково-разведочных работ.

Реализация методологического подхода по проведению АКГИ для поисков рудного золота осуществлена авторами на территориях золотоносных районов Среднего и Северного Урала, Енисейского края, в Забайкалье. В качестве одного из примеров можно привести работу [23], фрагмент, которой изложен в статье [10] из настоящего сборника.

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцева. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.*

2. Гридин В.И. *Структурное дешифрирование материалов дистанционного зондирования. ООО МИНГ им. И.М. Губкина. М., 1987. 99 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 нефтегазопроисковых 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. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 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. *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.
11. Копылов И.С. *Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции.* 2019. С. 25-37.
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. *Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография.* Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 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., Козлов С.В. *Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология.* 2014. № 1 (22). С. 78-88.
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., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. *Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф.* Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 77-84.
19. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. *Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-X, XVI) // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф.* Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 145-158.
20. Корчуганова Н.И. *Новейшая тектоника с основами современной геодинамики. Методическое руководство.* М.: Геокарт: ГЕОС, 2007. 354 с.
21. *Космическая информация в геологии / Коллектив авторов. Гл. ред. А.В. Пейве, А.В. Сидоренко, А.Л. Яншин.* М.: Наука, 1985. 536 с.
22. Кутейников Е.С. *Структурное дешифрирование при геологической съёмке. Методические рекомендации.* Л., ВНИГРИ, 1981.
23. *Поисковые работы на выявление месторождений рудного золота в углеродистых терригенно-карбонатных породах Промысловской площади Горнозаводского района Пермского края / Б.Б. Логутов, С.Б. Суслов, Б.М. Осовецкий и др. ОАО Пермгеолнеруд, ФГУ ПТФГИ.* Пермь, 2014.
24. Философов В.П. *Основы морфометрического метода поисков тектонических структур.* Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. 232 с.

И.С. Копылов, С.Б. Коврижных, О.Б. Наумова, А.Г. Попов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ – УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КУРС В ПЕРМСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Рассматриваются современные проблемы геологического образования. Приведена история дисциплины «Аэрокосмические методы» на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета при подготовке студентов по программам геологических специальностей, которая осуществляется более 50 лет. Показаны современная структура дисциплины «Аэрокосмические методы в геологии» и методика обучения студентов. Приведены методические разработки кафедры Поисков и разведки полезных ископаемых с использованием аэрокосмических методов и дистанционного зондирования при геологических исследованиях.

Ключевые слова: наука, научная и образовательная деятельность, дисциплина «Аэрокосмические методы в геологии», Пермский государственный университет.

I.S. Kopylov, S.B. Kovrizhnykh, O.B. Naumova, A.G. Popov

Perm State University, Perm, Russia

AEROSPACE METHODS IN GEOLOGY - EDUCATIONAL-METHODOLOGICAL COURSE AT PERM UNIVERSITY

The modern problems of geological education are considered. The history of the discipline "Aerospace methods" at the Geological Faculty of the Perm State University in preparing students for the programs of geological specialties, which has been carried out for more than 50 years, is given. The modern structure of the discipline "Aerospace methods in geology" and the methodology of teaching students are shown. Methodological developments of the Department of Search and Exploration of Mineral Resources using aerospace methods and remote sensing in geological research are presented.

Key words: science, scientific and educational activities, discipline "Aerospace methods in geology", Perm State University.

Краткая история создания и развития в Пермском университете спецкурса «Аэрокосмические методы в геологии»

Спецкурс «Аэрокосмические методы» на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГУ, ПГНИУ) при подготовке студентов по программам геологических специальностей осуществляется более 50 лет.

Длительный период – с 60-х годов XX в. до начала XXI в. спецкурс имел название *«Аэрометоды при геологических исследованиях»*. В этот период дисциплина рассматривалась методической частью или одним из разделов более общей и широкой дисциплины – структурной геологии и геологического картирования. Спецкурс первоначально читался на *кафедре поисков и разведки полезных ископаемых* (заведующий кафедрой: профессор, д.г.-м.н. Лунев Борис Степанович) в составе этих дисциплин, с конца 60-х годов XX в. начал осуществляться самостоятельно; были созданы лаборатория (в последствии – кабинет аэрометодов).

Лаборатория аэрометодов была создана ст. преподавателем Л.С.Кузнецовой. Первоначально лаборатория располагала почти таким же совершенным оборудованием, как аналогичная лаборатория Московского университета. Вклад Л.С.Кузнецовой в организацию и деятельность лаборатории исключительно велик. Студенты здесь осваивали наиболее прогрессивные методы геологического картирования. Позже сотрудники кафедры пополняли лабораторию новыми аэрофото- и космоснимками [66].

С середины 70-х годов в практику геологических исследований начали активно внедряться материалы космических съемок. В г. Перми было организовано несколько подразделений, которые осуществляли поиски полезных ископаемых или изучение геологической среды с приоритетными аэрокосмическими методами. Так, в ПГО «Пермнефть» в 1976 г. была создана Аэрокосмогеологическая экспедиция, занимающаяся нефтегазопосредственными аэрокосмогеологическими исследованиями (АКГИ) [35]; в ФГУП «Геокарта – Пермь» была создана Аэрокосмогеологическая партия, для выполнения аэрокосмогеологического картографирования; в Сылвинской ГПП организованы специализированные отряды (съемочный, гидромелиоративный, овражный). Многие студенты геологического факультета прошли производственные практики в этих организациях, некоторые из них стали в них специалистами.

С начала XXI в. спецкурс получил название *«Аэрокосмические методы»*, который осуществлялся в соответствии с требованиями основной образовательной программы по специальностям и направлению: 011100 специальность «Геология». Дисциплина входила в цикл ЕН.Р.00 «Национально-региональный (вузовский) компонент» и являлась дисциплиной по выбору. Продолжительный период в подготовке студентов по этой дисциплине участвовал доцент, к.г.-м.н. В.И. Набиуллин, разработавший учебно-методическое пособие по спецкурсу [67]. Основной упор делался на качественное дешифрирование АФС, измерение продольных параллаксов при помощи параллаксометров и других приборов с целью получения пространственной модели местности. При дешифрировании АФС изучались литолого-стратиграфические, литолого-петрографические комплексы, структурно-тектонические формы в соответствии с задачами геологической съемки.

В последнее десятилетие (с 2010 г.) подготовку студентов по аэрокосмическим методам в геологии осуществляли д.г.-м.н., проф.

И.С. Копылов (лекции, практика по компьютерному дешифрированию), к.г.-м.н., доц. А.Г. Попов (лекции), ст. преподаватель С.Б. Коврижных (лабораторные занятия). Были разработаны новые учебно-методические комплексы в соответствии с новыми комплексными задачами и стадийностью региональных и поисковых геологических исследований на основе применения цифровых ДДЗЗ и ГИС-технологий, которые постоянно обновлялись новыми данными и технологиями дешифрирования [7, 56]. Основное направление в обучении студентов сделано на теоретическую и практическую подготовку по поискам полезных ископаемых с применением аэрокосмометодов (золото, алмазы, полиметаллы, нефть, газ и др.), геологическое картирование, комплексный аэрокосмогеологический анализ, геологическую безопасность объектов недропользования, изучение геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий.

Лекционные занятия проводятся в кабинетах, оборудованных проекторами для презентаций. Используются электронные ресурсы с доступом через Интернет, мультимедийные технологии. Практические занятия по дешифрированию проводятся как традиционно на стереоскопах, так и на компьютерах с использованием программных пакетов и отдельных специальных программ (Arc GIS, ArcView, модуль Spatial Analyst, Rectify, ScanEx Image Processor и др.).

За весь период подготовки студентов по спецкурсам «Аэрометоды» и «Аэрокосмические методы» на геологическом факультете было подготовлено более тысячи специалистов, способных проводить геологические исследования с применением аэрокосмических методов. Несомненно, их подготовка способствовала качественно улучшить универсальную способность специалистов – геологов проводить комплексные региональные геологические исследования, картографирование, поиски и разведку всех видов полезных ископаемых.

Организационно-методический раздел [56]

Наименование дисциплины «Аэрокосмические методы», код УМК 54582.

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть блока «С1» образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям): специальность 21.05.02 Прикладная геология. Специализация «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых».

Форма обучения – очная и заочная.

Дисциплина «Аэрокосмические методы при геологических исследованиях» является частью или одним из разделов более общей и широкой дисциплины – структурной геологии и геологического картирования. Аэрокосмические методы являются методической дисциплиной и входят в состав интенсивно развивающегося научно-технического направления, которое называется дистанционным зондирование Земли (ДЗЗ).

Целью дисциплины является ознакомление студентов с теоретическими, методическими и практическими аспектами применения аэрокосмических методов при комплексном геологическом и геоморфологическом картировании, прогнозных и поисковых работах на твердые и др. полезные ископаемые, нефть и газ, а также при проведении специализированных структурно-геоморфологических, неотектонических и других исследований.

Задачами дисциплины являются:

- знакомство с материалами аэрокосмических съемок, которые используются при геологической съемке и поисках полезных ископаемых;
- изучение основных понятий и принципов геологического дешифрирования аэрофотоснимков (АФС) и космических снимков (КС);
- обучение методике и приемам литолого-стратиграфического, петрографического, структурно-тектонического и геоморфологического дешифрирования АФС и КС;
- освоение методики количественных фотограмметрических измерений на АФС и переноса результатов дешифрирования с АФС на топооснову;
- обучение составлению предварительных геологических карт по результатам дешифрирования АФС и КС и их использованию при прогнозно-поисковых исследованиях и аэрокосмическом мониторинге;
- освоение методики компьютерного структурно-геологического дешифрирования и выделения элементов геологического строения, тектонических линеаментов, кольцевых структур перспективных на нефть и газ и др. полезные ископаемые

Предметом дисциплины являются земная поверхность (ландшафты) и геологические тела, образуемые в земной коре горными породами различного вещественного состава и генезиса и структурные формы, сформированные геодинамическими процессами.

Компетенции, формируемые у студентов в процессе обучения:

- иметь навыки работы с АФС и КС для выявления геологических структур;
- владеть современными геоинформационными технологиями, уметь применять их в профессиональной сфере;
- владеть базовыми знаниями о современной научной картине мира на основе положений, законов и методов естественных наук;
- быть способным к обобщению, анализу, восприятию информации.

Планируемые результаты обучения:

- иметь представление о сущности и условиях применения аэрокосмических методов при комплексном геологическом и геоморфологическом картировании, прогнозно-поисковых исследованиях, аэрокосмическом мониторинге, гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических работах;
- знать: основные виды аэрокосмических съемок и ДЗЗ, их цели и задачи, сущность и условия применения, используемую аппаратуру,

классификацию, их характеристику, масштабы АФС и КС, виды аэрокосмофотоматериалов и их характеристику, основные свойства АФС и КС и материалов дистанционного зондирования, цель и виды геологического дешифрирования АФС и КС, классификацию дешифровочных признаков и их характеристику, основные принципы геологического, геоиндикационного, структурно-тектонического, геоморфологического дешифрирования АФС и КС;

- приобрести навыки: литолого-стратиграфического, петрографического, структурно-тектонического и геоморфологического дешифрирования и количественных фотограмметрических измерений на АФС;

- уметь: распознавать на АФС и КС особенности вещественного состава, структурных форм и взаимоотношений осадочных, интрузивных, вулканических и метаморфических образований, определять элементы залегания и мощности геологических тел, переносить результаты дешифрирования с АФС и КС на топооснову;

- овладеть: основными приемами геологического дешифрирования АФС и КС, включая количественные фотограмметрические измерения, методикой построения и оформления геологических карт и геологических разрезов по результатам дешифрирования АФС и КС;

- овладеть: основными приемами структурного дешифрирования и выделения элементов геологического строения, тектонических линеаментов, кольцевых структур.

- знать: методы ДЗЗ для прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. Владеть: специальными программами, предназначенными для обработки АФС и КС;

- уметь: применять современные геоинформационные технологии в профессиональной сфере;

- уметь проводить региональный аэрокосмогеологический анализ территорий и отдельных месторождений полезных ископаемых.

В учебном плане дисциплина находится в вариативной части, объем 3 зачетных единиц (108 часов, в т.ч. лекций – 28 час., лабораторных занятий – 14 час., самостоятельной работы – 66 час.), форма отчетности экзамен. Дисциплина проводится для студентов 4-5 курса (специалитета и бакалавриата) для кафедр: региональной и нефтегазовой геологии (РиНГГ), минералогии и петрографии (МиП), поисков и разведки полезных ископаемых (ПиРПИ), инженерной геологии и охраны недр (ИГиОН). Ведущая кафедра поисков и разведки полезных ископаемых.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды текущего контроля: практические занятия по структурно-геологическому дешифрированию на стереоскопе, практические занятия по компьютерному дешифрированию, устный опрос по отдельным темам, подготовка докладов и презентаций, подготовка докладов (или научной статьи) и презентаций по аэрокосмогеологическому анализу, экзамен по теории аэрокосмических методов. Структура дисциплины (по УМК 54582) приведена в табл. 1.

Структура дисциплины «Аэрокосмические методы»
по специальности 21.05.02 Прикладная геология [56]

№ тем, разделов	Общее содержание и вопросы	Форма отчетности
Тема 1	Введение в дисциплину. История. Цель и задачи. Классификация методов и их сущность	тест
Тема 2	Основы картографии	тест
Тема 3	Основы аэрофотосъемки	тест
Тема 4	Измерения на снимках	тест
Тема 5	Методика проведения аэрофотосъемочных работ и работ со снимками	тест
Тема 6	Основы ДЗЗ	тест
Тема 7 7.1 7.2 7.3	Геологическое дешифрирование Дешифрирование горизонтального залегания Дешифрирование складчатого залегания Дешифрирование интрузивного массива	зачет по лабораторным работам (РБС=30 баллов)
Тема 8 8.1 8.2 8.3 8.4 8.5 8.6	Анализ аэрокосмических материалов и результатов дешифрирования Линеаментный анализ Геодинамический и экзогеодинамический анализы Структурный и морфоструктурный анализы Анализ гидрографической сети Анализ аномалий Комплексный анализ	тест, зачет по компьютерному дешифрированию
Тема 9	Геологическое и специализированное картирование аэрокосмометодами	тест
Тема 10	Аэрокосмический геологический и специальный мониторинг	тест
Тема 11	Прогнозирование и поиск месторождений полезных ископаемых аэрокосмометодами	тест
Тема 12	Космическая геология	тест
Тема 13	Изучение программного обеспечения (ScanEx), рынка ДЗЗ, Google Earth, литературы и методик	Экзамен или общий теоретический тест (РБС=30 баллов).
Тема 14	Алгоритмы работы с АФС и КС. Компьютерное дешифрирование. Защита отчета	Презентация доклада (РБС=40 баллов).

В последние годы сделано тематическое преобразование структуры дисциплины «Аэрокосмические методы», где как отмечено выше сделан приоритет на применение аэрокосмических методов с ГИС-технологиями по геологическим направлениям: поиски полезных ископаемых (золото, алмазы, полиметаллы, нефть, газ и др.), геологическое картирование и комплексный аэрокосмогеологический анализ, геологическую безопасность объектов недропользования, изучение геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий (табл. 2).

Современная структура дисциплины «Аэрокосмические методы»
при геологических исследованиях [7]

Основные разделы	Основные темы	Форма отчетности
Раздел 1. Аэрокосмические съемки и системы дистанционного зондирования	Тема 1. Введение в дисциплину. Цель и задачи. История развития аэрокосмических методов. Тема 2. Виды аэрокосмических съемок. Тема 3. Современные космические снимки и их применение в геологии	Тест
Раздел 2 Геологическое дешифрирование материалов дистанционного зондирования (МДЗ)	Тема 4. Методические основы геологического дешифрирования материалов дистанционного зондирования (МДЗ). Тема 5. Виды, задачи дешифрирования, прямые и косвенные признаки. Тема 6. Дешифрирование вещественного состава и формы залегания горных пород. Тема 7. Линеаменты и линеаментный анализ. Кольцевые структуры и их анализ. Тема 8. Геодинамические активные зоны. Линеаментно-геодинамический, морфонеотектонический, морфоструктурный анализ (анализ гидрографической сети и рельефа)	Тест Зачет по лабораторным работам (тема 6, РБС=30 баллов)
Раздел 3 Применение аэрокосмических материалов при геологическом картировании, в прогнозно-поисковых работах, инженерно-геологических и геоэкологических исследованиях	Тема 9. Применение МДЗ при региональных и геологосъемочных работах. Тема 10. Применение МДЗ при проведении прогнозно-поисковых работ на твердые полезные ископаемые. Тема 11. Применение МДЗ при изучении нефтегазоносных бассейнов. Аэрокосмогеологические исследования Прогнозно-поисковые работы на нефть и газ на основе МДЗ. Тема 12. Применение МДЗ в гидрогеологии, инженерной и экологической геологии, для изучения современных геологических процессов, влияния антропогенной деятельности на геологическую среду	Тест
Раздел 4. Теория и практика регионального аэрокосмогеологического анализа	Тема 13. Изучение программного обеспечения, рынка ДЗЗ, Google Earth, литературы и методик Комплексный аэрокосмогеологический анализ (теория). Тема 14. Алгоритмы работы с АФС и КС. Компьютерное дешифрирование. Комплексный аэрокосмогеологический анализ (практика). Защита отчета	Общий теоретический тест (РБС=30 баллов). Презентация доклада (отчет, научная публикация) (РБС=40 баллов).

Инновационные разработки кафедры Поисков и разведки полезных ископаемых

На кафедре Поисков и разведки полезных ископаемых (заведующий кафедрой: д.г.-м.н. Наумова Оксана Борисовна. Руководитель разработок: д.г.-м.н. Копылов Игорь Сергеевич) совместно с лабораторией геологического моделирования и прогноза Естественнонаучного института ПГНИУ (зав. лаб.: к.т.н. Коноплев Александр Владимирович) в период с 2010 г. по н.в. выполнены следующие методические разработки с использованием аэрокосмических методов и ДЗЗ.

1). Методический комплекс аэрокосмогеологических и неотектонических исследований, линеаментно- и ландшафтно-геодинамического анализа и создания прогнозно-поисковых моделей месторождений полезных ископаемых на:

- нефть и газ [2, 4, 22, 26, 37, 41, 44, 45, 49, 50, 52, 53, 69],
- золото и другие благородные металлы [21, 51, 60-62, 65],
- алмазы [27, 39, 62],
- полиметаллы [1, 51],
- подземные воды [15, 36, 38, 47].

2). Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности, прогнозирования геодинамических активных зон и выявления потенциально опасных геологических участков (для геологической безопасности территорий и объектов) на основе аэрокосмогеологических методов:

- для картирования геодинамических активных зон территорий с многоцелевым назначением [11, 24, 25, 29, 30, 48],
- на закарстованных территориях [6, 23],
- на трассах нефтегазопроводов и других линейных сооружений [5, 18, 20, 40, 54, 55, 64, 71],
- на калийных и других рудниках [3, 9, 10, 28, 32-34, 57, 59, 70],
- в городах и других урбанизированных территориях [46, 58, 63, 68],
- для геоэкологического и инженерно-геологического картографирования [8, 13, 14, 16, 17, 19, 42, 43].

Библиографический список

1. Бабеньшев В.М., Копылов И.С. Результаты прогнозно-поисковых работ на медно-полиметаллические руды на Приполярном Урале в пределах Тькотловской площади // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С.321-329.
2. 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.
3. 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.
4. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
5. 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.

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. Аэрокосмические методы в геологии: Учеб.-метод. комплекс. Курс лекций (презентации). Пермь: ПГНИУ, 2019. 251 сл.
8. 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.
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 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.
11. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Пермского Приуралья на основе аэрокосмогеологических исследований // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2010. № 10. С. 14-18.
12. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
13. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
14. Копылов И. С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь, 2013. 166 с.
15. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
16. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
17. Копылов И.С. Инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование территории города Перми для решения проблемы геологической безопасности // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2011. № 11. С. 168-170.
18. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей*. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С.196-198.
19. Копылов И.С. Картографическое моделирование геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы и формирование полезных ископаемых // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2013. № 13. С. 145-147.
20. 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.
21. 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.
22. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. Lap Lambert Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
23. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
24. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 3. С. 18-32.
25. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
26. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2019. С. 25-37.
27. Копылов И.С. Методология аэрокосмогеологических и структурно-геоморфологических исследований при поисках алмазов и ее применение на Среднем Урале // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С.41-65.
28. 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.
29. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
30. 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.

31. 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.
32. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности территории Качканарского ГОК по результатам крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С.240-253.
33. Копылов И.С. Оценка геодинамической активности Тюбегатанского месторождения калийных солей (Южный Узбекистан) // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2014. № 14. С. 36-39.
34. 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.
35. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа – история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*: Пермь, 2019. С. 13-24.
36. 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.
37. 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.
38. 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.
39. 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*. Пермь, 2015. С. 109-110.
40. Копылов И.С. Проведение линеаментно-геодинамического анализа Горного Алтая и трассы проектируемого газопровода «Алтай» // *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 8-3. С. 398.
41. Копылов И.С. Прогнозирование нефтегазоносных объектов комплексом геохимических и аэрокосмогеологических методов // *Академический журнал Западной Сибири*. 2014. Т. 10. № 4 (53). С. 16-17.
42. Копылов И.С. Районирование и оценка эколого-геодинамической опасности территории Пермского края на основе ГИС и ДЗЗ // В сборнике: *Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края*. Пермь, 2010. С. 28-38.
43. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
44. 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.
45. Копылов И.С. Результаты детальных аэрокосмогеологических исследований в восточной части Тимано-Печорской плиты (Северо-Югидская площадь) // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С.223-233.
46. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологических исследований в Приморском крае для проведения инженерных мероприятий по защите от подтопления зданий и сооружений на горных отводах шахт» ОАО «Приморскуголь» // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*. Пермь, 2020. С.265-273.
47. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологических исследований в центральной части Кировской области для поисков подземных вод в трещинных зонах // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии*: Пермь, 2020. С.274-283.
48. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
49. 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.
50. 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.
51. 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.
52. 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.
53. 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.

54. 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: Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 197-203.
55. 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.
56. Копылов И.С., Коврижных С.Б., Наумова О.Б., Попов А.Г. Аэрокосмические методы: Учеб.-метод. комплекс. Специальность 21.05.02. Прикладная геология. Специализация: Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых. Пермь: ПГНИУ, 2016. 21 с.
57. 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.
58. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 355-359.
59. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
60. 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.
61. 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.
62. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
63. 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.
64. 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.
65. 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.
66. Лунев. Б.С. Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых в год юбилеев // 70 лет геологическому факультету Пермского университета. Юбилейный сборник статей. Пермь, 2001. С. 131-155.
67. Набиуллин В.И. Курс лекций по дисциплине «Аэрокосмические методы». Пермь: ПГУ, 2007. 68с.
68. 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.
69. 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.
70. 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 // International Multidisciplinary Scientific GeoconferenceSsgem. 2015. № 1-3. С. 305-311.
71. Kopylov I.S., Kovin O.N., Nahesbik S. Regional aerospace-geological analysis for the design of major linear engineering objects of Western China // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 55-62.

МЕТОДЫ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ: ИСТОРИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

Информация, полученная с помощью космических методов исследования, дала геологам очень богатый материал. Данные методы помогают решать в глобальном масштабе важнейшие проблемы теоретической геологии и подтвердить основные закономерности размещения полезных ископаемых. Аэрокосмические исследования природных ресурсов Земли и окружающей среды приобрели большое значение в решении многих геологических задач. В настоящее время аэрокосмические исследования привели к формированию дисциплины – аэрокосмического или дистанционного зондирования.

Ключевые слова: геология, аэрокосмические методы, дистанционное зондирование.

B.A. Iskakov

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

METHODS OF AEROSPACE RESEARCH IN GEOLOGY: HISTORICAL AND APPLIED ASPECTS

The information received by means of space methods of research, has given to geologists very rich material. The given methods help to solve on a global scale the major problems of theoretical geology and to confirm the basic laws of placing of minerals. Today space researches of natural resources of the Earth and environment have got great value in the decision of many geological problems. Gradually researches have led to discipline formation - space sounding.

Keywords: geology, aerospace methods, remote sensing.

Введение

Аэрокосмические методы исследования с момента их появления в геологии всегда были и будут актуальны, особенно для России и Казахстана, с их просторами, огромными расстояниями, неразвитой инфраструктурой.

Большинство площадей известных горнорудных районов в геологическом отношении довольно хорошо изучены и обследованы. Поэтому здесь можно рассчитывать, главным образом, на выявление скрытых рудных объектов (глубоко залегающих и/или перекрытых рыхлыми отложениями). В нефтегазоносных районах чрезвычайно актуальны поиски погребенных ловушек нефти и газа, особенно до постановки детальных работ. Это требует перехода на новые технологии прогноза и поиска месторождений, которые позволяют на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств значительно сократить размер перспективных площадей для постановки детальных глубинных поисковых работ. И здесь на первый план также выходят дистанционные методы геологических исследований [1-22].

Особо важным обстоятельством является то, что космические съемки (КС) являются высоко экологичными. При их выполнении не нарушается целостность и не происходит загрязнения исследуемых территорий.

Очевидным преимуществом данных КС является:

- объективность и метричность исходной информации – обзорность, непрерывность, наглядность и требуемая детальность;
- использование цифровых средств получения информации и обработка данных в среде геоинформационных систем;
- естественная генерализация и повышенная глубинность;
- высокая информативность, обусловленная возможностью получения данных в широком диапазоне спектра электромагнитного излучения.
- относительно низкая стоимость, позволяет сократить сроки и повысить результативность геологоразведочных работ.

Исторический очерк

Во Франции в 1855 году с воздушного шара были сделаны первые фотографии с воздуха, для составления плана Парижа. Потом в 1860-х годах французский геолог Эме Цивилье фотографировал Альпы с высоких вершин, и на фотографиях выделял геологические границы, т.е. он впервые применил фотографирование земной поверхности с геологическими целями.

С этого момента использование фотографий с геологическими целями начало набирать обороты. Особенно ускорился прогресс развития аэросъемки с появлением авиации. Под аэрофотосъемкой или воздушным фотографированием понимают фотографирование земной поверхности с воздухоплавательных и летательных аппаратов.

В начале аэрофотосъемку использовали для составления карт, планов, для помощи в строительстве мостов, плотин, дамб, авто и железнодорожных дорог, в помощь людям для исследования новых территорий.

Инициатором внедрения аэрометодов в геологические и географические исследования в Советском Союзе следует считать академика А.Е. Ферсмана, который ещё в 1927 году, выступая в печати, придавал огромное значение роли самолёта при географических исследованиях. С 1931 года создаются различные научные и производственные организации, специализирующиеся на изучении и применении результатов аэрофотосъемок в проведении различных геологических работ. Разрабатываются методические пособия и рекомендации, издаются монографии, учебники и справочники, в которых обобщен опыт использования аэросъемочных работ для решения задач прикладной геологии.

В 1950-е годы наряду с общим развитием отдельных видов аэрометодов, применяемых в геологии, наблюдается и их значительная обособленность. В совершенно самостоятельный вид выделились аэрогеофизические работы, среди которых основное место принадлежит аэромагнитной и аэроадиометрической съемкам.

В 1971 г. лабораторией аэрометодов, было издано методическое пособие под редакцией В.К. Еремина по применению аэрометодов при геологических исследованиях.

С середины 70-х годов XX в. аэрометоды вошли составной частью во все виды геологических исследований. Они в обязательном порядке используются при производстве геологосъемочных и поисковых работ всех масштабов, а также при изучении тектоники и неотектоники, структур рудных полей, гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях, изучении геологического строения мелководных водоемов, участков шельфа и т.д.

Однако, для решения ряда геологических задач даже высотные аэроснимки, полученные с высот свыше 20 км и имеющие масштаб около 1:100 000 оказались малоинформативными. Началось внедрение материалов съемок из космоса, но которые на начальном этапе были еще не совершенны.

Со второй половины 80-х XX в. годов в развитии технических средств дистанционного зондирования (ДЗ) начался переход от использования фотоматериалов как носителей информации к цифровым системам, строящим изображения на магнитных носителях. Это привело к повышению динамического диапазона и линейности регистрации, появлению метрологически обеспеченных, оптически совмещённых по различным спектральным каналам цифровых дистанционных материалов, ориентированных не на визуальную, а на инструментальную (компьютерную) обработку.

С конца 1970-х и в начале 1980-х годах XX в. основная деятельность по компьютерной обработке данных дистанционного зондирования (ДДЗ) в мире была сосредоточена в ограниченном числе организаций геологического профиля и не только: у непосредственных поставщиков данных, т.е. у тех, кто принимал и распространял информацию с космических спутников, или в крупных научно-исследовательских учреждениях, зачастую военного или астрономического профиля, связанных с космическими исследованиями Земли и планет или с проблемами обработки изображения. Как правило, такие организации отличались хорошим техническим оснащением по меркам того времени. Несмотря на то, что трудились в таких организациях довольно большие научные коллективы, приоритетными были разработки различных методов обработки изображения, а осуществляли их в основном математики и программисты, а не представители прикладных наук (географы, геологи, лесники, ботаники, почвоведы и др.). Обычно результатом работ таких коллективов являлись уникальные пакеты программ, а не коммерческие универсальные продукты. В производственных объёмах осуществлялась, как правило, лишь предварительная обработка ДДЗ. Тематическое дешифрирование имело в основном характер научного эксперимента.

С конца XX в. и в начале XXI в. наблюдается широкое внедрение в геологические и другие отрасли наук о Земле материалов космических съемок в совокупности с геоинформационными технологиями. Появились методы трехмерного геологического моделирования.

Объекты изучения, цели и задачи аэрокосмических методов

Объект исследований с точки зрения аэрокосмических методов рассматривается как пространственно-временная категория иерархического

строения – мелкие объекты включены в более крупные, кратковременные процессы – в долговременные. Важнейшая характеристика объектов съёмки – их отражательно-излучательная способность. То есть объектами изучения является Земля, земная поверхность, ландшафты, горы, реки и другое множество составляющих нашей планеты. Физическое поле Земли является главным предметом исследования.

Цели, которые ставят учёные: достижение новых технологий, усовершенствование уже имеющихся и разработка способов получения подробной информации о местности по снимку.

При дешифровании геологических объектов на аэрокосмических снимках задачами являются изучение ландшафтной оболочки земной поверхности, геоморфологических особенностей территории и их анализ. Также изучение характера тектоники, морфологии структурных форм. Уточнение, детализация или создание новых карт (геологических, тектонических, геоморфологических, сейсмического районирования, инженерно-геологических, прогнозных и других) и изучение современных геологических процессов составляют основные задачи.

В геологии в настоящее время используются результаты различных видов дистанционных съёмок. Основными из них являются фотографическая, телевизионная, радиолокационная, инфракрасная (тепловая), сканерная, лазерная.

По материалам аэрокосмофотосъёмки составляют геоморфологические, геологические, тектонические и инженерно-геологические карты и планы участков строительства многих крупных гидроузлов.

Физические основы дистанционных исследований

Под аэрокосмическими методами принято понимать совокупность методов исследований атмосферы, земной поверхности, океанов, верхнего слоя земной коры с воздушных и космических носителей путём дистанционной регистрации и последующего анализа идущего от Земли излучения. Аэрокосмические методы обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов или явлений и получение их качественных или количественных характеристик. Они не только упрощают изучение труднодоступных территорий, но и обеспечивают геолога и географа такой геопространственной информацией, которую другими способами получить не удаётся.

В зависимости от характера регистрируемого физического поля и типа используемого приёмника аэрокосмические методы принято подразделять на четыре группы: аэрофотографические, аэрофотоэлектронные, аэровизуальные и аэрогеофизические. Аэрофотографические методы используют для регистрации электромагнитных колебаний.

С помощью дистанционных исследований изучают физическое поле Земли на расстоянии с целью получения информации о строении земной коры. Физической основой дистанционных методов исследования является излучение или отражение электромагнитных волн природными объектами. При

геологических изысканиях, которые проводятся с самолётов, космических кораблей и спутников, применяются методы дистанционного исследования, использующие видимый и ближний инфракрасный диапазоны электромагнитного спектра и специальные виды съёмки. Последние включают в себя методы, использующие область электромагнитного спектра, невидимую человеческим глазом, и методы, основанные на изучении геофизических параметров Земли. К дистанционным методам исследований относятся:

- методы дистанционного изучения земной поверхности в видимой и ближней инфракрасной области электромагнитного спектра: а) визуальные наблюдения; б) фотосъёмка; в) телевизионная съёмка.

- методы дистанционного изучения земной поверхности, регистрирующие невидимую часть электромагнитного спектра излучения Земли: а) инфракрасная съёмка; б) радиолокационная съёмка; в) спектрометрическая съёмка; г) ряд специальных съёмок (лазерная, ультрафиолетовая, магнитная, радиационная), не нашедших пока сколько-нибудь широкого применения в геологии.

В настоящее время современная аппаратура, применяемая при фотографировании телевизионной съёмке, позволяет проводить исследования в более широком диапазоне спектра, включая ультрафиолетовый и инфракрасный.

Виды данных дистанционного зондирования

Данные дистанционного зондирования Земли являются очень важным источником пространственных данных в ГИС.

Все ДДЗ делятся на три категории:

- наземная съёмка
- аэрофотосъёмка
- космическая съёмка

Съёмки могут быть пассивными, когда фиксируется собственное или отраженное солнечное излучение, и активными, когда снимаемые объекты облучаются, например, радиоволнами. В зависимости от фиксируемого диапазона электромагнитного излучения различают следующие виды дистанционного зондирования:

- ультрафиолетовая съёмка
- съёмка в видимом диапазоне
- съёмка в ближнем диапазоне
- съёмка в среднем диапазоне
- съёмка в дальнем (тепловом) инфракрасном
- съёмка в микроволновом радиодиапазоне

При одновременном использовании нескольких диапазонов говорят о многозональной съёмке, а при большом числе используемых диапазонов (20 и более) - о гиперспектральной.

По виду применяемой съёмочной аппаратуры различают следующие виды съёмок:

- фотографические

- телевизионные
- фототелевизионные
- сканерные
- радиолокационные
- гидролокационные
- лазерные
- лидарные

Отдельно выделяют аэроспектрометрирование, представляющее собой регистрацию с помощью спектрографов спектральной яркости какой-либо поверхности вдоль направления движения летательного аппарата.

Заключение

В настоящее время использование материалов космических съемок в совокупности с геоинформационными технологиями, и на начальных этапах и в процессе выполнения минералогических исследований и прогнозно-поисковых работ позволяет актуализировать архивную «бумажную» геолого-картографическую информацию, существенно уточнить и получить новые данные об особенностях геологического и в том числе глубинного строения площадей, значительно локализовать рудоперспективные и нефтегазоперспективные площади [3-5, 8, 9, 11]. Значительные успехи достигнуты в применении аэрокосмических методов и аэрокосмогеологического анализа в гидрогеологических, геоэкологических и инженерно-геологических исследованиях [7-5, 11-18].

Библиографический список

1. Андронников В.Л. *Аэрокосмические методы изучения почв*. М.: Колос, 1979.
2. Антипов В. С., Астахов В. И., Брусничкина Н. А., *Аэрокосмические методы геологических исследований*, изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000.
3. *Аэрокосмические методы в геологии [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Электрон. дан. Пермь, 2019. 29 Мб; 253 с. Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/aerokosmicheskie-metody-v-geologii.pdf>.*
4. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцева. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.*
5. 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.*
6. Богданов А.А. *Аэрометоды при геологических исследованиях*, Москва, 1961.
7. Гудилин И.С., Комаров И.С. *Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрологических исследованиях*. М., «Недра», 1978.
8. Кац Я.Г., Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. *Космические методы в геологии*. М., Изд-во Моск. ун-та, 1976.
9. Кац Я.Г., Тевелев А.В., Полетаев А.И. *Основы космической геологии*. М.: Наука, 1988.
10. Книжников Ю.Ф. *Основы аэрокосмических методов географических исследований*. М.: Из-во Моск. ун-та, 1980.
11. Копылов И.С. *Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых*

аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

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

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. *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.*

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 // 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. 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 Пермь, 2019. С. 197-203.*

18. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. *Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жиланском месторождении калийных солей // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*

19. Кравцова В.И., Козлова Е.К., Фивенский Ю.И. *Космические снимки. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 126 с.*

20. Кронберг П. *Дистанционное изучение Земли, пер. с нем. М: Мир, 1988.*

21. Мишев Д. *Дистанционные исследования Земли из космоса. Пер. с болгарского М.: Мир, 1985.*

22. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. *География из космоса. М: Изд-во «МГУГиК», 2000.*

М.В. Рогозин¹, В.В. Михалев², А.Я. Рыбальченко², И.С. Копылов¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет

² Компания ООО «АНДИ», г. Пермь, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НЕОТЕКТОНИКИ И МАЛЫХ ГЕОАКТИВНЫХ ЗОН НА ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ И БИОЛОКАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Исследования проведены в Пермском крае в заповеднике «Вишерский» и в долине р. Камы в лесах вблизи г. Перми на общей площади более 300 км². Проведено геоструктурное дешифрирование космических снимков, линеаментный и геоструктурометрический анализы, с выделением геодинамических активных зон. Для определения мест, влияющих на структуру фитоценоза, использовали биолокацию и находили малые геоактивные зоны (МГА-зоны) двух типов размером 1,0 и 8,0 м. Проложено 5 треков, состоящих из 7-9 таких зон и частично построена их сеть на расстояние 95-124 м. Выбор ключевых точек на участках с высокой геодинамической активностью позволил установить в заповеднике совпадение линеаментов дизъюнктивной тектоники с ориентацией треков двух типов МГА-зон в 80% случаев. Однако вблизи г. Перми линеаменты совпадали с ориентацией только одного типа таких зон. МГА-зоны определяют локализацию крупных деревьев древостоя, а также биогрупп деревьев и кольцевых образований из некоторых видов многолетних растений. Изученные МГА-зоны образуют сети и в заповеднике их ориентация совпадает, однако вблизи г. Перми такого совпадения нет, и их ориентация отличается на 30-50°. Различия эти, по-видимому, обусловлены направлением основных линеаментов, которое в заповеднике меридиональное, а вблизи г. Перми диагональное, а также флуктуацией их плотности на единице площади, которая имеет мозаичный характер.

Ключевые слова: неотектоника, геоактивные зоны, древостой, структура, экосистемы, Урал.

M.V Rogozin¹, V.V. Mikhalev², A.Ya. Rybalchenko², I.S. Kopylov¹

¹ Perm State University, Perm, Russia

² ANDI LLC, Perm, Russia

STUDY OF THE INFLUENCE OF NEOTECTONIC FACTORS AND SMALL GEOACTIVE ZONES ON ELEMENTS OF FOREST ECOSYSTEMS USING AEROSPACE AND BIOLLOCATION METHODS

Studies were conducted in the Perm region in the reserve "Vishersky", on the territory of a total area of 300 km². Held geostuctural interpretation satellite image interpretation, lineament and estructuralismo analyses, identification of geodynamic active zones and the spiral ring of the deep fluidbook. Biolocation with finding small geoactive zones with a diameter of 1 and 8 m, favorably affecting the growth of trees, and laying five tracks from 7-9 such zones at a distance of 95-124 m was used to determine the places of influence on vegetation. The selection of key points in areas with high geodynamic activity made it possible to establish in the reserve a coincidence of lineaments of disjunctive tectonics with the orientation of tracks of two types of MGA-zones in 80% of cases. However, near the city of Perm, the lineaments coincided with their orientation of only one type of such zones. MGA-zones determine the localization of large trees of the stand, as well as biogroups of trees and ring formations from some plant species. The MGA-zones of these types form networks and, in the reserve, their orientation coincides, however, there is no such coincidence near the city of Perm and it differs by 30-70 °. The differences in orientation of the networks of MGA-zones, apparently, are due to the direction of the main lineaments, which is meridional in the reserve, and diagonal in the vicinity of Perm.

Keywords: neotectonics, geodynamic active zones, tree stand, phytocenotic structures, ecosystems, Ural.

Введение

Методология изучения геодинамической активности Земли базируется на изучении глубинных флюидо-магматических, тектонических, сейсмических и геохимических процессов. В приповерхностных частях литосферы применение неотектонического, морфоструктурного, линеаментного и геодинамического анализов с широким использованием методов космогеологических исследований позволяет достаточно надежно выявлять геоактивные зоны, которые в ряде случаев бывают связаны с так называемыми геопатогенными зонами – т.е. литосферно обусловленными зонами биологического дискомфорта [13, 22].

Биологический аспект геодинамической активности в научной литературе освещен крайне слабо. Имеется лишь несколько значимых работ [3, 4, 10]. Вместе с тем, в последние годы появились исследования так называемых «малых» геоактивных зон (МГА-зон) с положительным влиянием на развитие деревьев всех основных видов лесообразующих пород [14-18]. При их изучении применяют биолокационный метод, и он часто вызывает претензии оппонентов, которые обычно сводятся к тому, что метод субъективен; но из этого отнюдь не следует, что его результаты неверны. Практика биолокации насчитывает сотни лет, и перед учеными давно стоит вопрос о верификации данных «прибора-человека», где индикацией неизвестных пока излучений Земли выступает не рамка и не маятник, а все тело человека. Биолокационный метод и его критику, а также результаты изучения множества МГА-зон с применением статистического анализа данных мы рассмотрели в монографии [14]. Отметим из неё наиболее важные моменты.

Местоположение МГА-зон сейчас определяют уже не только биолокацией, но и объективными методами контроля, в частности, наложением на зоны Хартмана фотоматериалов и засвечиванием их излучением этих зон и этот способ запатентован [1]. Но серьезным недостатком метода является время для экспозиции фотопленки на полосах сети Хартмана – 15 суток. Их ширина на фото составила 3 мм, и это при том, что биолокация их ширину определяет в 15–35 см, т.е. их повреждающее действие превышает размер источника излучения почти в 100 раз. Если это излучение столь слабое, то, скорее всего, еще не скоро будут сконструированы физические приборы для его измерения. Между тем, чувствительность человека к этим зонам очень высока; но ее надо «разбудить», обучаясь этому методу, а далее исследовать эти зоны, используя тело человека как био-прибор для фиксации сверхслабых излучений, проверяя его правильность, например, на деревьях. Места расположения МГА-зон с благоприятным действием можно вполне объективно опознать по самым крупным деревьям в древостоях. Они встречается повсеместно и лучшие из них относят к так называемым «плюсовым» деревьям. Материал по ним накапливался нами около 10 лет, и когда объем наблюдений насчитывал уже сотни случаев, их систематизировали и написали книгу «Лесные экосистемы и геобиологические сети», которая доступна в интернете. Деревья отражают и патогенное действие сетей Хартмана и Карри. На узлах этих сетей – зонах диаметром от 0,33 до 2,0 м деревья резко отстают в росте, искривляют стволы и

часто погибают ещё в молодости. Поэтому, ориентируясь на внешний облик деревьев, можно сразу и обучаться, и постоянно верифицировать метод биолокации на биоиндикаторах-деревьях [14].

Благоприятные зоны имеют четко ограниченный размер в виде круга с диаметрами 1; 3; 4,5 и 8 м. Обычно они локализованы вблизи крупных деревьев самых разных видов. Но вблизи сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) отмечены зоны и больших диаметров – 16, 32 и 55 м [15]. Эти зоны мигрируют в течение года на расстояние от долей метра до 1-2 м, и амплитуда их миграции зависит от геодинамической активности обширных территорий. Там, где эта активность выше [8], наблюдается увеличение амплитуды их миграции [17].

Исследование влияния МГА-зон на растения были начаты нами главным образом в связи с тем, что ныне отсутствуют точные количественные характеристики причин формирования весьма сложной структуры древостоев, где встречаются скопления деревьев, биогруппы и прогалины. При этом в качестве основного фактора, влияющего на взаимоотношения деревьев, обычно принимается конкуренция за свет [5, 6, 23]. Наши данные о факторах, влияющих на размер конкретного дерева, а также данные исследований ведущих лесных селекционеров показали, что внутривидовая конкуренция вместе с влиянием генотипа определяет размеры дерева в насаждении лишь менее чем на 40 %, т.е. влияние неизвестных факторов преобладает и достигает более 60 % [14].

Поэтому вполне обоснованно мы полагаем, что МГА-зоны могут быть в числе таких неизвестных факторов. Работу в этом направлении провели в 184-летнем насаждении сосны 1-го класса бонитета с полнотой 0.93 на площади 2.2 га с нанесением на план 735 шт. живых и 343 шт. отпавших деревьев, а также малых геоактивных зон. Была проведена градуировка взаимодействия деревьев по расстоянию между ними по шести градациям, после которой выделили окна, всего 77 шт. Было установлено, что окна занимают 40 % площади и их образование вызывали три фактора: отсутствие вблизи центра окна благоприятных зон (47% случаев), такое же отсутствие благоприятных зон при наличии патогенных зон (44 % случаев), естественный отпад деревьев по причине их слабого развития (3 % случаев). На неустановленные факторы пришлось 6 % случаев, вызванных, вероятно, поселением подлеска и отсутствием всходов сосны. Поэтому окна и прогалины являются плохими местами для развития подроста и создания культур. На них практически отсутствуют (в 94 % случаев) благоприятные геоактивные зоны [15].

В связи с наличием такого сильного влияния МГА-зон возникла идея проверить, нельзя ли установить взаимосвязь структуры сетей из этих зон с неотектоническими факторами: пониженной или повышенной геодинамической активностью территорий [7, 8], наличием тех или иных разломов, их протяженностью, направлением, формой и т.д. В таком аспекте изучаемый вопрос находится на стыке наук и обладает всеми признаками новизны.

Цель настоящей работы – выявление зон с высокой неотектонической активностью и нахождение мест с малыми геоактивными зонами, влияющими на структуру растительных сообществ.

Материал и методы

Объекты исследования расположены на Западном Урале и Приуралье в двух районах: 1) в заповеднике «Вишерский», в лесах северной таежной зоны на склонах г. Мунин-Тумп и хребта Лопьинский Камень, в долине реки Вишеры и её притоков р. Лопья и ручья Муравей и 2) в долине р. Камы, в лесах средней таежной зоны юго-западнее г. Перми (рис. 1). На обоих участках преобладают серые лесные и среднеподзолистые супесчаные и суглинистые почвы.



Рис. 1. Расположение объектов исследования в Пермском крае: белая точка – сосновый лес вблизи г. Пермь, черная точка – леса заповедника «Вишерский»

В процессе работы проведены космогеологические исследования и геоструктурометрический анализ космических снимков разной степени разрешения и в разных спектральных каналах. В результате до начала полевых работ были выявлены системы разрывных нарушений в виде прямолинейных и дугообразных линеаментов разной протяженности и ключевые участки с наибольшей их плотностью. Разломы и линеаменты отражают трещинно-разрывные деформации осадочного чехла и фундамента, образы которых представлены на земной поверхности линейно вытянутыми формами рельефа:

прямолинейными отрезками различного рода уступов, перегибов на склонах, водораздельных линий. Также они могут быть сформированы элементами гидрографической сети в виде спрямленных участков речных долин, аномалиями структурного рисунка поверхности, контуров болот и других элементов рельефа. Картирование сети линеаментов осуществлялось по методике, описанной российскими специалистами [8, 11, 12, 21].

В целом методика работ заключалась в выявлении по фототону и структурно-текстурному облику космоизображений различно ориентированных линейных и дугообразных линеаментов и их сопоставлением с данными геоструктурометрического анализа. Технологически это выполнялось путем дешифрирования космических снимков (Landsat 8, 2017-2018 гг.) разного масштаба, от мелкого к крупному, и различных комбинаций спектральных каналов. Компьютерная обработка данных дешифрирования космических снимков и расчет плотности линеаментов были выполнены с помощью программного обеспечения ArcGIS и модуля Spatial Analyst фирмы ESRI.

Биолокационный метод включал в себя работы на выбранном участке с картированием положения МГА-зон по методике, описанной в монографии [14] и геодезической привязки начальной, а в конце работ – конечной точки маршрута (трека) к хорошо опознаваемым на космоснимках объектам – изгибам рек, контурам болот, полянам среди леса и отдельным деревьям. Для этого в обязательном порядке использовали буссоль и мерную ленту, так как GPS-навигатор даже на больших прогалинах среди леса часто давал смещение координат до 20–30 м. Такой двойной контроль позволял нанести первую и последнюю точки маршрута на план с точностью $\pm 2,0-3,0$ м. Длина основного трека, состоящего из МГА-зон диаметром 8,0 м, составляла в заповеднике 95–124 м, но иногда он обрывался из-за непригодных для работы заболоченных или сильно захламлённых валежом мест. Промежуточные точки на треке наносили на абрис путем промера линий с определением их азимута в градусах; зоны 1,0 м и ближние деревья, а также другую ситуацию наносили по угловым и линейным засечкам с точностью $\pm 0,1$ м.

Сразу после полевых работ составляли абрисы-планы. Далее они были добавлены в проект ArcGIS в виде растра с привязкой точек. Привязки проверяли по длине основного трека между первой и последней точкой, после чего проводили корректировку по детальному космоснимку с высоким пространственным разрешением порядка 50 см. Далее в проекте оцифровывали ситуацию, создавая новые шейп-файлы и слои карты.

В лесах г. Перми картирование деревьев было более детальным. На план были нанесены 735 деревьев и МГА-зоны пяти типов в лесном массиве площадью 2,2 га (координаты центра участка N58°00'45,1'' и E55°52'44,3''), расположенном на второй надпойменной террасе р. Кама. Работы по картированию здесь продолжались два года и их результаты частично отражены в монографии [16]. В настоящей работе проведён лишь краткий анализ данных только для двух типов сетей из МГА-зон, с целью их сравнения с треками, состоящими из таких же зон в заповеднике «Вишерский».

Результаты и обсуждение

Анализ линеаментов и треков из МГА-зон

На исследуемой территории в заповеднике и её обрамлении общей площадью порядка 300 км² было проведено детальное (масштаб 1:25 000) геоструктурное и геоиндикационное дешифрирование космических снимков. Выделенные прямолинейные линеаменты по геологическим признакам достаточно уверенно диагностируются как осевые зоны трещинно-разрывных структур. По протяженности линеаменты подразделены на 3 группы:

- зональные – протяженностью в 25-100 км.
- локальные – длиной 5–25 км.
- короткие – длиной менее 5 км.

Значительная часть исследуемой территории характеризуется повышенными и высокими значениями плотности линеаментов в диапазоне от 0,9 до 2,1 км/км². Это соответствует значительной и повышенной геодинамической (и неотектонической) активности. Две самые крупные зоны с очень высокой геодинамической активностью, более 2,1 км/км², отмечаются в южной части исследуемой площади и показаны ниже (рис.2).

Согласно нашим исследованиям, площадные мобильные геодинамические активные зоны следует рассматривать как весьма проницаемые и благоприятные для вертикальной и латеральной миграции жидких и газообразных глубинных флюидов [7, 8, 12, 21]. В таких зонах на поверхность и в водную экосистему с типичным гидрокарбонатным составом вод могут мигрировать хлоридные и сульфатные глубинные водные растворы, насыщенные микроэлементами. Формируются аномалии в почвах и грунтовых водах с площадным распространением: Pb, Mn, Ba, с локальным: P, Ga, Zn, Cr, Cu, Sb, Ti, Cd, Zr, V, Ni, Rn [9]. Как следствие, в таких местах могут возникать очаги агрессивного воздействия на экосистему.

В соответствии с ориентировкой структур Русской платформы и Уральской складчатой области здесь выделяются два основных направления линеаментов. Наиболее четко выражена сеть северо-западных и северо-восточных линеаментов, реже отмечаются линеаменты меридионального и широтного направления. На отдельных участках долины р. Вишера была отмечена заметная концентрация линеаментов с образованием зон сгущения. В двух таких местах как раз и были проведены детальные полевые работы и заложены треки из МГА-зон длиной 95-124 м. Треки планировалось заложить перпендикулярно линеаментам, и для трека 1 и 3 это удалось. В других случаях их направление пришлось изменить, что было вызвано чисто техническими трудностями трассирования по захлавленной и заболоченной территории и, зная ячеистую структуру сетей в целом [14], мы сознательно изменяли направление треков в таких местах.

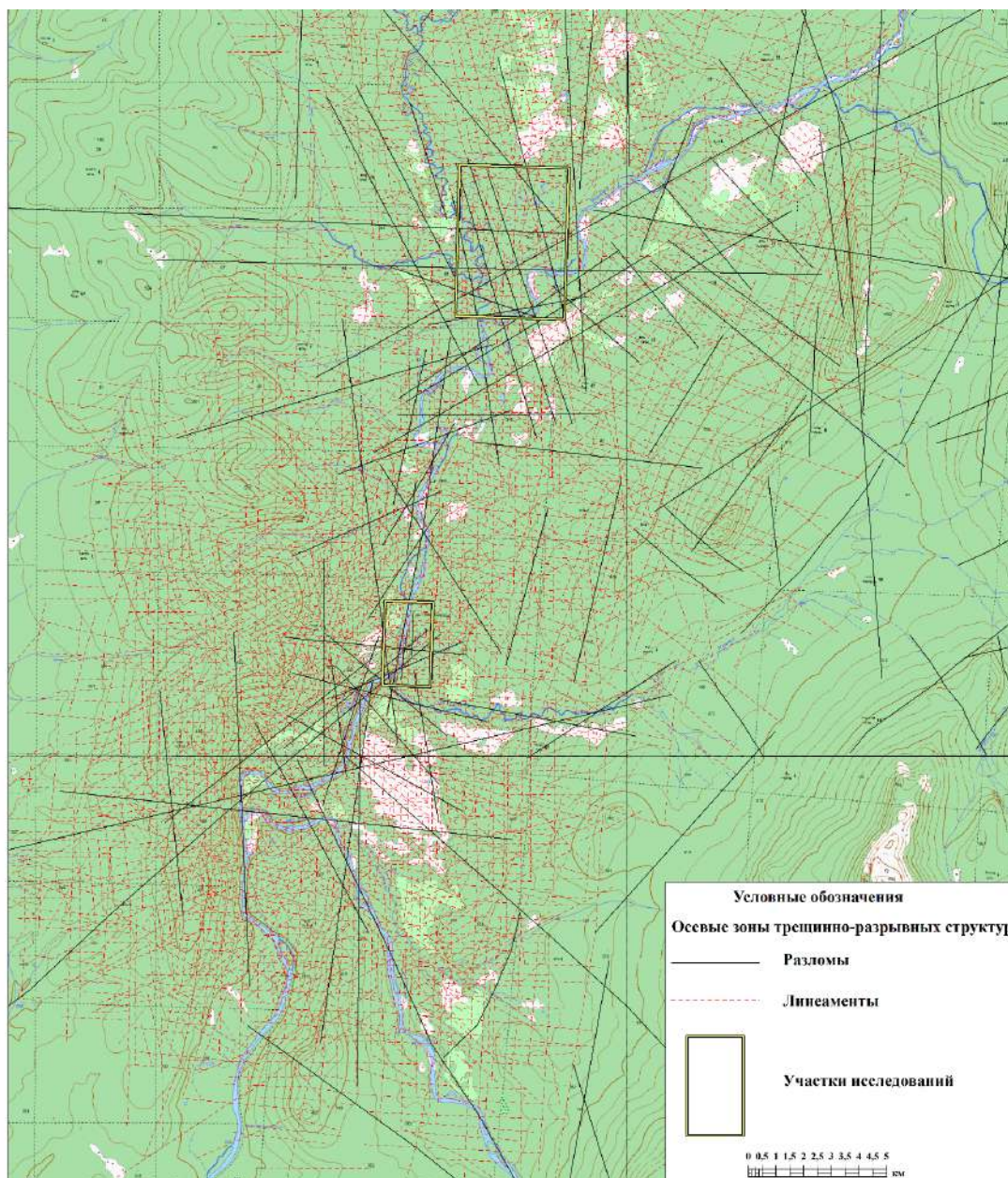


Рис. 2. Результаты геоструктурного дешифрирования в заповеднике «Вишерский» и участки исследований на р. Вишера и р.Лопья (вверху) и вблизи устья р. Муравей (в центре)

Вначале рассмотрим треки 1-3 и картину линеаментов и разломов вблизи них (рис. 3).

Трек 1 заложен на частично затопляемой в половодье поляне, почти под прямым углом к ближнему линеаменту. Цепочка из зон 1.0 м в целом ориентирована в том же направлении, как и трек из зон 8 м.

Трек 2 заложен перпендикулярно к ручью, который мы назвали «ручей Рыжий». Ручей имеет быстрое течение, каменистое дно и бурую окраску дна, покрытого водорослями. Этим он резко отличается р. Лопья и р. Вишера с чистой галькой почти без водорослей. При пересечении с треком 2 он меняет направление на ЮЮВ, опять бежит прямо 260 м и впадает в озеро длиной 120 м и шириной до 25 м.



Рис. 3. Треки 1–3 на р. Лопья: красные линии – короткие линеаменты до 5 км, светло-розовые – локальные линеаменты протяженностью до 25 км

Направление трека 2 оказалось почти параллельно двум линеаментам субширотного простирания; однако там проходит еще и третий линеамент северо-восточной ориентировки, и по отношению к нему трек 2 оказался уже не сопряжен. Пока неясно, какой из этих трех разломов сильнее влияет на его ориентацию, так как длина трека небольшая.

Трек 3 заложен по азимуту 38°СЗ от разлома северо-восточного направления, почти перпендикулярно к нему. Здесь наблюдается явная депрессия рельефа, которая опознается по отсутствию течения в ручье на протяжении 150 м. Этот ручей мы назвали «ручей Стоячий». Отсутствие течения в нем было полной неожиданностью для нас, так как ручей имеет ширину 4 м и крутые берега высотой 2 м. По южному берегу растёт 140-летнее насаждение из кедра, ели, пихты и березы средней высотой 24 м и полнотой 0,4. Трек плавно изгибается и его направление $28\text{--}38^{\circ}\text{СЗ}$ переходит в $3\text{--}5^{\circ}\text{СЗ}$ и далее он трассируется до р. Лопья. Конфигурация трека повторяет плавную дугу ручья Стоячий, и поэтому форма трека в виде серпа может быть обусловлена проявлением действия кольцевой структуры с поперечником около 170 м (см. рис. 3).

Треки 4 и 5 заложены вблизи устья ручья Муравей. Для них имеет место почти идеальное сопряжение с разломами, по которым формирует русло р. Вишера (рис. 4).

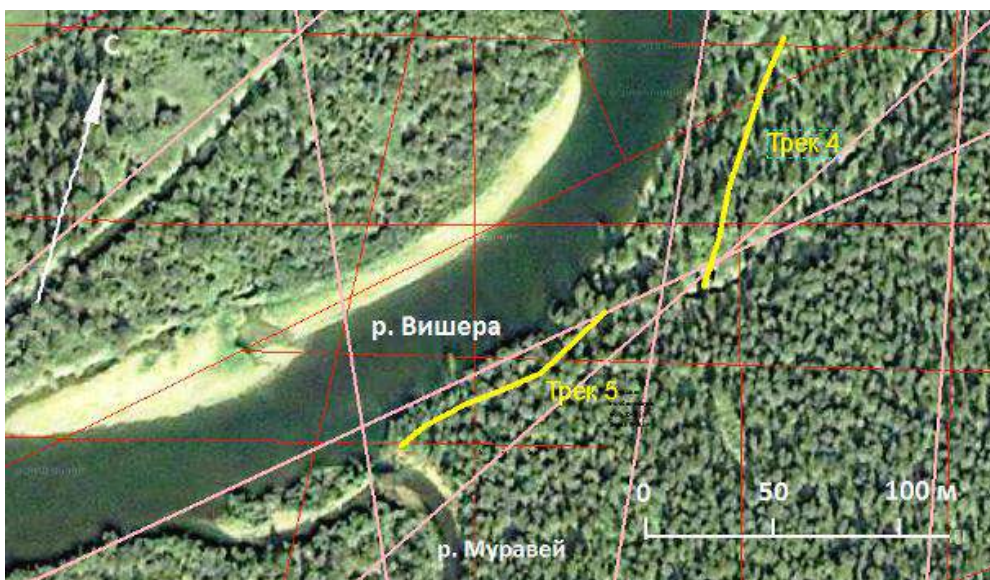


Рис. 4. Треки 4 и 5 вблизи р. Муравей: красные линии – линеаменты длиной до 2,5 км, светло-розовые – линеаменты длиной 2,5-10,0 км

Таким образом, направления треков из малых геоактивных зон в 4-х случаях из 5 оказались либо квазипараллельными, либо ориентированы под углом около 90° по отношению к ближним линеаментам зонального уровня, что полностью соответствует направлениям связей в структуре этой сети, состоящей из МГА-зон диаметром 8,0 м.

Влияние малых геоактивных зон на структуру фитоценозов

В экспедиции 2016 г. на р. Хальсория было обнаружено, что в подгольцовом поясе на высотах 500-750 м индикатором местонахождения благоприятных МГА-зон могут служить кольцевые образования из папоротника щитовника мужского (*Dryopteris filix mas* L.), а также наиболее крупные деревья и их биогруппы (рис. 5, 6).



Рис. 5. Биогруппа из ели (*Picea obovata* Ledeb.), кедра и пихты. Деревья расположены внутри геоактивных зон размером 1,0, 3,0 и 16,0 м



Рис. 6. Кольцо из стеблей папоротника щитовника мужского диаметром 70 см в период разворачивания листьев на МГА-зоне размером 1,0 м

Такие кольцевые фитоструктуры из многолетних растений вполне можно отнести к растительным феноменам, и они встретились нам впервые в заповеднике на восточном склоне хребта Лопынский Камень и на северном склоне г. Муни-Тумп, где были обнаружены также и аналогичные кольца из чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.). В следующем году мы работали в долинах рек и таких кольцевых образований не нашли; скорее всего, они встречаются только в подгольцовом поясе, где условия жесткие, почвы маломощные и где энергия МГА-зон усиливает виталитет растений. В ботанике подобные образования называются «круговины». Считается, что это особенности морфологии некоторых злаков, и причины их образования не указываются [2]. На наш взгляд, этот термин для обнаруженных нами фитоструктур не подходит, так как «круговина» – это площадь, а мы наблюдаем кольцо в виде замкнутого пояса из растений.

В заповеднике мы изучали только два типа малых геоактивных зон с благоприятным действием на биоту размером 8,0 м и 1,0 м. Причем из-за ограничений во времени изучали лишь фрагменты их сетей в виде треков. Анализ трёх треков показал, что цепь из МГА-зон размером 1,0 м повторяла в целом общее направление трека из зон 8,0 м, поэтому можно полагать, что ориентация этих двух сетей взаимосвязана (рис. 7).

Анализ цепи из МГА-зон размером 1,0 м показал, что из 23-х деревьев, расположенных рядом, 21 дерево или 91% находились прямо на этих зонах, т. е. такие зоны являются фактором, формирующим горизонтальную структуру насаждения. Ранее, в подзоне южной тайги Пермского края было установлено, что деревья растут на таких зонах достоверно лучше на 15%, чем на нейтральных местах [14]. Была обнаружена и еще одна особенность структуры сетей из МГА-зон.

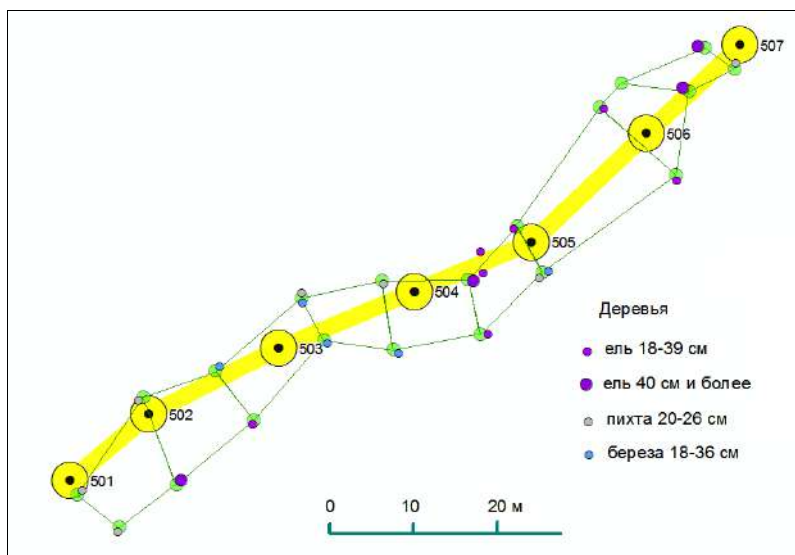


Рис. 7. Трек 5 в районе р. Муравей с малыми геоактивными зонами № 501–507 размером 8,0 м и обвивающая его цепь из МГА-зон размером 1,0 м (зеленые круги и линии) в елово-пихтовом насаждении в возрасте 130 лет с полнотой 0,5 и высотой 24 м

На рис. 6 видно, что цепь из зон 1,0 м как бы «обвивает» трек из зон 8,0 м. На двух других треках совпадение их ориентации было похоже, и это было совершенно не похоже на то, что мы наблюдали в структуре этих сетей в других местах Пермского края, где такого совпадения не наблюдалось. Ориентация этих двух типов сетей из МГА-зон была изучена нами ранее в Ильинском районе [14, 15], а затем вблизи г. Перми на песчаной террасе р. Кама в сосновом древостое, имеющем возраст 184 года [19, 20]. Схема сетей из МГА-зон на последней площади, названной участок «Сосновый бор», показана ниже (рис. 8).

Вполне очевидно, что цепи из зон размером 1,0 м имеют здесь четко выраженное северное направление, а стороны ячеек в сети из зон размером 8,0 м – северо-восточное и северо-западное. Различие в ориентации этих сетей составляет 30-50°. Похожая картина имела место и в 4 км к северу от п. Васильевское (70 км от г. Перми на северо-запад), где мы проводили картирование зон на площади 0.62 га [14, с. 89].

Чем вызвано такое несовпадение ориентации сетей пока не ясно, но различия с территорией заповедника «Вишерский» весьма значительны. Напомним, что там цепи из зон размером 1,0 м как бы «обвивали» треки из зон 8,0 м. На рис. 8 такого нет, если проложить по зонам 8,0 м треки по сторонам ячеек этой сети, идущих в северо-восточном или в северо-западном направлении, т.е. так, как это делали в заповеднике, когда сеть из зон 8,0 м не выстраивали, но соединяли эти зоны в виде трека.

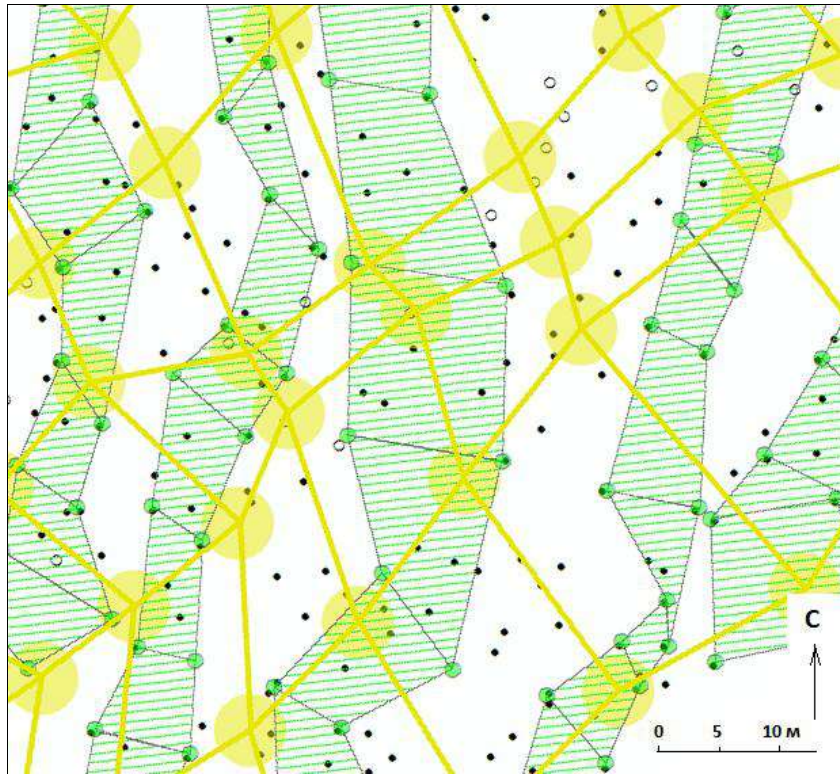


Рис. 8. Участок «Сосновый бор» вблизи г. Перми и сети из МГА-зон двух типов: размером 1,0 м (зеленые круги и полосы) и 8,0 м (желтые круги и линии). Черные точки – живые, овалы - вываленные ветром деревья. Координаты центра участка N58°00'45.1''; E55°52'44.3''

Оба сравниваемых участка находятся на территориях с повышенной геодинамической активностью. Вполне возможно, что различия в ориентации сетей МГА-зон обусловлены мозаичной структурой геодинамического поля и влиянием региональных и зональных линеаментов [8]. В заповеднике главными являются региональные линеаменты, и они имеют меридиональное («уральское») направление, а зональные направлены по диагонали к ним. Однако вблизи г. Перми (особенно на западе) – наоборот, главной является диагональная система. При этом по долине р. Кама проходит один из крупнейших региональных тектонических разломов северо-восточного направления, установленный по геофизическим данным (рис. 9).

С направлением этого геофизического разлома совпадает сторона ячеек сети из зон размером 8,0 м, ориентированная на северо-восток (рис. 8 и 9). С другой стороны, на цепи из МГА-зон 1,0 м диапазона здесь могут влиять неотектонические линеаменты уже другого, меридионального направления.

Иерархия малых геоактивных зон включает более 10 типов, с размерностью от долей метра до десятков метров [14], которые оказались в целом близки к ряду чисел Фибоначчи (табл.).

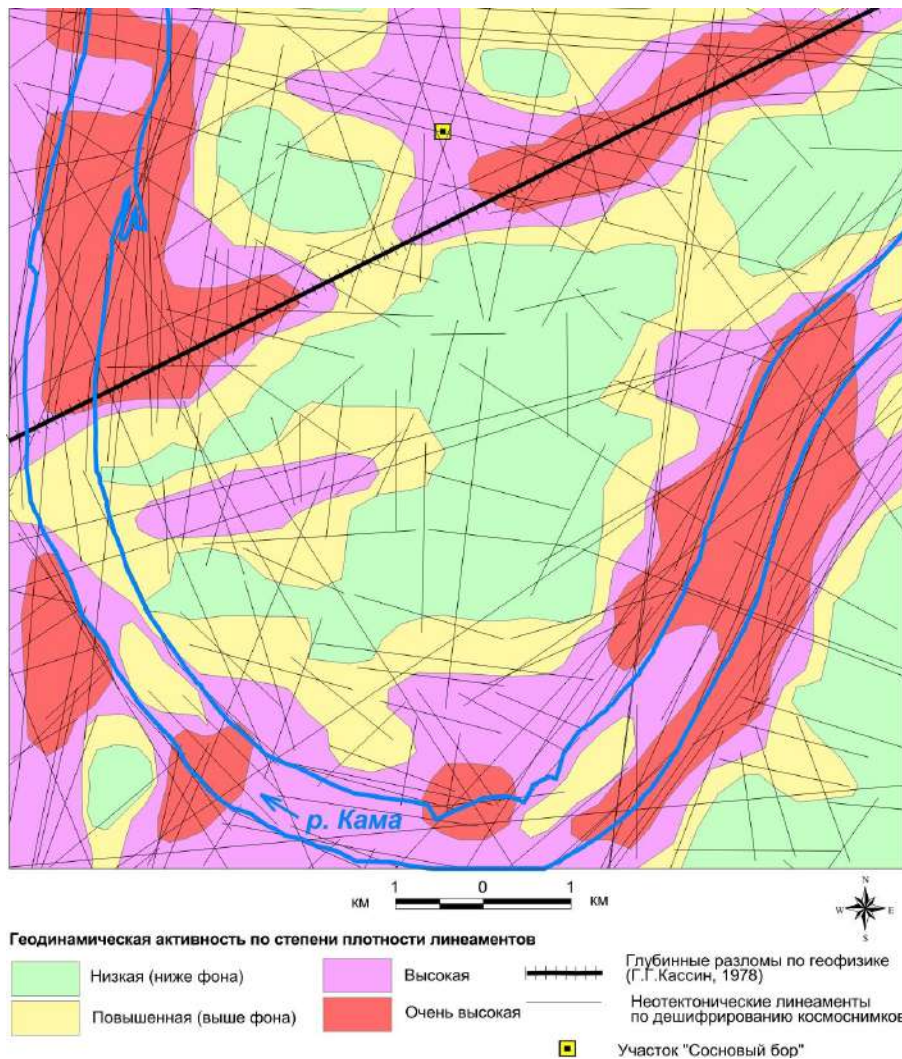


Рис. 9. Геодинамическая активность по плотности линеаментов на юго-западе г. Перми

Таблица

Ряд чисел Фибоначчи и диаметры малых геоактивных зон (МГА-зон)

Ряд чисел Фибоначчи	0	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55
Диаметры МГА-зон, м	0,3	1	1	2	3	4,5	8	16	нет	32	55
в том числе: благоприятных, м		1			3	4,5	8	16		32	55
неблагоприятных (Хартмана и Курри), м	0,3		1	2							

Через этот ряд проявляет себя универсальная «Золотая пропорция», которой подчинены буквально все природные системы и их фрактальность (самоподобие), включая развитие галактик. В нём отношение старшего числа к младшему, начиная от чисел 55 и 34, стремится к значению, с округлением равному 1,618. «Золотая пропорция» представляет собой фундаментальную константу, но константу не явную, а глубоко скрытую от поверхностных наблюдений. Она является геометрическим выражением жизни и не довлеет над другими пропорциями, а присутствует вместе с ними [14-17].

Диаметры малых геоактивных зон примерно соответствуют числовой последовательности ряда чисел Фибоначчи, за исключением МГА-зон диапазона 21 м, которые, возможно, пока временно не фиксируются из-за их малой значимости для фитоструктур. Например, более крупные зоны с диаметрами 32 и 55 м встречаются через десятки и сотни метров, тогда как самые малые расположены через 3-7 м; кроме того, чисто практический интерес представляют действительно малые зоны диапазона от 1 до 8 м, на которые деревья достоверно реагируют размерами, тогда как на зонах размером 16 м и более мы встречали пока только крупные деревья кедра сибирского [14].

Изложенное, помимо лигитимации биолокационного метода, позволяет выйти на совершенно новый уровень исследований, где будет учтено глобальное строение природных экосистем, подчиняющихся законам «Золотой пропорции». Есть основания полагать, что зафиксированные нами кольцевые фитоструктуры из стеблей чемерицы и папоротника являются фрагментом правой «Спирали Фибоначчи» при ее зарождении в биоте. Это позволяет, с учетом фрактальности природных структур, предполагать наличие подобных кольцевых и спиральных образований и в структуре древостоев. Эта идея подразумевает дальнейшее изучение малых геоактивных зон, их связей с неотектоническими и другими геолого-географическими факторами и влияние этих зон на биоту и лесные экосистемы.

Выводы

Полученные данные, несмотря на ограниченный объем исследований позволили выявить целый ряд неизвестных ранее закономерностей.

1. Установлена связь между геодинамической активностью территории и расположением деревьев, их биогрупп и кольцевых структур некоторых многолетних растений. Связь опосредована через их размещение на малых геоактивных зонах (МГА-зонах) двух типов, благоприятных для биоты и имеющих размер 1,0 и 8,0 м.

2. МГА-зоны указанных типов образуют сети и в заповеднике «Вишерский» их ориентация совпадает, однако вблизи г. Пермь их ориентация отличается на 30-50 и такое сопряжение наблюдалось отдельно для каждой из сетей: для сети МГА-зон диапазона 8,0 м оно совпадало с главной диагональной системой линеаментов, а подчиненная ей ортогональная система линеаментов ориентировала цепи из МГА-зон размером 1,0 м. Различия в ориентации сетей обнаружены впервые; по-видимому, они обусловлены разным направлением линеаментов зонального уровня, которое в заповеднике в основном меридиональное, а вблизи г. Пермь диагональное.

3. Впервые установлено, что диаметры малых геоактивных зон удовлетворительно соответствуют бесконечной числовой последовательности ряда чисел Фибоначчи, за исключением МГА-зон диапазона 21 м, которые пока не фиксируются, возможно, из-за их слабого влияния на биоту или иных особенностей, включая интерференцию с другими зонами.

***Благодарности.** Авторы благодарят директора заповедника «Вишерский» Павла Николаевича Бахарева за помощь в проведении научных исследований на стыке геологии, ботаники и лесоведения.*

Библиографический список

1. Агбалян Ю.Г. Глобальная энергетическая сеть Хартмана. Мифы и реальность // *Сознание и физическая реальность*. 2009. № 12. С. 14-20.
2. Васильев А.Е., Воронин Н. С., Еленевский А. Г. и др. *Ботаника: Морфология и анатомия растений*. 2-е изд. / общ. ред. Т. И. Серебряковой. М.: Просвещение. 1988. 480 с.
3. Горелов А.М. *Биолокация и ее использование в изучении растений*. Киев: Фитосоциоцентр. 2007. 112 с.
4. Горелов А.М. *Эколого-морфологические основы концепции фитогенного поля*. Автореф. докт. дис. по специальности 03.00.05. – ботаника. Нац. ботанич. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины. Киев. 2014. 39 с.
5. Грабарник П.Я. Анализ горизонтальной структуры древостоя: модельный подход // *Лесоведение*. 2010. №2. С.77–85.
6. Демаков Ю.П. *Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл*. Йошкар-Ола: ПГТУ. 2018. 432с.
7. Копылов И.С. *Геоэкологическая роль геодинамических активных зон* // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
8. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья* // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
9. Копылов И.С. *Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья* // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. № 1. С. 26-37.
10. Марченко И.С. *Биополесных экосистем*. Брянск: БГИТА. 1995. 188 с.
11. 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.
12. 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. 76-78.
13. Поносов В.А. *Экологический мониторинг в геофизике: учеб. пособие* Пермь: ПГУ. 2009. 297 с.
14. Rogozin M.V. *Лесные экосистемы и геобиологические сети*. Пермь: ПГНИУ. 2016. 171 с.
15. Rogozin M.V. *Локализация крупных деревьев в таежных древостоях и геоактивные зоны* // *Бюллетень науки и практики*. 2016. №9 (10). С. 18-30.
16. Rogozin M.V. *Структура древостоев: конкуренция или партнерство? [Электронный ресурс]*. Пермь: ПГНИУ. 2019. 223 с. <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/mono/rogozin-struktura-drevostoev.pdf>.
17. Rogozin M.V., Копылов И.С., Красильников П.А. *Биологический аспект геодинамических активных зон* // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. 2017. № 17. С. 223-227.
18. Rogozin M.V., Копылов И.С., Красильников П.А. *Биолокация и био-геоактивные зоны* // *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2018*. С.53-57.
19. Rogozin M.V., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. *Методология и практика применения аэрокосмогеологического и биолокационного анализа при изучении факторов влияния неотектоники и малых геоактивных зон на элементы лесных экосистем (на примере заповедника «Вишерский» и г. Перми)* // *В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. 2019. С. 91-107.
20. Rogozin M.V., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. *Оценка влияния неотектоники на лесные экосистемы и на ориентацию сетей из малых геоактивных зон* // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. Пермь, 2019. № 2 (39). С. 23-31.
21. Рыбальченко А.Я. *Геологическая модель алмазоносных флюидизатно-эксплозивных структур уральского типа* // *Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России. Новые результаты и перспективы*. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт. 2000. С. 109-111.
22. *Теория и методология экологической геологии* / Под ред. В. Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ. 1997. 368 с.
23. Усольцев В.А. *Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей*. Екатеринбург: УГЛТУ. 2013. 556 с.

АШАПСКАЯ КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА

В статье описана Ашапская кольцевая структура, выделенная по дешифрированию космических снимков. На основании архивного материала указывается на наличие многочисленных дислокаций, встреченных при разработке медных рудников Ашапского медеплавильного завода, что указывает на принадлежность Ашапской кольцевой структуры к астроблемам. По непосредственным наблюдениям на местности установлена повышенная трещиноватость пермских пород внутри кратера. Рекомендуется заверка шлихоминералогическими работами.

Ключевые слова: космические снимки, кольцевые структуры, астроблемы, дислокации пород в медных рудниках, Пермский край.

ASHAPSKY RING STRUCTURE

The article describes the Ashap ring structure, identified by decoding satellite images. On the basis of archival material, it is indicated that there are numerous dislocations encountered during the development of the copper mines of the Ashap copper smelter, which indicates that the Ashap ring structure belongs to astroblems. According to direct observations on the ground, an increased fracturing of the Permian rocks inside the crater was established. It is recommended to certify with schlichomineralogical works.

Key words: satellite images, ring structures, astroblemes, rock dislocations in copper mines, Perm Territory.

В 2008 г. при подготовке материалов и геологической основы к обоснованию ГДП-200 листа О-40-XXVII с целью составления Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 при просмотре снимков Google Earth 90 км южнее Перми и 57 км юго-западной Кунгура одним из авторов была обнаружена крупная кольцевая структура (рис. 1), названная Ашапской [4, 5], т.к. ближайший к ней более-менее крупный населенный пункт – это село Ашап, расположенное в 19,5 км восточной центра структуры.

Координаты центра структуры: 57°06,251' с.ш. и 56°12,852' в.д. (координаты сняты со снимка Google Earth). Структура обладает ясно выраженным кольцевым валом, размытым на востоке протекающей в центре структуры речкой Бол. Рассохой со своими притоками Черемиской (впадает справа) и Горной (Татарской) Рассохой (впадает слева). На юге, вдоль внешней части вала, протекает р. Бол. Ашап. Поверхность вала имеет максимальные отметки: на севере и западе до 431 м, на востоке 290 м и около 350 м на юге. В месте размыва вала урез рч. Бол. Рассохи имеет отметку 210 м.



Рис. 1. Ашапская кольцевая структура

Диаметр Ашапской структуры по гребню кольцевого вала равен 7,7 км. Она сопровождается двумя более мелкими кольцевыми структурами, расположенными непосредственно севернее и северо-западнее (рис. 1). Непосредственно восточней находятся деревни Михайловка и Новый Поселок.

В перспективе вид Ашапской кольцевой структуры еще более выразителен (рис. 2). Видно общее понижение окаймляющего ее вала на восток. Сам вал имеет вид кольцевой куэсты с крутыми внешними и более пологими внутренними бортами.

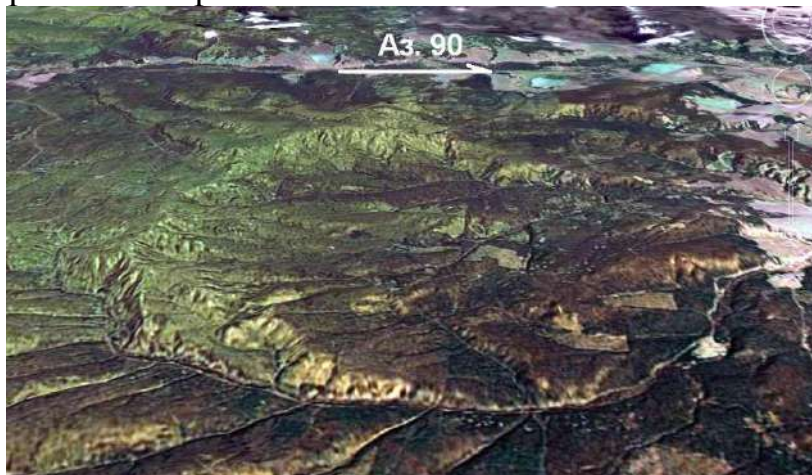


Рис. 2. Вид Ашапской кольцевой структуры с южной стороны

С поверхности территория слагается пермскими отложениями. Вал с наиболее высокой западной стороны сложен красноцветными песчаниками, алевролитами и конгломератами нижней подсвиты белебеевской свиты и более тонкими по составу отложениями второй подсвиты шешминской свиты. В центре кратера залегают алевролиты, аргиллиты и песчаники первой и второй подсвит шешминской свиты. Залегание пород палеозойского комплекса на глубине спокойное субгоризонтальное. Рифовых массивов и мощных толщ эвапоритов не отмечается. Лишь в иренской свите общей мощностью 170 м имеются прослойки гипса и ангидрита. Таким образом, происхождение Ашапской кольцевой структуры с позиций облекания рифовых структур, проявлений диапиризма, сульфатного или соляного карста не объяснимо.

Следовательно, Ашапская кольцевая структура с большой долей вероятности может иметь взрывное или метеоритное происхождение, т. е. быть кратером. Причем, тело, взрыв которого образовал кратер, судя по особенностям вала, двигалось с востока на запад.

Полевая маршрутная заверка кольцевой структуры проводилась Д.Д. Бадюковым в течение недели сентября 2009 г. Присутствия характерных пород ударно-взрывных метеоритных кратеров – импактитов (здесь под ними подразумеваются породы мишени кратера, испытавшие ударно-взрывное преобразование) – обнаружено не было, что может быть объяснено большими размерами кратера, сплошной задерновкой и кратковременностью экскурсии. Но обращает на себя внимание разное состояние пермских пород внутри и вне кратера (рис. 3, 4).

Вне кратера породы имеют спокойное залегание, дезинтеграция их послойная (рис. 3).

По мере продвижения вкост простирания вала кратера облик пород изменятся: при субгоризонтальном падении порядка 5° – 10° увеличивается трещиноватость пород (рис. 4), а на внутренней стороне вала угол падения увеличивается до 45° (рис. 5), также наблюдались обломки песчаников в песчаной матрице (обн. 71).

Данные наблюдения можно объяснить либо как нарушенным залеганием пород внутри структуры, либо делювиальными процессами.



Рис. 3. Вид выходов шешминских пород за пределами кратера (обн. 53) (здесь и далее фото Д.Д. Бадюкова)



Рис. 4. Вид шешминских пород с наружной стороны вала (обн. 56)



Рис. 5. Вид пород в обнажении внутри кратера (обн. 73)

Залегание пород палеозойского комплекса на глубине спокойное субгоризонтальное. Рифовых массивов и мощных толщ эвапоритов не отмечается. Таким образом, генезис Ашапской кольцевой структуры как структуры облекания рифов или проявлений соляного диапиризма, а также с точки зрения сульфатного или соляного карста необъясним. Был сделан вывод, что Ашапская кольцевая структура с большой долей вероятности имеет взрывное или метеоритное происхождение.

По предварительному заключению сотрудника Лаборатории метеоритики ГЕОХИ РАН им. акад. В.И. Вернадского Д.Д. Бадюкова, Ашапская структура морфологически схожа с взрывным метеоритным кратером, причем, достаточно свежим. Отсутствие части вала типично для кратеров с бывшими внутрикратерными озерами. Кратер подобного размера (8 км) мог быть образован падением ударника диаметром 300 м (маленького астероида), что при скорости падения 20 км/сек. соответствует энергии взрыва около 2 000 мегатонн в тротиловом эквиваленте.

Отношение глубин метеоритных кратеров к их диаметрам обычно колеблется от 0,1 до 0,05-0,02 [2], т.е. глубина Ашапской астроблемы в «свежем виде» могла находиться в пределах от 700 до 350-140 м.

Косвенное подтверждение возможного ударного происхождения Ашапского кратера встречено в статье И. Котляревского «Описание частных горнозаводских округов, назначенных к продаже за казенные долги (Суксунский округ)» 1870 года [1] с кратким описанием состояния дел в заводских дачах Суксунского горного округа, где наряду с прочим охарактеризованы медные и железные рудники.

Рудники Суксунского округа рассмотрены в статье [1] совместно с рудниками Бизярского, Курашимского и Юго-Кнауфского медеплавильных заводов Кнауфского округа, смежного с Суксунским. Автор считает, что из-за схожести геологических условий все описанные рудники, вскрывают как бы одно невыдержанное пластовое месторождение меди. В числе прочих описаны медные рудники Ашапского и Бымовского медеплавильных заводов. Горные выработки рудников пройдены в пермских медистых песчаниках, слагающих западную часть территории округа. По сообщению И. Котляревского, «...в даче Ашапского завода считается всего 348 рудников, но ...только 12 таковы, что о них имеются кое-какие сведения, ...все же остальные неразведаны, многие даже не разрабатывались».

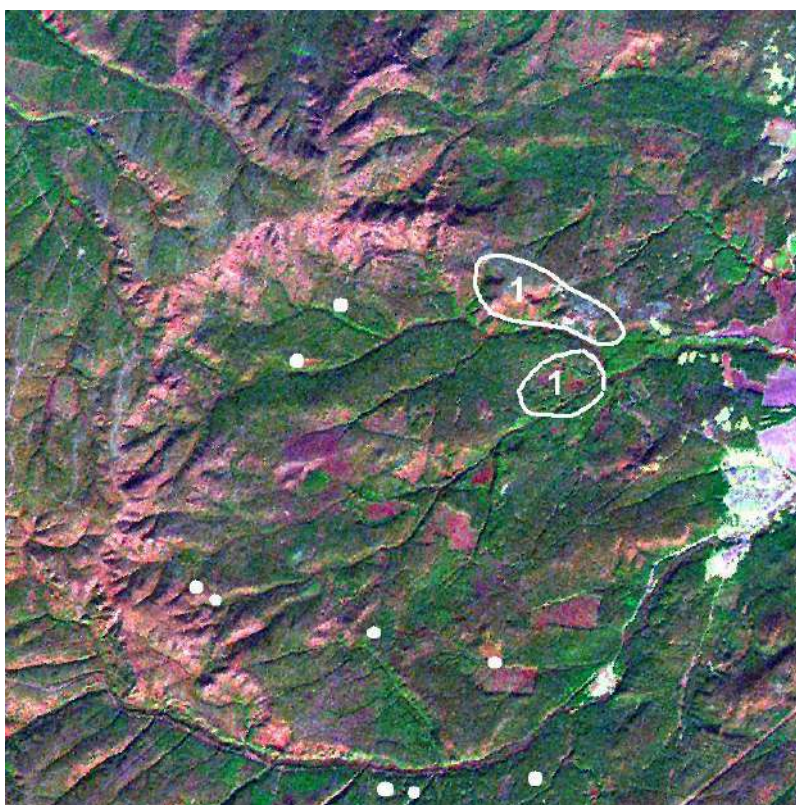
Среди кратко описанных двенадцати рудников Ашапского завода упоминаются Харитоновский и Иоанно-Алексеевский рудники, расположенные в 17 верстах (18 км) от Ашапского завода, на рч. Татарской (Горной) Рассохе (рис. 6). В обоих рудниках автор отмечает сильный приток воды, что нетипично для эксплуатационных выработок, заложенных в медистых песчаниках. Кроме этих рудников, в пределы Ашапского кратера вписываются на юге также: Макаровский рудник «по р. Большому Ашапу, на правой ее стороне в 11 верстах», Михайло-Ивановский рудник «по р. Большому Ашапу, с левой стороны, в 12 верстах от завода» и Никольский «по той же речке, на левой стороне ее».

Об Иоанно-Алексеевском руднике И. Котляревский пишет: «...Иоанно-Алексеевский рудник (Ашапского завода – Т.Х.) лежит почти на самой вершине горы, и работы тянутся по ней по направлению от С.З. на Ю.В. Руда залегает в песчанике гнездами и пропластками, имеющими значительную толщину, вдруг и скоро спадающую».

Отмечается, что рудоносный песчаник вскрыт выработками рудника не на всю мощность, «...а потому нельзя наверное сказать на чем он лежит... Все эти пласты на Иоанно-Алексеевском, а также и на других ашапских рудниках не слоятся ...правильно, ...но переломаны и изогнуты всячески (выделено мной – Т.Х.). На рудниках Бымовского, Бизярского и Курашимского заводов они, напротив, лежат совершенно горизонтально, ...и руда в песчанике, не как на ашапских рудниках, залегает горизонтальными пластовыми гнездами. ...Причина переломанности пород в Ашапских горах неизвестна; по незначительному числу обнажений, виденных в них, нельзя вывести никакого об этом заключения».

По поводу непонятной И. Котляревскому и необъяснимой в 1870 г. «переломанности» и перемятости пород ашапских рудников теперь можно утверждать почти со 100%-ной уверенностью, что многочисленные дислокации пород в медных рудниках Ашапского медеплавильного завода, а, следовательно, и сама Ашапская кольцевая структура, могут иметь ударное происхождение и она может быть названа Ашапской астроблемой. Таким образом, здесь мы имеем дело с метеоритным кратером, который может и должен стать одной из достопримечательностей Пермского края и который необходимо изучать. Ашапская астроблема зарегистрирована и внесена в «Полный каталог импактных структур Земли» ИВМиМГ СО РАН [3], а в Пермском крае появилась еще одна достопримечательность, требующая изучения.

На первом этапе исследования должны включать маршрутные исследования, шлиховое опробование рек, дренирующих астроблему, логов и оврагов, пересекающих вал.



1 – Иоанно-Харитоновское поле медных рудников с Иоанно-Алексеевским и Харитоновским рудниками; белые точки – отдельные медные рудники.

Рис. 6. Схема расположения медных рудников в пределах Ашапской астроблемы (спектрозональный снимок)

Отношение глубин метеоритных кратеров к их диаметрам обычно колеблется от 0,1 до 0,05 – 0,02 [3], т.е. глубина Ашапской астроблемы в «свежем виде» могла находиться в пределах от 700 до 350-140 м. Мощность рыхлых образований, выполняющих кратер (снизу вверх: коптогенных, пролювиальных, делювиальных и озерных), того же порядка. С учетом эрозии и денудации она должна быть меньше, но все равно может превышать десятки

метров. Отсюда при маршрутных исследованиях следует сосредоточить внимание на окаймляющем вале, с целью поисков отвалов рудников, пройденных близ вала и в его теле. Материал отвалов может быть описан и опробован на отвалах всех встреченных в пределах структуры рудников (рис. 6), особенно в пределах Иоанно-Харитоновского рудничного поля.

Шлиховой метод, видимо, будет играть ведущую роль в исследованиях Ашапской астроблемы. В тяжелой фракции водотоков, дренирующих кратер и окаймляющий вал, могут быть встречены такие минералы, как: камасит и тэнит, стишовит и коэзит, алмаз и лонсдейлит. Если у первых плотность 7,8 – 8,2, то плотность последних колеблется от 3,0 до 2,1. Следовательно, промывку проб следует вести до серого шлиха.

Библиографический список

- 1. Котляревский И. Описание частных горнозаводских округов, назначенных к продаже за казенные долги (Суксунский округ) // Горный Журнал, 1870, часть 4, книжка 11.*
- 2. Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Мащак М.С. и др. Геология астроблем. Л., Недра, 1980. 232 с.*
- 3. Полный каталог импактных структур Земли / А.В. Михеева. ИВМиМГ СО РАН. labmpg.ssc.ru/index.html.*
- 4. Харитонов Т.В. Ашапская кольцевая структура – астроблема? // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2013. № 16. С.167-172.*
- 5. Харитонов Т.В., Бадюков Д.Д. Ашапская кольцевая структура // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2010. № 13. С.169-174.*

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

УДК551.242

П.А. Исупова, Р.Ю. Рузманов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУКИСВУМЧОРР В ПРЕДЕЛАХ ХИБИНСКОГО МАССИВА

Проанализированы геологические условия территории Хибинского массива. Проведен аэрокосмогеологический анализ апатит-нефелинового месторождения Кукисвумчорр, методом структурного дешифрирования. Выделены неотектонические линеаменты, построена карта трещиноватости по плотности линеаментов.

Ключевые слова: аэрокосмогеологический анализ, линеаменты, тектоника, апатит-нефелиновое месторождение, Кольский полуостров, Хибинский массив

P.A. Isupova, R.A. Ruzmanov

Perm State University, Perm, Russia

STRUCTURAL-GEODYNAMIC ANALYSIS WITH THE USE OF INTERPRETATION OF SPACE IMAGES OF THE KUKISVUMCHORR DEPOSIT IN THE Khibiny MASSIF

The geological conditions of the territory of the Khibiny massif are analyzed. The Apatite-nepheline Deposit Kukisvumchorr was analyzed using the structural decoding method. Neotectonic lineaments are identified, and a map of fracturing by lineament density is constructed.

Keywords: aerospace geological analysis, lineaments, tectonics, Apatite-nepheline Deposit, Kola Peninsula, Khibinsky massif

Введение

Территория Хибинского массива в геологическом отношении в целом, изучена достаточно хорошо, но отдельные вопросы, связанные с неотектоническими процессами формирования апатит-нефелиновых месторождений изучены недостаточно и требуют уточнения.

Целью данной работы является оценка неотектоники месторождения Кукисвумчорр. Исходя из цели, были поставлены следующие задачи: анализ аэрокосмических снимков (КС) на территории Хибинского массива (северо-западная часть Q-36); сбор геологических материалов по месторождению Кукисвумчорр и Хибинского массива; изучение геологических и тектонических особенностей месторождения Кукисвумчорр; дешифрирование и выделение линеаментов и кольцевых структур северной территории Хибинского массива; установление линейно-тектонических нарушений и блоков кольцевых структур; выявление закономерностей влияния на месторождение.

Характеристика геологических условий Хибинского массива

Хибинский горный массив, расположившийся на Кольском полуострове, является уникальным в своем роде. Представляет из себя магматический массив из щелочных пород, где обнаружены сотни уникальных минералов.

Горы Хибин отличает кольцевое строение. Отдельные комплексы горных пород, из которых состоит массив, представляют из себя дуги, которые как бы вложены друг в друга и открыты с одной стороны. Это можно объяснить внедрением магмы вдоль разломов. Массив привязан к крупной структуре Балтийского кристаллического щита, как и весь Кольский полуостров. На западе Кольского полуострова между горными массивами расположились крупные по размерам депрессии (рис. 1) [1].

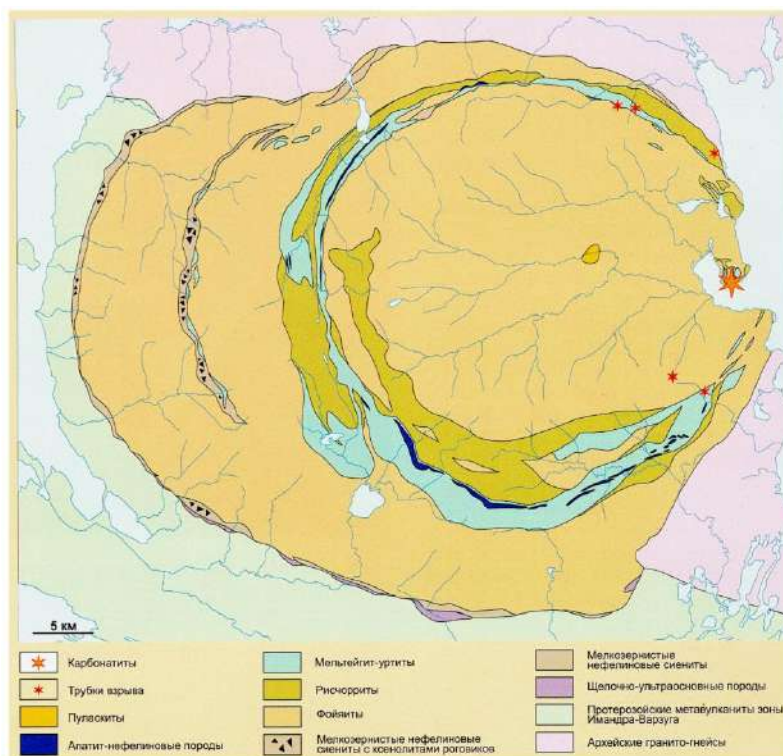


Рис. 1. Геологическое строение Хибинского массива [1]

Геологические признаки блокораздельных зон выражены линейными корами выветривания и подвергнутыми выветриванию доледниковыми образованиями: глинами, коренными породами, в которых отмечается

появление вторичных минералов (гидрослюды, нонтронита, гидрогематита, лимонита, халцедона, анатаза), брекчиями, конгломератами, гравелитами. (Арманд, 1964; Сидоренко, Галахов, 1957). На неотектоническом этапе Кольский полуостров как часть Балтийского щита является геодинамически активной структурой с блоковым строением (Никонов, 1977). Значительное по масштабам промышленное освоение здесь крупнейших в мире месторождений апатит-нефелиновых руд, других полезных ископаемых приводит к активизации естественных геодинамических процессов, что провоцирует и острые геоэкологические и инженерно-геологические проблемы [9, 10].

Массив в основном сложен древними комплексами гнейсов, сланцев, амфиболитов и интрузиями гранитов, диоритов, габбро и диабазов. Возраст всех этих пород составляет порядка 3,5-4 миллиардов лет. Они образуют очень сложную складчатую структуру, вытянутую в направлении с северо-запада на юго-восток, то есть вдоль длинной стороны полуострова. Эти складчатые сооружения разбиты в разных направлениях многочисленными разломами, уходящими своими корнями на большую глубину.

В Хибинских горах обнаружены и хорошо изучены магматические массивы горных пород, которые содержат натрий, калий, алюминий, фосфор, железо, магний и кальций. В них сосредоточены крупные месторождения апатит-нефелиновых, железных руд, вермикулита и флогопита. Породы разного состава залегают в виде колец вокруг некоторого центра. Они являются подводными каналами древних подземных вулканов, имеющих возраст около 350 - 400 миллион лет [11].

Кукисвумчоррское месторождение

Месторождение Кукисвумчорр находится на территории Кировского района Мурманской области, вблизи посёлка Кукисвумчорр, в 5,5 км от г. Кировска и связано железнодорожной и шоссейной веткой с городом Апатиты. Рельеф района месторождения – сильно расчленённый горный массив, поднимающийся над окружающей холмистой равниной на 400-700 м и разделённый глубоко врезаемыми долинами. Гидрографическая сеть района представлена горными реками и озерами ледникового происхождения. Непосредственно в пределах месторождения протекают реки Саамка, Гакман, Юкспорийок. Месторождение находится в лавинно опасном районе.

Кукисвумчоррское апатит-нефелиновое месторождение расположено в центральной части Хибинского щелочного массива. В геологическом строении рудного тела прослеживаются богатые пятнистополосчатые и брекчированные руды богатой зоны, а также различные текстурные разновидности бедных руд, представленные линзовидно-полосчатыми, сетчатыми, крупно- и мелкоблоковыми разновидностями. Покрывающими породами являются сфеновые ийолиты и ричесорриты, ийолит-уртиты и уртиты [2].

Методика и результаты дешифрирования, линеаментно-блоковой тектоники, кольцевых структур

Аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) проводились в 3 этапа:

- подготовительный этап (комплектация МАКС, предварительное дешифрирование),
- основной этап (дешифрирование МАКС, полевые заверочные работы),
- заключительный этап (обработка данных, анализ, картография).

Общая методология аэрокосмогеологических исследований базируется на основных методах:

- дешифрирование аэрокосмических снимков,
- линеаментно-блоковый анализ,
- линеаментно-геодинамический анализ,
- геоинформационное картографирование.

В основу методики АКГИ положено комплексное дешифрирование материалов дистанционных съёмок земной поверхности, включающее структурное, геоморфологическое и геологическое дешифрирование фотоснимков, структурно-геоморфологический анализ топографических карт и комплексная интерпретация результатов дешифрирования на основе имеющегося геолого-геофизического материала. Методика дешифрирования заключается 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. Составляются ГИС-проекты на платформе ESRI Arc GIS.

Для количественного анализа оценки геодинамической активности выполняется построение поля плотности тектонических линеаментов (определенных рангов). Задача выполняется в программном обеспечении ArcGIS ArcMap через модуль Spatial Analyst, инструмент LineDensity. Рассчитывается плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. Плотность вычисляется в единицах длины на единицу площади. В результате строится поле плотности линеаментов. Количество классов значений плотности выбирается в зависимости от статистических параметров (среднего арифметического – \bar{x} и стандартного отклонения – s) [3-8]

Объектами исследования с целью выявления границ блоковых структур и зон тектонических нарушений методами дешифрирования на космоснимках служат системы линеаментов, которые выделяются по комплексу признаков, и сменяют друг друга по простиранию или накладываются друг на друга.

Пространственная привязка космоснимков осуществлялась по географическим координатам и цифровым картам масштаба 1:200 000 через программу ArcMap. Структурно-тектоническое дешифрирование включало в себя выделение линеаментов и кольцевых структур разных порядков.

Обработка данных, построение карт проводились с использованием программного обеспечения ArcGIS и модуля Spatial Analyst (для расчета плотности линеаментов).

Для анализа линеаментного поля изучался южный участок Хибинского массива, где располагается месторождение Кукисвумчорр. На прилегающей к месторождению территории (32x12 км) крупномасштабным дешифрированием цифровых КС выделено 148 неотектонических линеаментов. В пределах

непосредственно участка в результате дешифрирования КС выявлена сеть прямолинейных линеаментов различных направлений. Всего выделено суммарно 138 прямолинейных линеаментов. Из них 40 локальных линеаментов протяженностью 5-10 км и 98 коротких линеаментов 2-3, до 5 км (рис. 2, 3).

Линеаменты предположительно отображают активизированные субвертикальные и субгоризонтальные линейные зоны трещинно-разрывных и горно-складчатых структур. Также выделено 10 локальных кольцевых (блоковых) структур с размерами: от 2-3 до 10-15 км. Наибольшая плотность линеаментов наблюдается на границах этих структур.



Рис. 2. Схема линеаментов на космоснимке

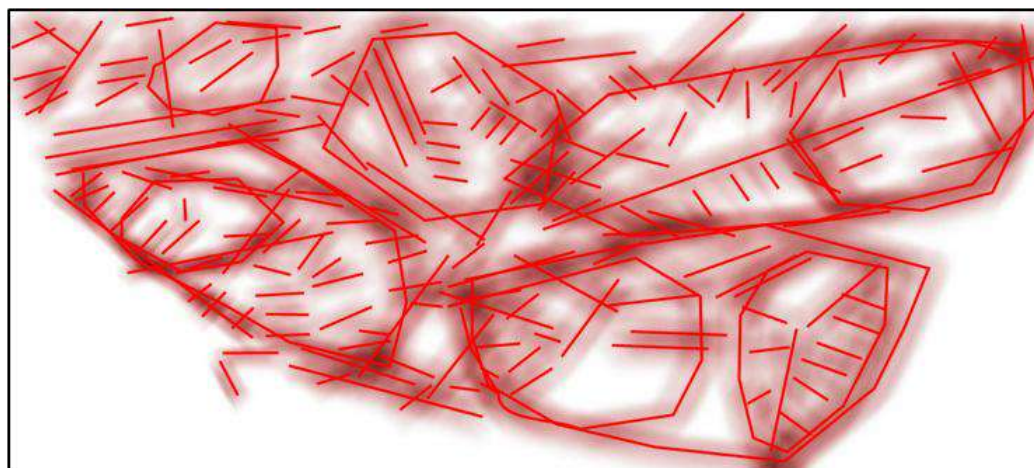


Рис. 3. Карта плотности линеаментов

Среди выделенных линеаментов преобладают короткие с субмеридиональным направлением. Линеаменты довольно ясно коррелируются с основными геологическими разломами, тектоническими структурами, руслами и террасами. Наиболее четко выражены кольцевые линеаменты вдоль межгорных прогибов, реже отмечаются линеаменты меридионального и широтного направления. На отдельных участках долины была отмечена заметная концентрация линеаментов с образованием зон сгущения.

Оценка геодинамической активности территории проводилась по распределению плотности линеаментов. Наибольшая плотность линеаментов прослеживается в центральной части изучаемой территории, что позволило выделить наиболее активные геодинамические зоны, связанные с концентрацией тектонических нарушений, проявленных в земной коре разрывами или геологическими (геохимическими и геофизическими) аномалиями.

По результатам комплексного анализа составлялись карты, где выделялись локальные блоки и геодинамические активные зоны.

Выводы

- На космических снимках выделяется несколько кольцевых структур, очертания которых имеют прямолинейный характер, что вероятно связано с блоковой тектоникой.
- Среди выделенных линеаментов преобладают короткие с субмеридиональным направлением, которые коррелируются с основными геологическими разломами, тектоническими структурами, руслами и террасами.
- В центральном районе изучаемой территории выявлена наибольшая плотность линеаментов, что говорит о повышенной тектонической трещиноватости массива в этой части.
- Месторождение Кукисвумчорр находится в геодинамической активной зоне регионального уровня, где располагаются геоактивные участки (изучение их – задача детального этапа исследований).

Библиографический список

1. Геология и минералогия Хибинского массива [Электронный ресурс] -- URL: <http://hibiny-land.ru/geologiya-i-mineralogiya-hibinskih-gor.html> (Дата обращения 27.11.2019).
2. Качественная характеристика и запасы руды [Электронный ресурс] URL <https://poisk-ru.ru/s4752t6.html> (Дата обращения 29.11.2019).
3. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
8. 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.

9. Корсакова О.П., Колька В.В., Савченко С.Н. Блоковые структуры Кольского полуострова, их устойчивость в условиях природно-технических систем (на примере горных массивов Хибины и Ловозеро) // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, № 3.

10. Санкло М.М., Копылов И.С. Влияние неотектоники на инженерно-геологические и гидрогеологические условия вод в пределах восточной части Балтийского щита // Геозкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 219-231.

11. Строение земной коры Кольского полуострова [Электронный ресурс]-- URL:<http://hibiny-land.ru/stroenie-zemnoy-kory-kolskogo-poluostrova.html> (Дата обращения 27.11.2019).

**КРУПНОМАСШТАБНЫЕ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРОМЫСЛОВСКОЙ ПЛОЩАДИ И
ЛИНЕВСКОМ УЧАСТКЕ (СРЕДНИЙ УРАЛ) ДЛЯ ПОИСКОВ РУДНОГО
ЗОЛОТА В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ**

Проведены крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Среднем Урале на Промысловской площади. По дешифрированию космических снимков и линеаментно-геодинамическому анализу построены карты масштабов 1:100 000-1:50 000. Выделены участки перспективные для поисков рудного золота в черносланцевых толщах. Детально (масштаб 1:25 000-10 000) изучен Линевский участок.

Ключевые слова: золото, черносланцевые толщи, аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаменты, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**LARGE-SCALE AEROSPACE AND GEOLOGICAL RESEARCHES AT THE
PROMYSLOVSKAYA AREA AND THE LINEVSKY SECTION (MIDDLE
URALS) FOR SEARCHING OF ORE GOLD IN BLACK SHALE BODIES**

Large-scale aerospace geological research was carried out in the Middle Urals on Promyslovskaya Square. Based on the interpretation of satellite images and lineament-geodynamic analysis, maps of scales of 1: 100,000-1: 50,000 were constructed. Perspective areas for prospecting for ore gold in black shale strata were identified. The Linevsky site has been studied in detail (scale 1:25 000-10 000).

Key words: gold, black shale strata, aerospace methods, interpretation, lineaments, Middle Urals.

Введение

На Среднем Урале наибольший интерес в отношении обнаружения месторождений золота вызывает черносланцевая золотосодержащая формация. Черносланцевые толщи и их метасоматиты, по мнению многих исследователей, являются важнейшим резервом сырья золота России XXI века. На Западном склоне Среднего Урала работы по определению металлоносности черносланцевых толщ проводились при геолого-съёмочных и поисковых работах, ГДП-200, ГДП-50 сотрудниками УГСЭ, ФГУП «Геокарта-Пермь, ООО «Пермгеолнеруд» и др. В результате проведенных работ была установлена Сурьинско-Промысловская рудная зона, где на участке окисленной сульфидной минерализации среди углеродистых сланцев фетотовской (кырминской) свиты верхнего рифея обнаружено высокое содержание золота [15].

Объект исследований – Промысловская площадь находится в Горнозаводском районе Пермского края, на западном склоне Среднего Урала, в бассейне среднего течения р. Койвы (приток р. Чусовой). Орография района представлена зоной низких гор, характеризующейся сглаженными водоразделами с преобладающими высотами 400-600 м. В восточной части площади размещается межгорная депрессия, ориентированная субмеридионально и отвечающая полосе распространения терригенно-карбонатного палеозоя. В тектоническом отношении площадь находится в пределах трёх крупных тектонических структур: Каменногорского антиклинория, Висимского синклинория и западного крыла Тагильского мегасинклинория. В геологическом отношении в центральной части распространены отложения федотовской свиты позднего рифея (углисто-кварцевые и углисто-сланцевые кварцевые сланцы, большей частью сульфидизированные); с запада и юга терригенные отложения федотовской свиты, ограничены карбонатами клыктанской свиты позднего рифея; с северо-запада и востока – серицит - кварцевыми, альбит – серицит - кварцевыми сланцами усьвинской свиты позднего рифея с прослоями доломитов, кварцитопесчаников, вулканитов. Распространены дайки кварцевых сиенит-порфиров Журавликского комплекса [9, 10]. Установлены 2 рудопроявления: Линевское (южная часть участка), со средними содержаниями Au золото-кварц-сульфидной формации в углеродсодержащих сланцах (R_3fd) 2,3 г/т и максимальными до 15,3 г/т. и Теплогорское (отрабатывалось шахтным способом в 30-х годах 20 в.) со средними содержаниями золота в кварцевых жилах 16-24 г/т, максимальными – 56 г/т. [15].

Методика исследований

Цель – проведение крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) и выявление системы долгоживущих линеаментов определяющих места наиболее вероятного размещения перспективных рудных полей, узлов и месторождений золота и последующее прогнозирование пространственного положения перспективных участков рудного золота в черносланцевых толщах в пределах исследуемой площади.

В процессе работы решались следующие **основные задачи**:

1). Уточнение геологического, тектонического и неотектонического строения территории.

2). Установление дешифровочных признаков и геологических критериев поиска золоторудных объектов и общих закономерностей размещения оруденения в черносланцевых толщах.

3). Выявление сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, системы кольцевых структур; установление их контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных тел и месторождений.

4). Проведение морфоструктурного анализа площади с целью выявления переотложенных и смещенных рудных тел.

5). На основе метода геологических эталонов – известных месторождений, рудных тел с высокими содержаниями золота – выполнение классификационной группировки перспективных участков по спектрально-космическим снимкам высокого разрешения.

Содержание, виды и методы работ

Методика прогнозирования оруденения базируется на принципе поэтапного анализа аэрокосмических материалов разных уровней генерализации. Оптимальным считается изучение региона на трех-четырёх уровнях генерализации, отличающихся в 2,5-5 раз; наиболее детальный из них должен соответствовать масштабу планируемых работ.

Методическая последовательность работ включает следующие этапы:

- 1) подготовительный этап;
- 2) этап предварительной обработки данных;
- 3) этап первичной интерпретации;
- 4) основные этапы дешифрирования и комплексного анализа аэрокосмогеологических, морфоструктурных, геолого-геофизических данных (1- региональный по всей Промысловской площади с обзором; 2 – детальный по выбранным участкам);
- 5) этап построения комплексной прогнозно-поисковой модели;
- 6) этап оптимизации модели и окончательного прогноза.

Последовательность работы:

1). Подготовка дистанционной основы: аэрофотоснимков (АФС), цифровых космических снимков (КС) и топокарт.

2). Комплексное дешифрирование: геологическое и геоморфологическое – для выделения геологических границ, геоморфологических элементов и структурно-геологическое дешифрирование сети прямолинейных линеаментов по разным уровням генерализации с использованием программных продуктов ArcGis и ArcView.

3). Оценка геодинамической (неотектонической) активности (линеаментно-геодинамический, морфоструктурный, морфонеотектонический анализ) площади.

В целом, методика дешифрирования, анализа и обработки данных базировалась на разработках [1-15].

Подготовка дистанционной основы (АФС, КС и топокарт)

Комплексное дешифрирование при аэрокосмогеологических исследованиях на Промысловской площади проводилось с использованием широкого спектра материалов аэро- и космических съёмок (МАКС) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Из картографических материалов использовались топографические карты масштабов 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 и цифровые топокарты масштабов 1:1 000 000, 1:200 000 и 1:100 000.

Территория исследуемой площади была обеспечена полностью АФС (70-80-х гг. 20 в.) масштабов 1:200 000, 1:130 000, 1:100 000 и частично - масштабов 1:35 000 и 1:25 000. Материалы высотных аэрофотосъёмок 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. Удовлетворительным 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, но недостаточной информативностью для крупномасштабного дешифрирования. АФС масштаба 1:100 000 слабоконтрастные с неравномерной фототональностью, участками покрыты дымкой. АФС масштабов 1:35 000 и 1:25 000 характеризуются достаточной геологической информативностью, удовлетворяющей решению поставленных задач. Их недостаток – устаревшая ландшафтная информация (более 40-50-летней давности).

Из цифровых дистанционных материалов в работе использовались космоснимки «Landsat 7, 8», 2004-2017 годов съёмки. Снимки высокого качества со средним разрешением на местности 30 и 14 м, позволяющие достаточно четко выделять объекты, соответствующие масштабу 1:100 000-1:50 000 (рис. 1). Космоснимки SPOT-5, высокого разрешения 2 м (съёмка 11 августа 2011г.), охватывающие большую часть территории Промысловской площади (за исключением юго-восточной и юго-западной частей). Снимки очень высокого качества, позволяют четко выделять объекты, соответствующие масштабу 1:10 000. С их помощью производился основной объем дешифрирования (рис. 2). При геологической интерпретации космоизображений применялись технологии «цветных композитов» (по трем выбранным каналам – R, G, B) – т.е. получали цветное изображение с цветами, не соответствующими реальными, но более четко, отображающими некоторые геологические объекты (рис. 3). Для построения модели цифрового рельефа были использованы материалы мелкомасштабной радарной стереосъемки поверхности Земли – Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), полученные National Aeronautics and Space Administration (NASA) и National Geospatial-Intelligence Agency (NGA).

Результаты аэрокосмогеологических исследований (дешифрирование и обработка данных)

На первом этапе дешифрирования (изучение всей Промысловской площади с обзором) – произведено компьютерное обзорное, региональное, зональное дешифрирование спектрзональных космических снимков масштаба 1:1 000 000, 1:500 000, 200 000, 100 000. На втором этапе дешифрирования произведено крупномасштабное дешифрирование масштаба 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

Компьютерное дешифрирование проводилось с использованием программных продуктов ArcGis и ArcView.

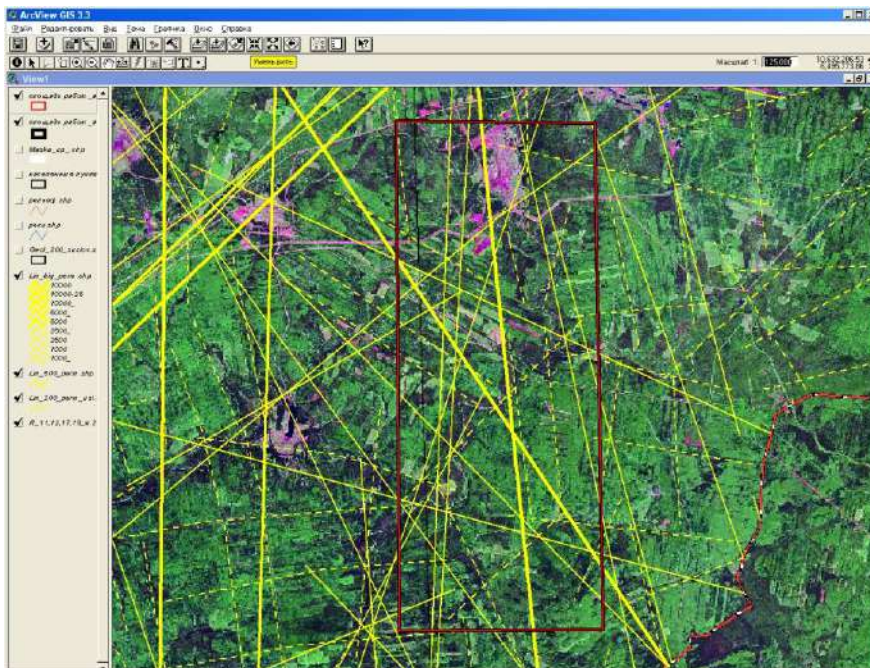


Рис. 1. Региональное компьютерное дешифрирование

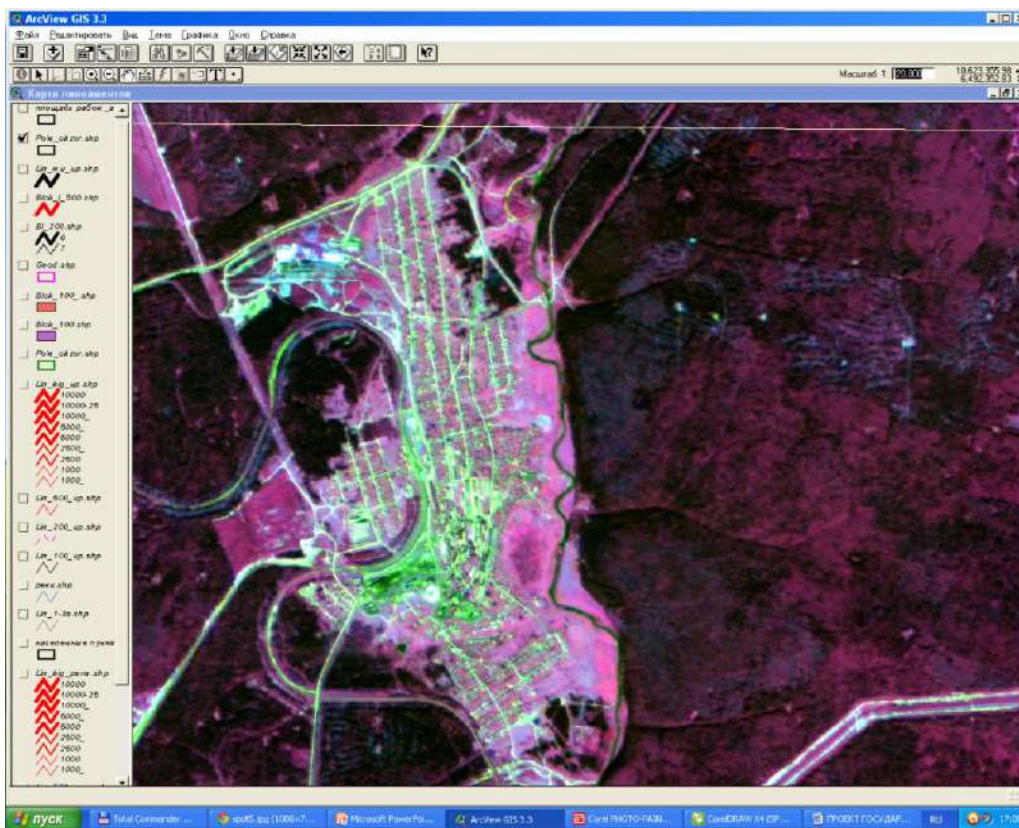


Рис. 2. Крупномасштабное компьютерное дешифрирование

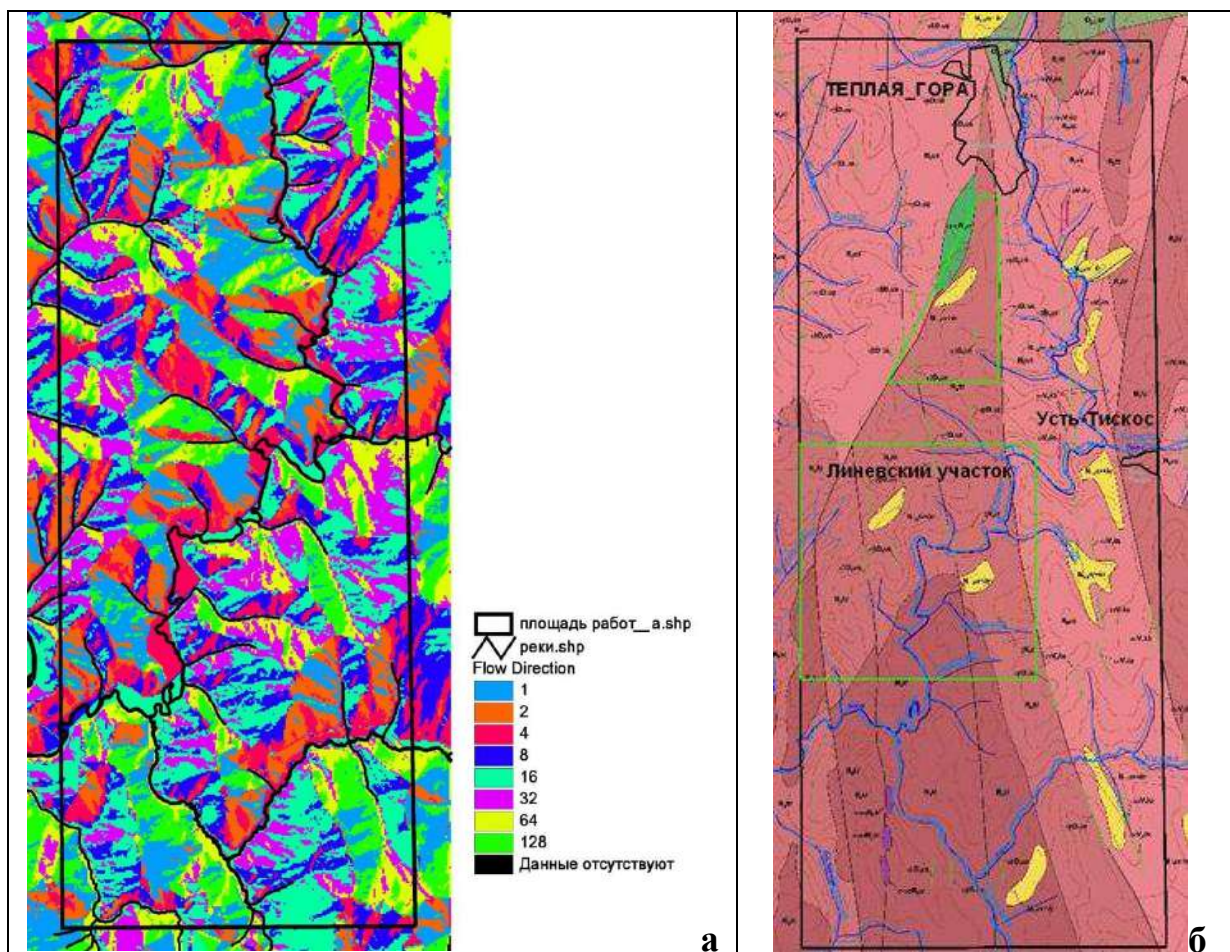


Рис. 3. Интерпретация космического фотоизображения для уточнения границ геологических объектов на геологической карте (а – цветной композит, б – геологическая карта Промысловской площади)

Выполнен анализ геоиндикационных признаков линеаментно-блоковой тектоники, проведено ранжирование линеаментов. В результате комплексного дешифрирования КС проведен анализ и составлена карта результатов обзорного регионального и зонального дешифрирования.

По протяженности линеаменты подразделены на 4 таксономических ранга:

- региональные линеаменты, значительной протяженности, прослеженные на расстояние 100-200 и более км (11 шт.);
- зональные линеаменты длиной от 25 до 100 км (34 шт.);
- локальные линеаменты длиной от 5 до 25 км (123 шт.);
- короткие линеаменты (мегатрещины) длиной менее 5 км (402 шт.)

Выявлены линеаменты четырех основных систем простирания. Наиболее представительными являются системы линеаментов меридионального, северо-восточного и северо-западного простираний, значительно реже отмечаются широтные линеаменты.

По результатам дешифрирования была построена карта плотности линеаментов (мегатрещин). Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов. Задача выполнялась в программном

обеспечении ArcGIS и ArcMap через модуль Spatial Analyst tools, инструмент «Плотность линий (Line Density)».

Плотность линеаментов по площади неравномерная, выделяются зоны с повышенной плотностью в различных частях площади, особенно в центральной части. Выделено 14 аномалий с очень высокими (5 балл) и чрезвычайно высокими (6 балл) значениями плотности линеаментов с площадями от 0,5 до 5 км², (которые группируются в 9 локальных геодинамических активных зонах). Расположение их показано на карте геодинамических активных зон Промысловской площади (рис. 4).

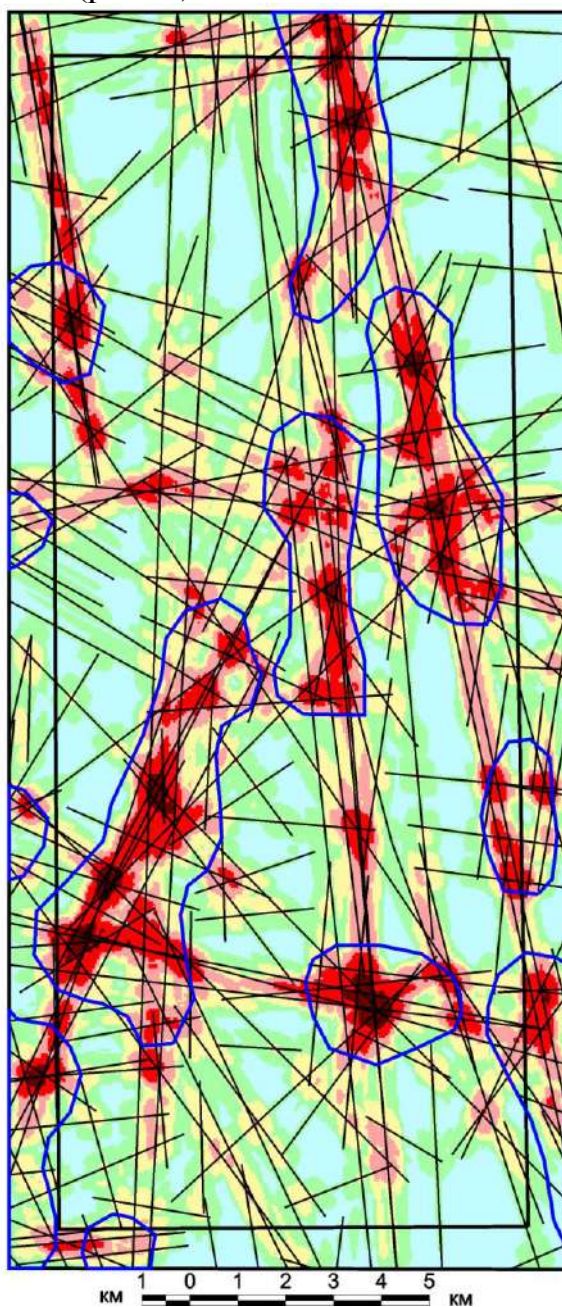


Рис. 4. Схема основных линеаментов и геодинамических активных зон Промысловской площади. Масштаб 1:100 000

По геологическим и геоиндикационным критериям наиболее перспективным был выбран Линевский участок, который в дальнейшем изучался комплексом поисковых работ на рудное золото в черносланцевых толщах (бурение поисковых скважин, горнопроходческие работы, детальное опробование).

На втором этапе дешифрирования (изучение Линевского участка) – произведено компьютерное крупномасштабное дешифрирование масштаба 1:50 000-10 000.

Проведена оценка геодинамической (неотектонической) активности (линеаментно-геодинамический, морфоструктурный, морфонеотектонический анализ) Линевского участка и построены карты:

- тектонических нарушений (линеаментов) масштаба 1:25 000 (рис. 5);
- цифровая модель рельефа масштаба 1:25 000 (рис. 6);
- неотектонических блоковых структур масштаба 1:25 000 (рис. 7);
- геодинамических активных зон масштаба 1:25 000 (рис. 8);
- результатов АКГИ (тектонических нарушений и геодинамических активных зон) на геологической основе Линевского участка [15] масштаба 1:10 000 (рис. 9).

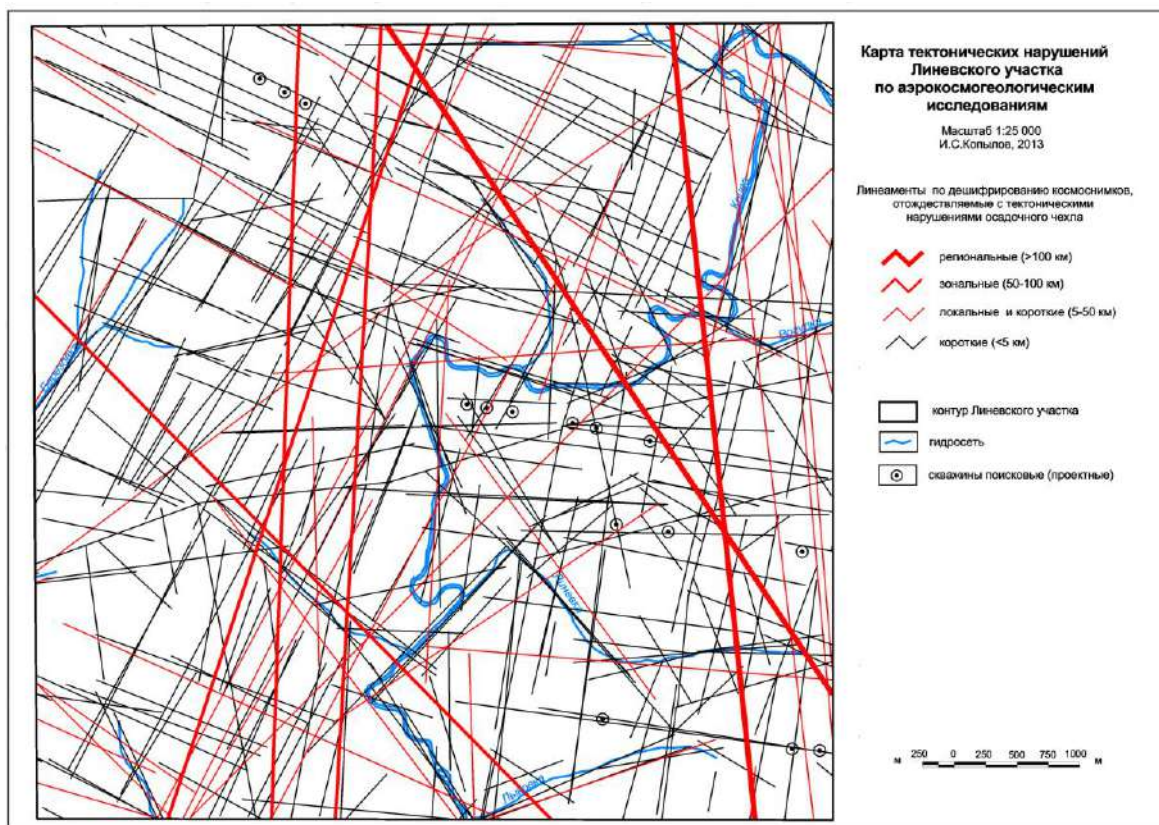


Рис. 5. Карта тектонических нарушений (линеаментов) Линевского участка. Масштаб 1:25 000

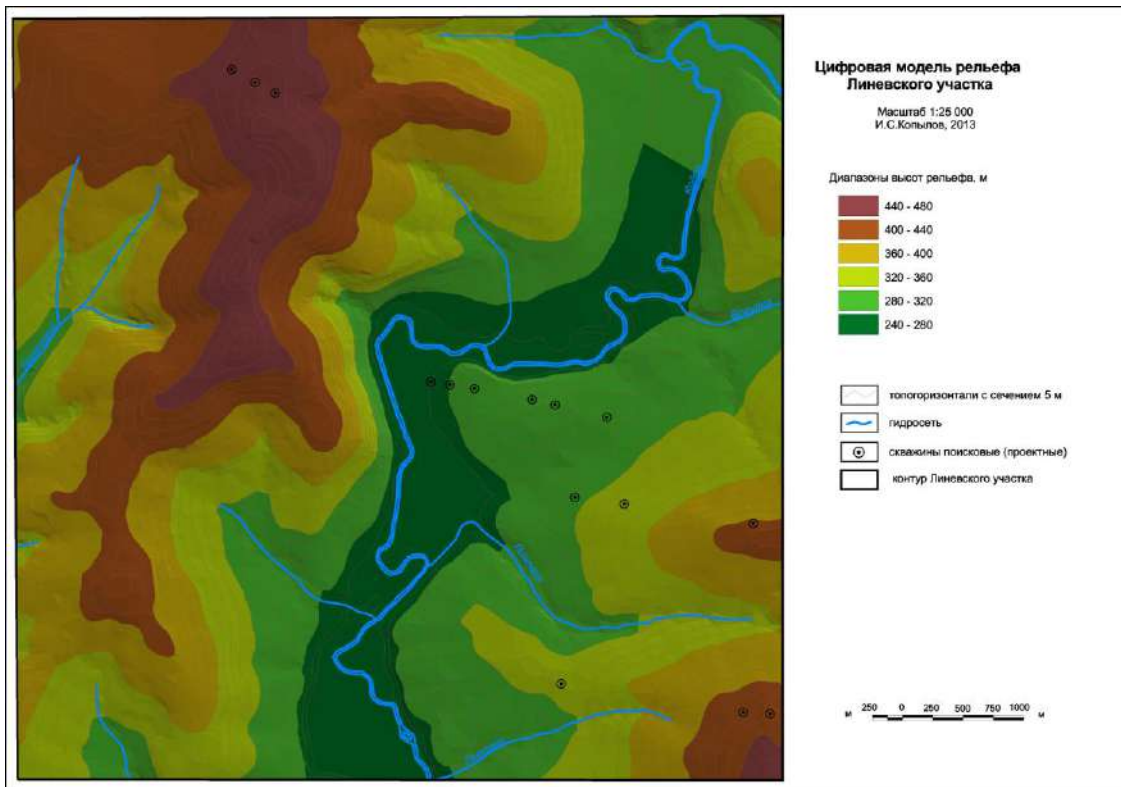


Рис. 6. Цифровая модель рельефа Линевского участка. Масштаб 1:25 000

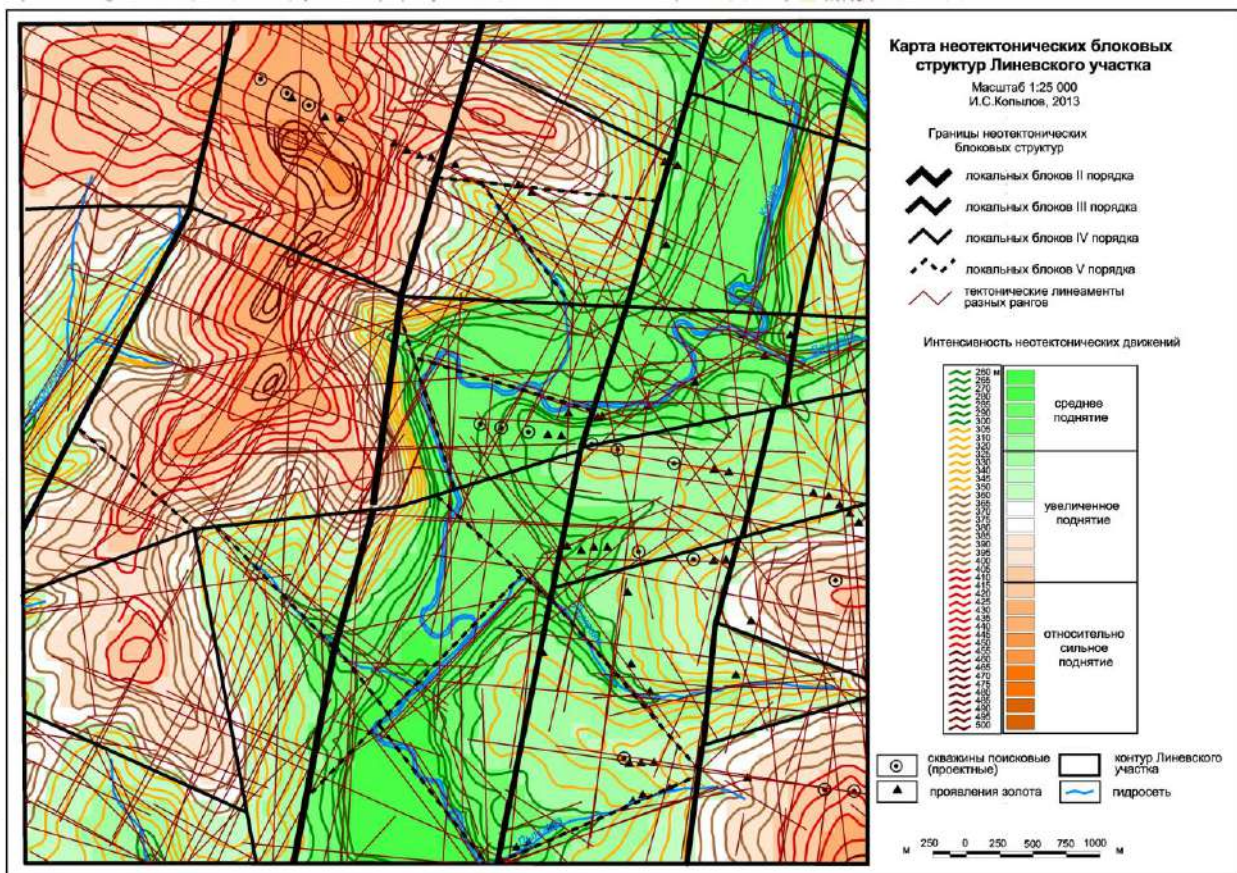


Рис. 7. Карта неотектонических блоковых структур Линевского участка. Масштаб 1:25 000

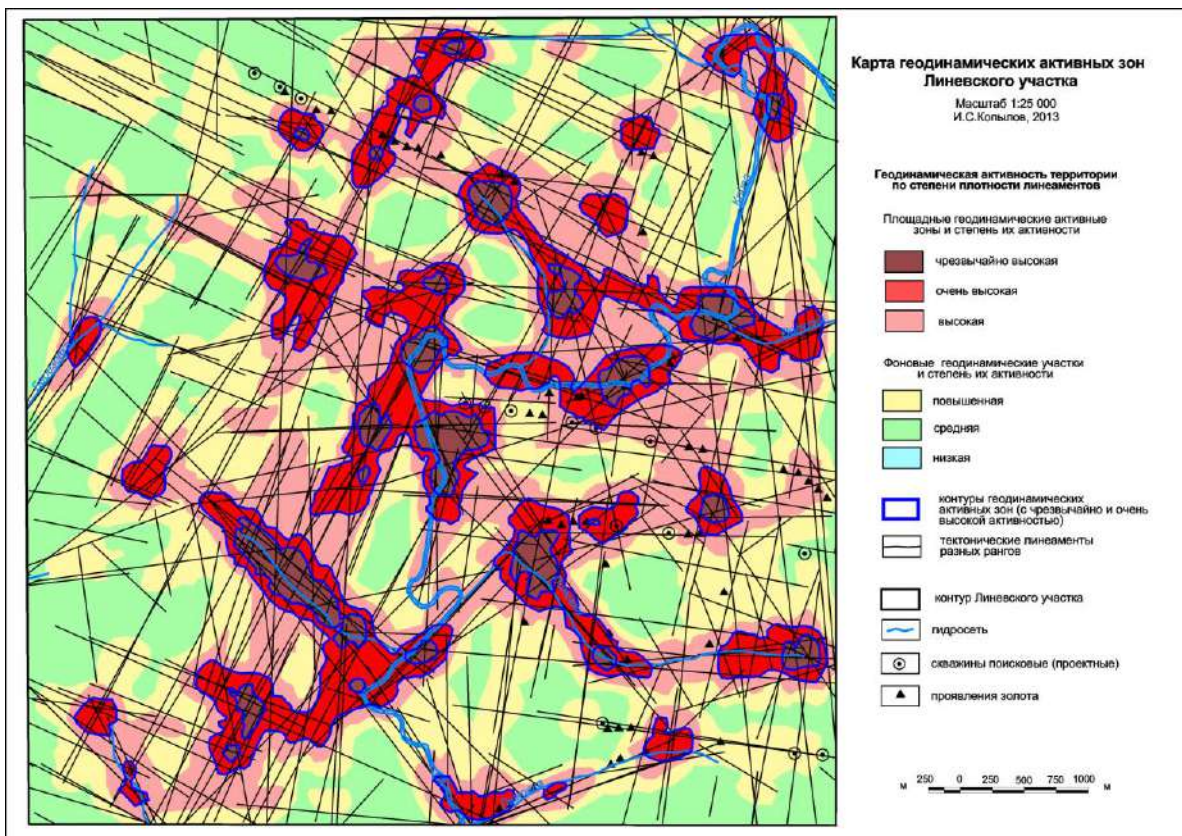


Рис. 8. Карта геодинамических активных зон Линевского участка.
Масштаб 1:25 000

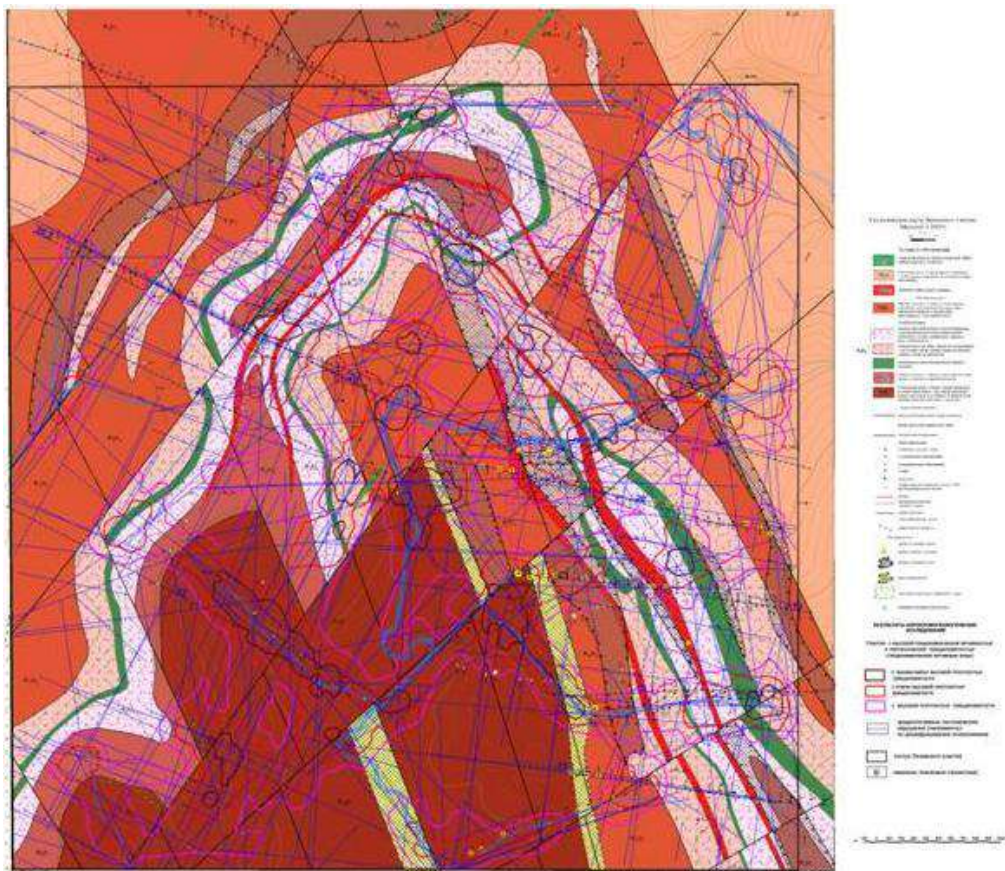


Рис. 9. Карта результатов АКГИ на геологической основе [15]
Линевского участка. Масштаб 1:10 000

Заключение

Проведены аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади с компьютерным дешифрированием спектрзональных космических снимков масштаба 1:1 000 000, 1:500 000, 200 000, 100 000. Выполнено крупномасштабное дешифрирование Линевского участка масштаба 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000. Установлено 670 неотектонических линеаментов четырех таксономических рангов. Проведен линеаментно-геодинамический анализ. Построен комплект карт масштабов 1:100 000-1:50 000. Выделено более 30 участков с повышенной трещиноватостью. Участки, расположенные на контакте федотовской и клыктанской свит позднего рифея, являются наиболее перспективными для поисков рудного золота в черносланцевых толщах. Сделаны рекомендации для размещения сети поисковых скважин.

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000 316 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. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4.*
5. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. № 3. С. 18-32.*
6. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
7. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*
8. 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.*
9. 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.*
10. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.
11. 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.*
12. 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 // *Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 77-84.*
13. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // *Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*
14. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-X, XVI) // *Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 145-158.*
15. Поисковые работы на выявление месторождений рудного золота в углеродистых терригенно-карбонатных породах Промысловской площади Горнозаводского района Пермского края / Б.Б. Логотов, С.Б. Суллов, Б.М. Осовецкий и др. ОАО Пермгеолнеруд, ФГУ ПТФГИ. Пермь, 2014.

И.С. Копылов¹, В.М. Бабенышев²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

²АУ ХМАО - Югры «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана», г. Ханты-Мансийск, Россия

ПОИСКИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ И ЗОЛОТА НА ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Проведены аэрокосмогеологические исследования на Приполярном Урале в пределах Тыктловской площади прогнозно-поисковых работ на медно-полиметаллические золотосодержащие руды (медь, свинец, цинк, золото). Выполнено детальное дешифрирование космических снимков с выделением зон тектонической трещиноватости по 3 тыс. линеаментам. Проведена оценка геодинамической активности территории. Выделены перспективных участков на медно-полиметаллические золотосодержащие руды в пределах Тыктловской площади по геодинамическим (неотектоническим) критериям.

Ключевые слова: прогнозно-поисковые работы, золото-полиметаллическая руда, аэрокосмические методы, дешифрирование космических снимков, линеаменты, перспективные участки, Тыктловское рудопроявление, Приполярный Урал.

I.S. Kopylov¹, V.M. Babenyshev²

¹Perm State University, Perm, Russia

²Khanty-Mansi Autonomous Okrug - Ugra V.I. Shpilman «Scientific-Analytical Center for the Rational Use of Mineral Resources», Khanty-Mansiysk, Russia

SEARCHING FOR POLYMETALS AND GOLD IN THE SUBPOLAR URALS USING AEROSPACE METHODS

Aerospace geological studies were carried out in the Subpolar Urals within the Tykotlovskaya area of forecasting and prospecting works for copper-polymetallic gold-bearing ores (copper, lead, zinc, gold). A detailed interpretation of satellite images was carried out with the identification of zones of tectonic fracturing according to 3 thousand lineaments. An assessment of the geodynamic activity of the territory has been carried out. The promising areas for copper-polymetallic gold-bearing ores within the Tykotlovskaya area have been identified according to geodynamic (neotectonic) criteria.

Key words: prospecting and prospecting works, gold-polymetallic ore, aerospace methods, interpretation of satellite images, lineaments, promising areas, Tykotlovskoe ore occurrence, Subpolar Urals.

Введение

Поиски и оценка ресурсов медно-полиметаллических золотосодержащих руд на Урале является важной стратегической геологической и экономической задачей в России. Приполярный Урал до сих пор остается относительно слабо изученной территорией в виду сложного геологического строения и труднодоступности для изучения [2].

Одним из видов геологического изучения в этих условиях являются дистанционные – аэрокосмогеологические исследования и линеаментно-геодинамический анализ при котором выявляются геодинамические активные зоны [3, 4, 10]. Известно, что золотосодержащие руды, залегающие на относительно небольших глубинах контролируются системами геоактивных тектонических нарушений, которые достаточно надежно выделяются при дешифрировании космоснимков [5-7].

Целью исследований являлось обеспечение в общем комплексе прогнозно-поисковых работ на Тыкотловской площади на медно-полиметаллические золотосодержащие руды (медь, свинец, цинк, золото) космогеологическими данными.

Территория исследований расположена на восточном склоне северной части приполярного Урала, в бассейнах верховий рек Большая и Малая Тыкотлова (рис. 1). Площадь детальных исследований 96,5 км² в пределах листов Q-41-87-Г, Q-41-88-В, Q-41-99-Б); Березовский район Ханты-Мансийского автономного округа-Югры Тюменской области.

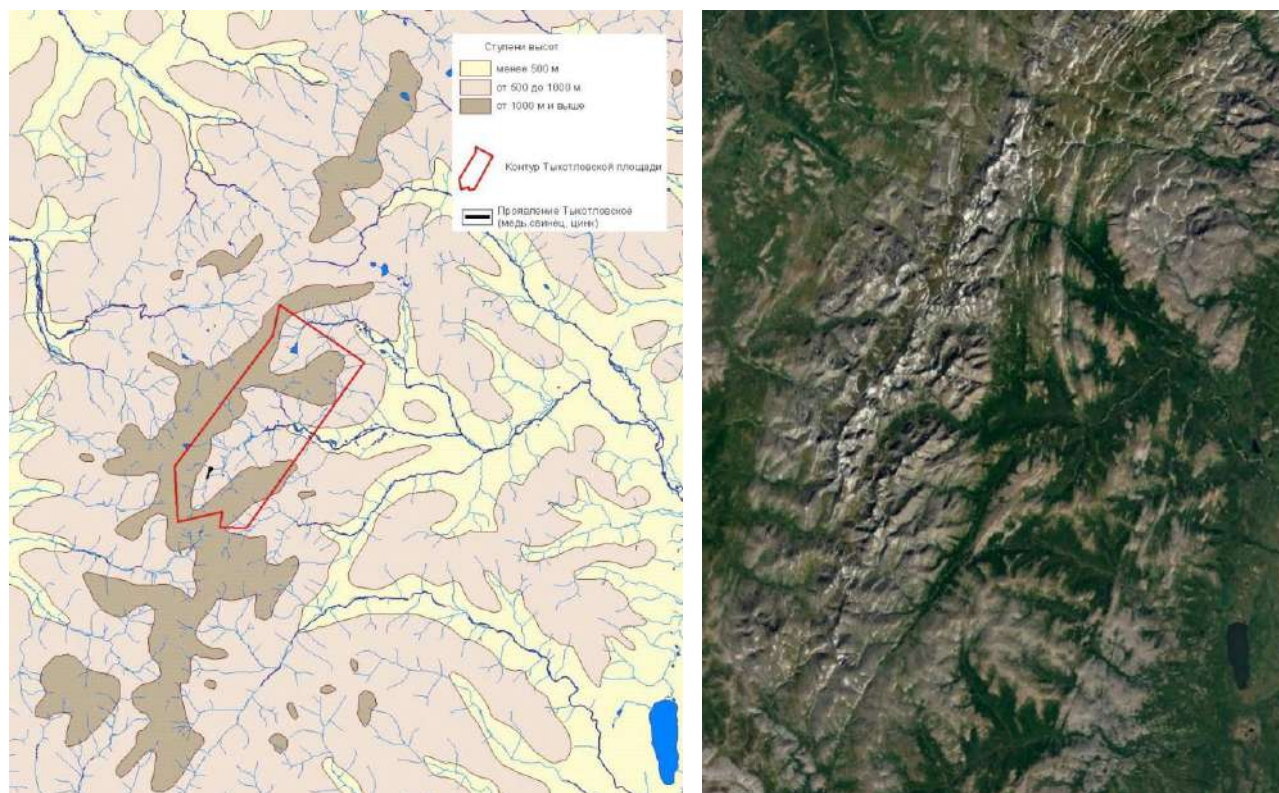


Рис. 1.Обзорная физико-географическая схема и космоснимок Тыкотловской площади

Геологическая изученность, история открытий месторождений полезных ископаемых на Урале в т.ч. – золота, алмазов, полиметаллов и др. описана в многочисленных публикациях и геологических отчетах. Непосредственно на Тыкотловской площади геолого-геофизические, геохимические исследования, геологосъемочные и поисковые работы в разные годы проводили многие

организации и подразделения «Главтюменьгеология», «Полярноуралгеология», ОАО «НПЦ Мониторинг», Пермского университета (ПГНИУ), ООО «Геолайн», ОАО «Геокарта-Пермь» и др. [1, 8, 9]. Специальных аэрокосмогеологических исследований на территории ранее не проводилось.

Геологические условия

Тыкотловская площадь располагается на Приполярном Урале в пределах Лемвинского аллохтона. Установлены [1] четыре тектонические пластины, сложенные осадочно-вулканогенными образованиями ордовика (рис.2). Снизу вверх залегают: кокпельская свита (O_1kk), грубеинская свита (O_{1-2gr}), тыкотловская свита (O_{2-3tk}), вмещающая Тыкотловское золото-полиметаллическое рудопроявление. Силлы метадолеритов и пикритов относятся к Орангьюганско-лемвинскому комплексу ($\omega-v\beta O_{1-3ol}$) (рис. 2).

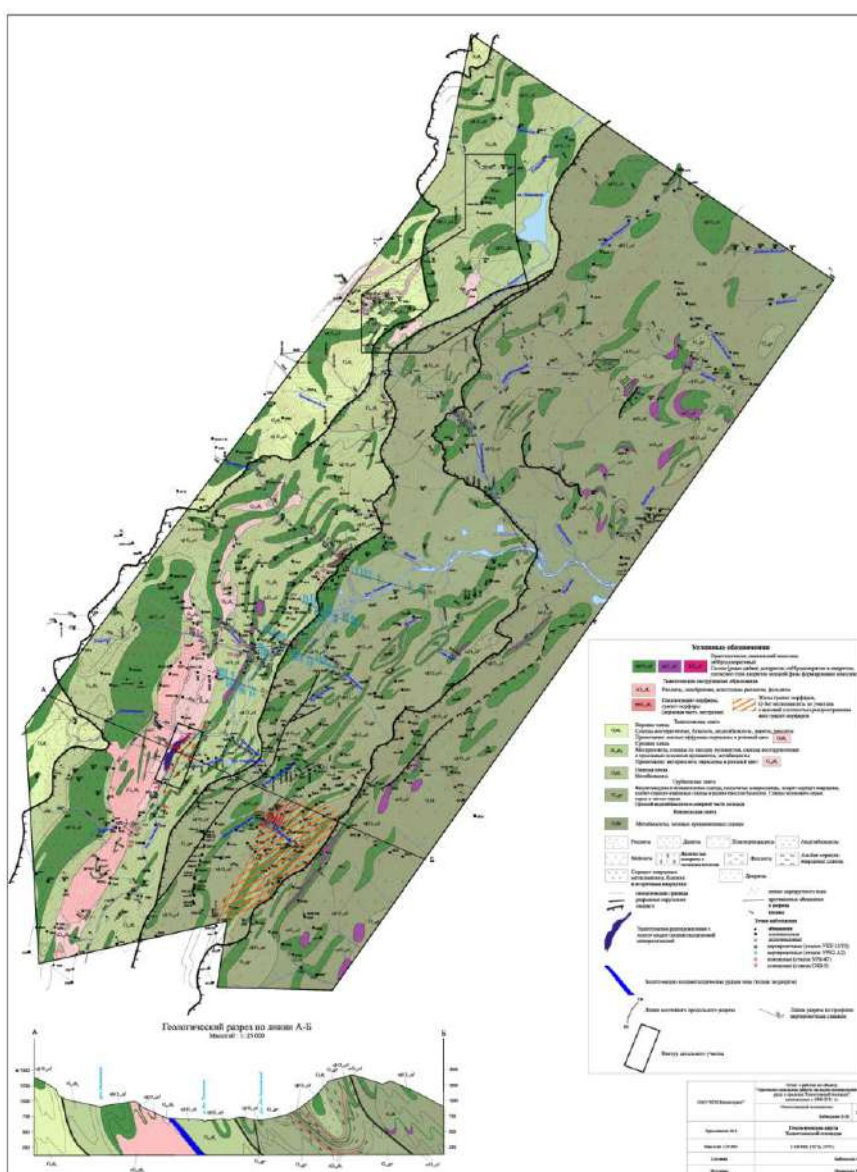


Рис. 2. Геологическая карта Тыкотловской площади (уменьшение с масштаба 1:25 000) [1, 2]

Все геологические образования изменены в зеленосланцевой фации, а породы аллохтонов в зонах сместителей – в эпидот-амфиболитовой фации. В тыкотловской свите установлена золото-полиметаллическая рудоносная зона длиной 16 км, средней шириной – 0,7 км.

В пределах зоны выявлены два рудных поля (Тыкотловское и Петравожское), соответствующие одноименным палеовулканическим постройкам. На Тыкотловском рудном поле выделен Тыкотловский, а на Петравожском рудном поле – Петравожский участки, перспективные на золото-полиметаллические руды, с прогнозными ресурсами основных и попутных компонентов категории P_2 .

Наиболее перспективным участком на золото-полиметаллические руды является Тыкотловский, вмещающий одноименное рудопроявление. *Золото-полиметаллическое оруденение* приурочено большей частью к покрову (160-200 м) эффузивных метасоматически-измененных риолитов, в верхней части с линзами измененных органогенных известняков (биогермов) с фауной кораллов *Sogdianophyllum sp.* и мшанок. Риолиты перекрыты сланцами по алевропелитам. Выявлено 7 стратиформных зон оруденения с рудными залежами.

Рудоносная зона Тыкотловской площади продолжается за ее пределы на десятки километров и требует постановки прогнозно-поисковых работ 1:100 000 масштаба с целью выявления и локализации рудоносных палеовулканических структур, аналогичных Тыкотловской [1].

Методика и результаты исследований

Цель: комплексное дешифрирование космоснимков в общем комплексе прогнозно-поисковых работ на Тыкотловской площади с целью обоснования перспективных участков на медно-полиметаллические золотосодержащие руды (медь, свинец, цинк, золото).

Методологические задачи:

- проведение разномасштабного дешифрирования космических снимков (КС) с выделением зон тектонической трещиноватости по линеаментам;
- оценка геодинамической активности территории;
- обоснование перспективных участков на медно-полиметаллические золотосодержащие руды в пределах Тыкотловской площади по геодинамическим (неотектоническим) критериям.

Основные задачи дешифрирования КС – выявление сети прямолинейных и дугообразных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, необходимых для установления их вероятной контролирующей и распределяющей роли в формировании рудных формаций, тел и месторождений, а также выявления геоактивных участков (зон повышенной трещиноватости и неотектонической активности) – вероятных мест переотложенных и смещенных рудных тел.

Космогеологическое дешифрирование проводилось в компьютерном варианте с применением ГИС-технологий по авторской методике [2-7].

На первом этапе, на территориях, охватывающей Тыкотловскую площадь проведено обзорное, региональное и зональное дешифрирование КС с целью выявления и ранжирования протяженных линеаментов и изучения параметров регионального поля мегатрещиноватости. Применялись цифровые спектрзональные КС (Landsat 7, разрешение 30 м). Масштаб дешифрирования от менее 1:1 000 000 до 1:100 000 (рис. 3).

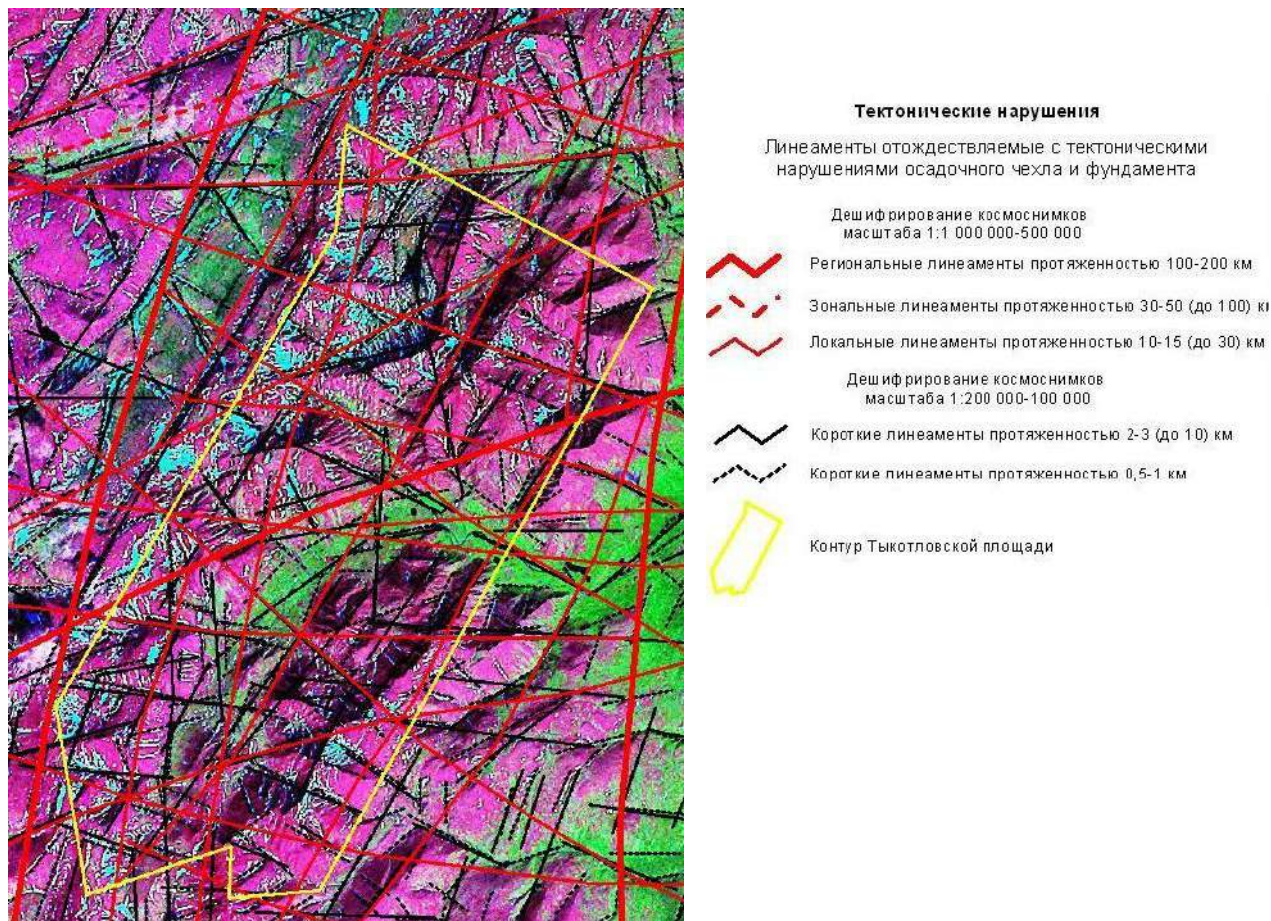


Рис. 3. Фрагмент карты дешифрирования космических снимков Тыкотловской площади масштаба 1:100 000

По результатам регионально-зонального дешифрирования (М.1:100 000-200 000) на площадь 25 x 25 км построена карта линеаментного поля (рис. 4), на которой отражены: 3 региональных линеамента (100-200 км), 6 зональных линеамента (30-50, до 100 км), 26 локальных линеаментов (5-15, до 30 км), 200 коротких линеаментов (2-3 до 10 км), 624 коротких линеаментов (0,7-2,0 км).

Проведен анализ плотности линеаментов и мегатрещиноватости (по их протяженности на единицу площади) с оценкой геодинамической (неотектонической) активности территории (рис. 5). Обработка проводилась с применением модуля Spatial Analyst. Геоинформационное картографирование проводилось программными средствами Arc View GIS и Arc GIS.

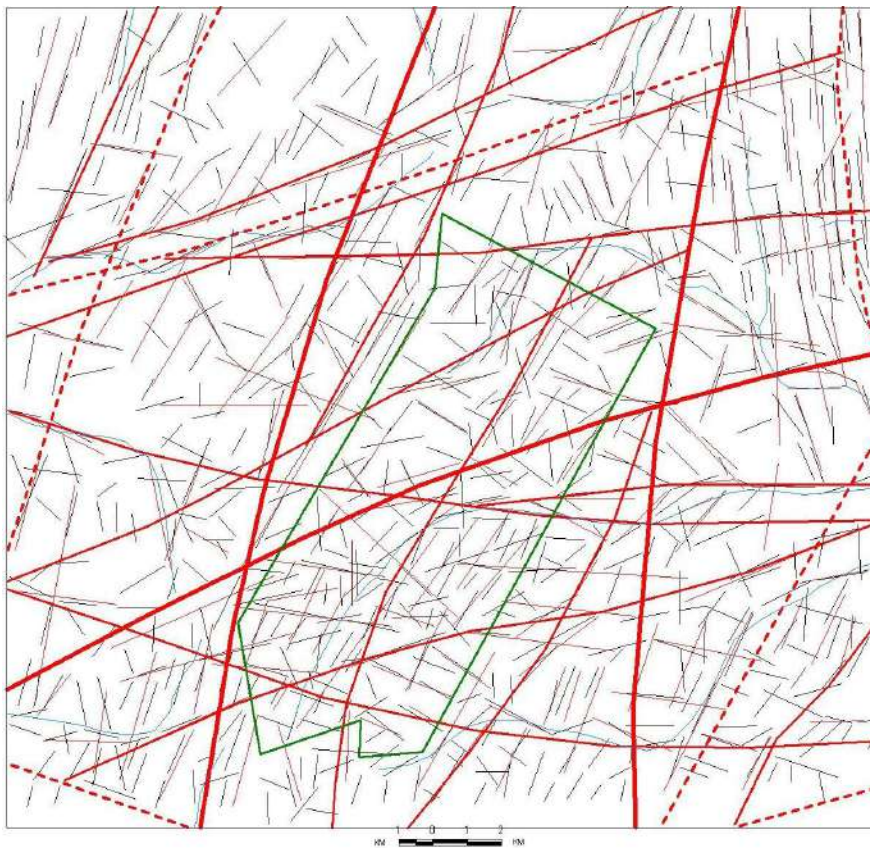
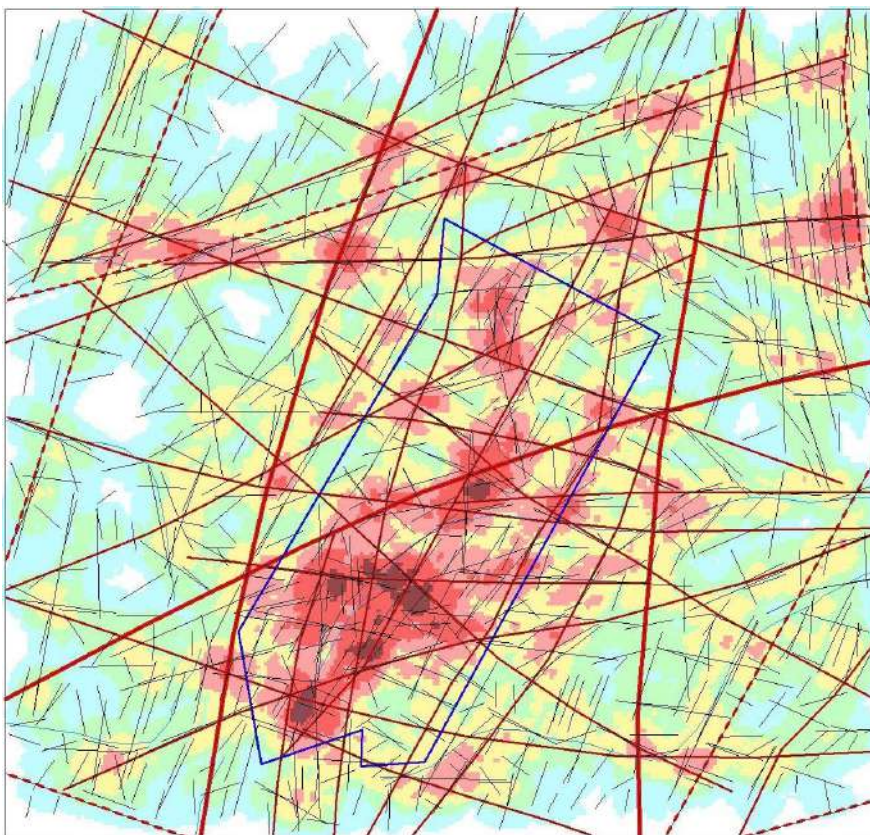


Рис. 4. Линеаментное поле Тыкотловской площади. Масштаб 1:100 000



Плотность разломов, линейментов и линейментов

Участки миграции света		
Цвет контура	Статистическая характеристика	Степень геодинамической активности
Синий	$< 0,1$	Очень низкая
Зеленый	$0,1 - 0,5$	Низкая
Желтый	$0,5 - 1,0$	Средняя
Оранжевый	$1,0 - 2,0$	Повышенная
Красный	$2,0 - 5,0$	Высокая
Темно-красный	$> 5,0$	Очень высокая

Рис. 5. Геодинамическая активность Тыкотловской площади
 Масштаб 1:100 000

На заключительном этапе проведено детальное дешифрирование КС (Landsat 7, разрешение 14 м), построена карта комплексного дешифрирования КС масштаба 1:25 000 (рис. 6), на которой отражены:

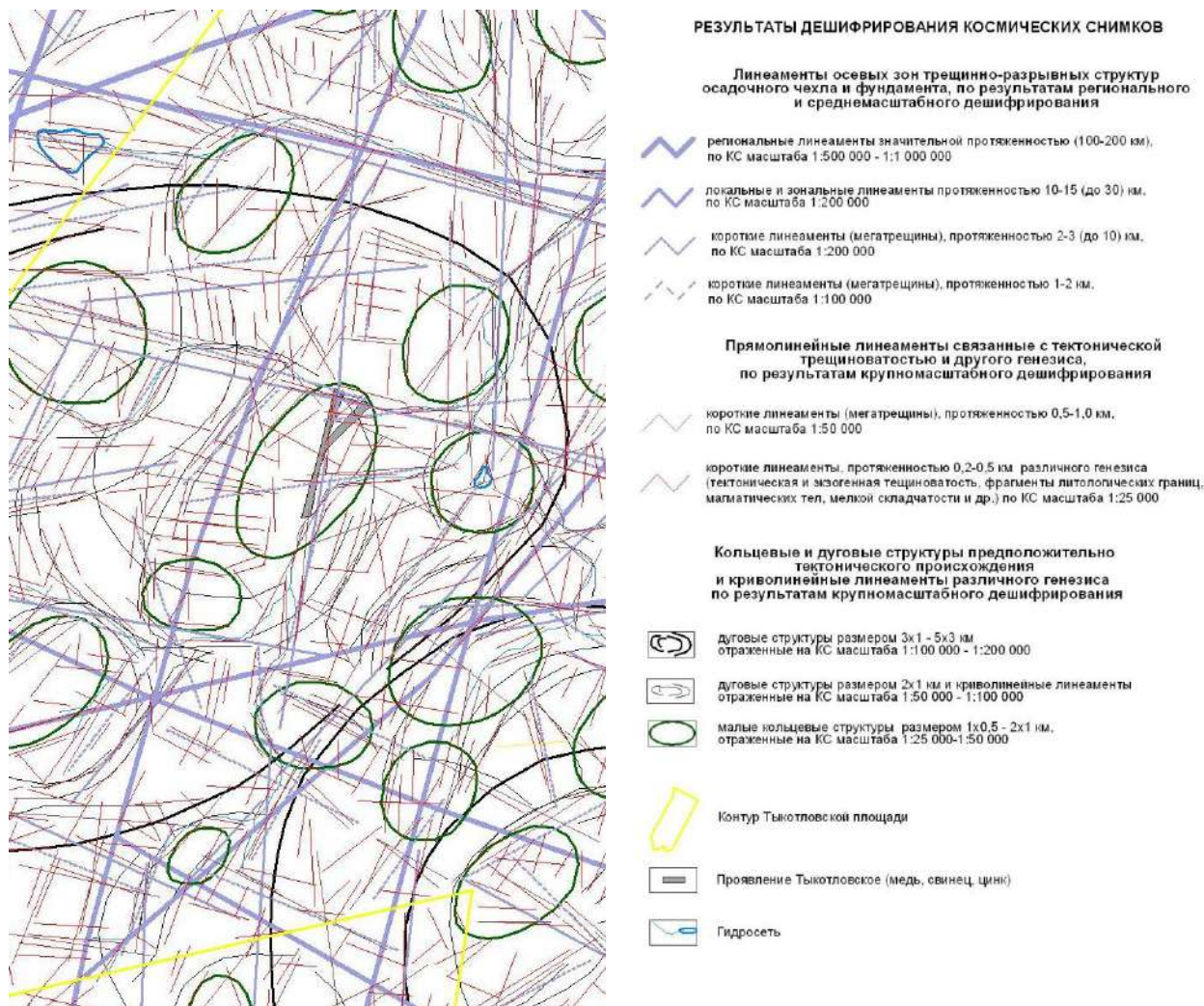


Рис. 6. Фрагмент карты результатов дешифрирования космических снимков Тыкотловской площади масштаба 1:25 000 (уменьшение)

- линеаменты осевых зон трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента: 3 региональных линеамента (100-200 км), 19 локальных и зональных линеаментов (5-15, до 30 км), 83 коротких линеаментов (2-3, до 10 км), 217 коротких линеаментов (1-2 км);

- прямолинейные линеаменты тектонического и другого генезиса (тектоническая и экзогенная трещиноватость, фрагменты литологических границ, магматических тел, мелкой складчатости и др.): 547 коротких линеаментов (0,5-1,0 км), 2514 коротких линеаментов (0,2-0,5 км);

- кольцевые и дуговые структуры предположительно тектонического происхождения и криволинейные линеаменты различного генезиса: 375 дугообразных и криволинейных линеаментов, 7 дуговых структур размером 3x1 – 5x3 км, 65 малых кольцевых структур размером 1x0,5 – 2x1 км.

- Тыкотловское рудопоявление, четко выраженное в серии разномасштабных кольцевых структур, неотектонических линеаментов, высокой плотности геодинамической активности.

Библиографический список

1. Бабенышев В.М., Долгих М.В., Манькова Т.В. и др. Отчет о работах по объекту «Прогнозно-поисковые работы на медно-полиметаллические руды в пределах Тыкотловской площади» в Березовском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, проведенных в 2008-2011 годах. ОАО «НПЦ Мониторинг», Ханты-Мансийск, 2011. 220 с.

2. Бабенышев В.М., Копылов И.С. Результаты прогнозно-поисковых работ на медно-полиметаллические руды на Приполярном Урале в пределах Тыкотловской площади // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2020. С.321-329.

3. 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.

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

5. 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 77-84.

6. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131с.

7. 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. 2019. С. 145-158.

8. Мезенцев М.П., Суханов А.И. и др. Результаты поисково-съёмочных работ в бассейнах верховий рек Бол.Тыкотлова и Балбанью. Приполярный Урал (Отчет по работам Северо-Уральской поисково-съёмочной партии за 1971-1973 гг.). Главтюменьгеология, ТКГРЭ, Тюмень, 1974. 368 с.

9. Пыстин А.М. и др. Отчет по групповой геологической съемке масштаба 1:50 000 на территории листов Q-41-77-Г; 78-Б (а, б, в), 88-А,В,Г; 89-А,Б,В; 90-А. ПГО «Полярноуралгеология», Сынинская ГСП. Воркута, 1982.

10. 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 // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2015. № 1-3. С. 305-311.

**ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И
ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА
КУКЛЯНДИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ) ДЛЯ
ПОИСКОВ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА**

Проведены аэрокосмогеологические исследования на Енисейском кряже на Кукляндинской площади. По дешифрированию космических снимков и линейментно-геодинамическому анализу построены карты масштабов 1:100 000-1:25 000. Выделены участки с повышенной тектонической трещиноватостью

Ключевые слова: золото, аэрокосмические методы, дешифрирование, линейменты, Енисейский кряж.

I.S. Kopylov, A.V. Konoplev
Perm State University, Perm, Russia

**APPLICATION OF AEROSPACE METHODS AND
GEOINFORMATIONAL MODELING IN THE KUKLYANDINSKAYA
AREA (YENISEI RIDGE) FOR SEARCHING PLACER GOLD**

Aerospace and geological researches have been carried out on the Yenisei Ridge in the Kuklyandinskaya area. According to the interpretation of satellite images and lineament-geodynamic analysis, maps of scales 1: 100,000-1: 25,000 were constructed. Areas with increased tectonic fracturing were identified.

Key words: gold, aerospace methods, interpretation, lineaments, Yenisei ridge.

Введение

Коренные объекты Енисейского кряжа, явившиеся источником россыпей, представляют собой золотоносные кварцевые жилы и метасоматически измененные кристаллические сланцы с сульфидной минерализацией. Некоторая часть золота связывается с конгломератами, тектоническими зонами, кварцитами и др. Основными коренными источниками золота считаются золото-кварцевые, золото-кварцево-сульфидные, золото-сульфидные месторождения, сформировавшиеся в период байкальского тектогенеза. Генезис золоторудных месторождений в метаморфических толщах остается до настоящего времени дискуссионной проблемой. А.М. Сазонов и соавторы в работе [12] рассматривают закономерности размещения золоторудных объектов в осадочно-метаморфических толщах рифея, насыщенных гранитоидами, показывают свои представления о рудовмещающих структурах и возрасте оруденения.

Енисейский кряж состоит из двух геолого-структурных элементов: Ангаро- Канского выступа архея и нижнего протерозоя на юге в междуречье Кана и Ангары и Заангарского складчатого сооружения байкальского возраста на севере, от низовьев р. Ангары до устья р. Подкаменная Тунгуска. Граница между ними совпадает с долиной р. Ангары, приуроченной к зоне длительно развивавшегося субширотного разлома. Месторождения и большая часть рудопроявлений располагаются восточнее гранитоидных выходов, главным образом, во фронтальной зоне их распространения (около 80 %). Лишь 22 рудопроявления из 117 учтенных в расчете локализируются в пределах западной (Приенисейской) ветви гранитоидного магматизма [12] (рис. 1). Одним из перспективных объектов в Заангарской части Енисейского кряжа является район месторождения россыпного золота р.Куклянды, где ЕНИ ПГНИУ проводят комплексные работы, включая исследования по совершенствованию технологии обогащения благородных металлов на действующем производстве участка Куклянда и поисковые аэрокосмогеологические исследования [10].

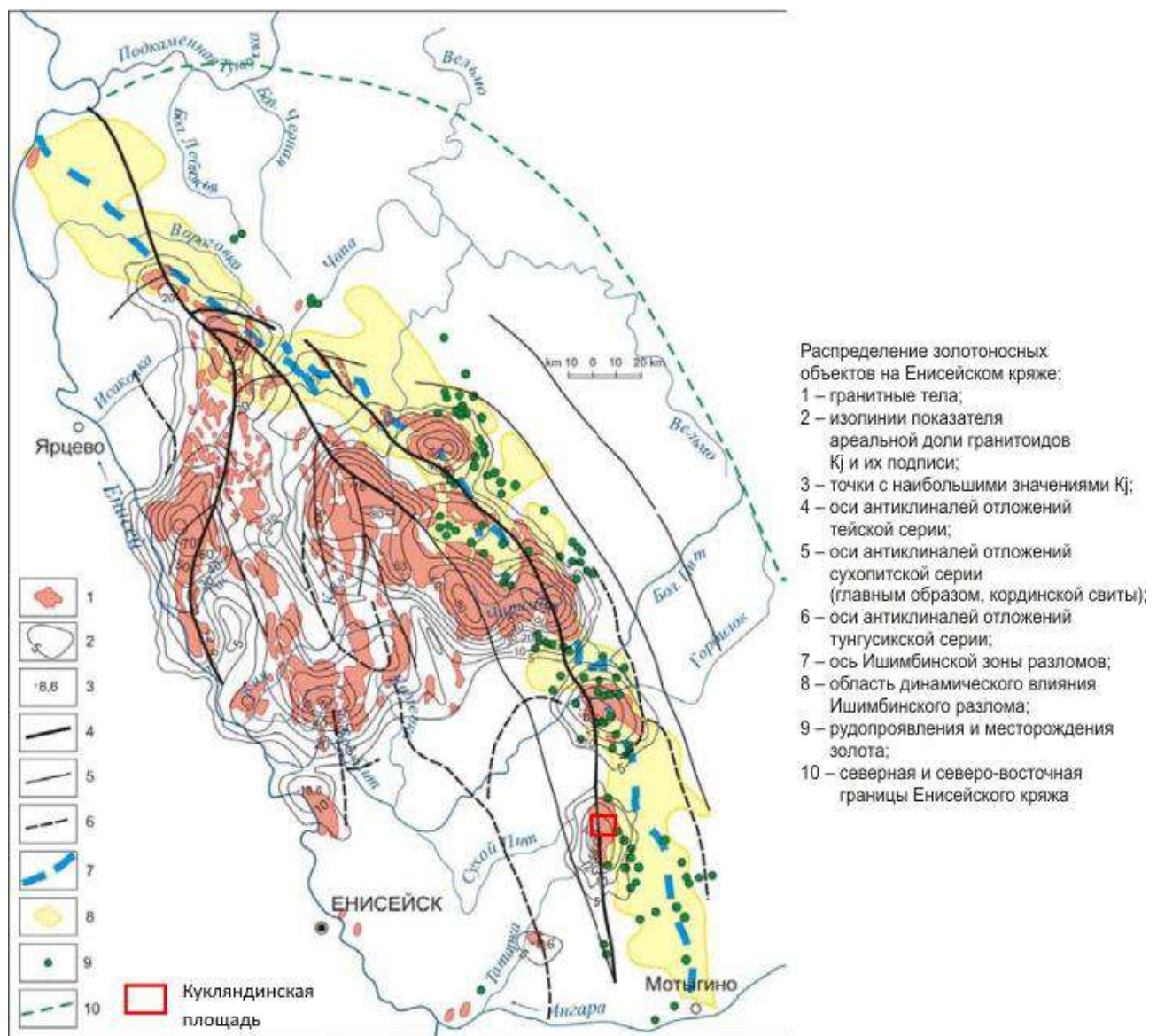


Рис. 1. Распределение золотоносных объектов в Енисейском кряже [12]

Цель, задачи и методики исследований

Объект исследований – месторождение россыпного золота р.Куклянды (лев. пр. р. Мал.Печенги, бассейн р.Енисея), Красноярский край, Мотыгинский р-он, в 88 км к СЗ от п.Мотыгино (рис. 2).

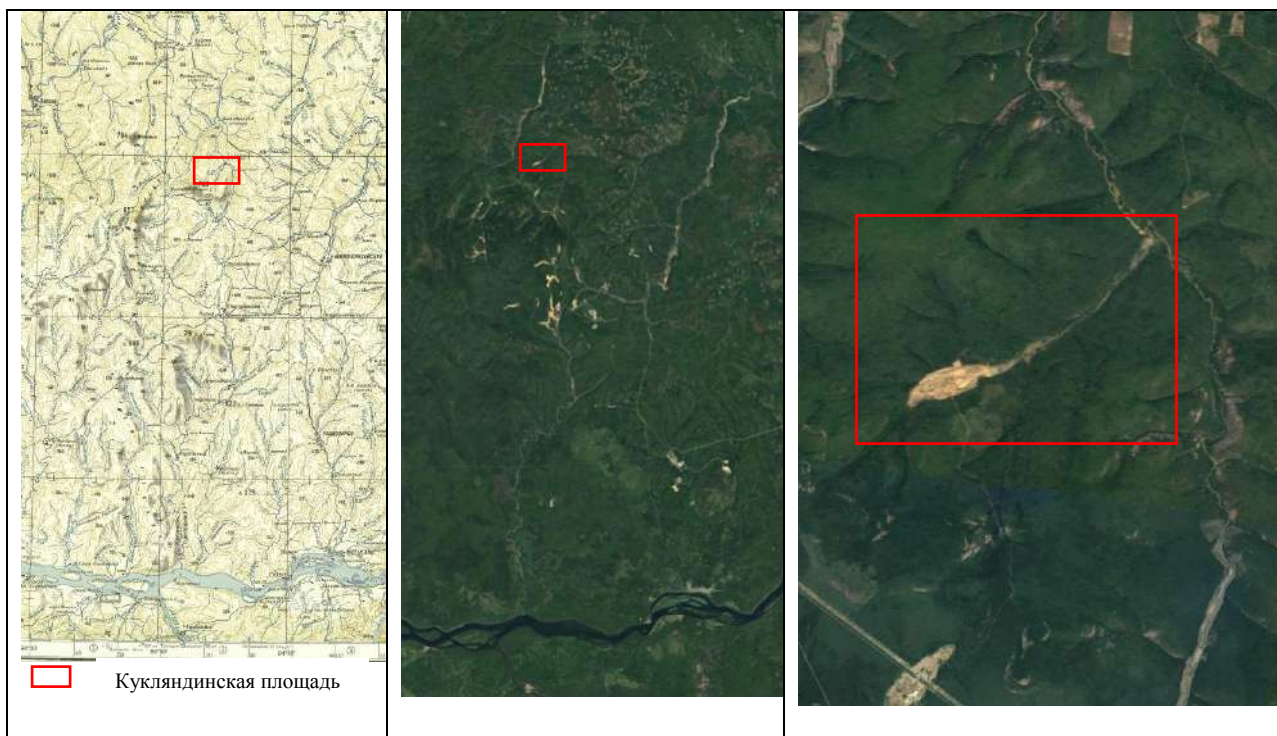


Рис. 2. Месторождение золота р.Куклянды на топокарте (М.1:500 000) и космоснимках

Целью аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) являлось обеспечение в общем комплексе геологических работ аэрокосмогеологическими данными на Кузляндинской площади в Заангарской части Енисейского кряжа, обоснование критериев и новой технологии поисков золота на основе аэрокосмогеологических методов, комплексного линеаментно-геодинамического и блокового анализа и геологических ГИС-технологий.

Основными задачами были:

- создание ГИС-проекта для совместного анализа данных дешифрирования космоснимков и геологических материалов, создание цифровой модели рельефа, создание цифровой геологической карты (с уточнением границ геологических подразделений);
- проведение разномасштабного (обзорного, регионального, зонального уровней) дешифрирования космических снимков (КС) для выявления и ранжирования протяженных линеаментов и изучения параметров регионального линеаментного поля в Заангарской части Енисейского кряжа;
- проведение детального дешифрирования КС для выявления сети прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента и кольцевых структур на Кузляндинской площади и

прилегающей территории;

- проведение линеаментно-геодинамического анализа по плотности линеаментов для выявления геодинамических активных зон (зон повышенной трещиноватости и проницаемости) и общей оценки степени геодинамической активности, как вероятных критериев проявления гранитоидного магматизма, связанного с золотоносностью, по методикам [4-6];

- проведение линеаментно-блокового анализа и неотектонического районирования на структурно-блоковой основе для установления связей неотектонических блоковых структур с проявлениями гранитоидного магматизма

- обоснование геологических критериев поиска перспективных объектов на россыпное золото и выявление общих закономерностей проявления гранитоидного магматизма, связанного с золотоносностью [7-9].

Решение задач АКГИ выполняется в несколько этапов. На первом этапе дается общая характеристика территории с подготовкой базового ГИС-проекта и насыщение его тематическими слоями с аналитической информацией. На следующих этапах проводится анализ геологической ситуации и сопоставление с данными геологических исследований. В итоге был создан общий пакет картографической цифровой основы с характеристикой получаемой модели месторождения (объекта) на разных уровнях исследования пространственно-вещественных данных.

Результаты исследований 1 этапа

При проведении АКГИ на первом этапе была создана электронная версия топографической карты масштаба 1:50 000 в виде слоев «Гидросеть» и «Изолинии рельефа».

Построена цифровая модель рельефа в форматах GRID и TIN для дальнейшего анализа связи рельефа и геологии (рис. 3).

Построена электронная геологическая карта района работ (рис. 4) в виде проекта ArcView 3.3 путём оцифровки фрагмента геологической карты Центральной части Партизанского рудного узла (составленной по материалам Л.Г. Саванович, 1971; Г.А. Середенко, 1979), на которой были уточнены границы геологических подразделений.

Методика АКГИ подразумевает проведение дешифрирования в различных масштабах – от региональных к детальным. Такой подход позволяет установить крупные системы на первом этапе дешифрирования, определить их взаимоотношения и особенностей строения и развития [1].

Основным видом АКГИ было компьютерное структурно-геологическое дешифрирование мультиспектральных КС (Landsat 7, 8 с разрешением 15 м) разных масштабов по четырем уровням детальности (табл.1).

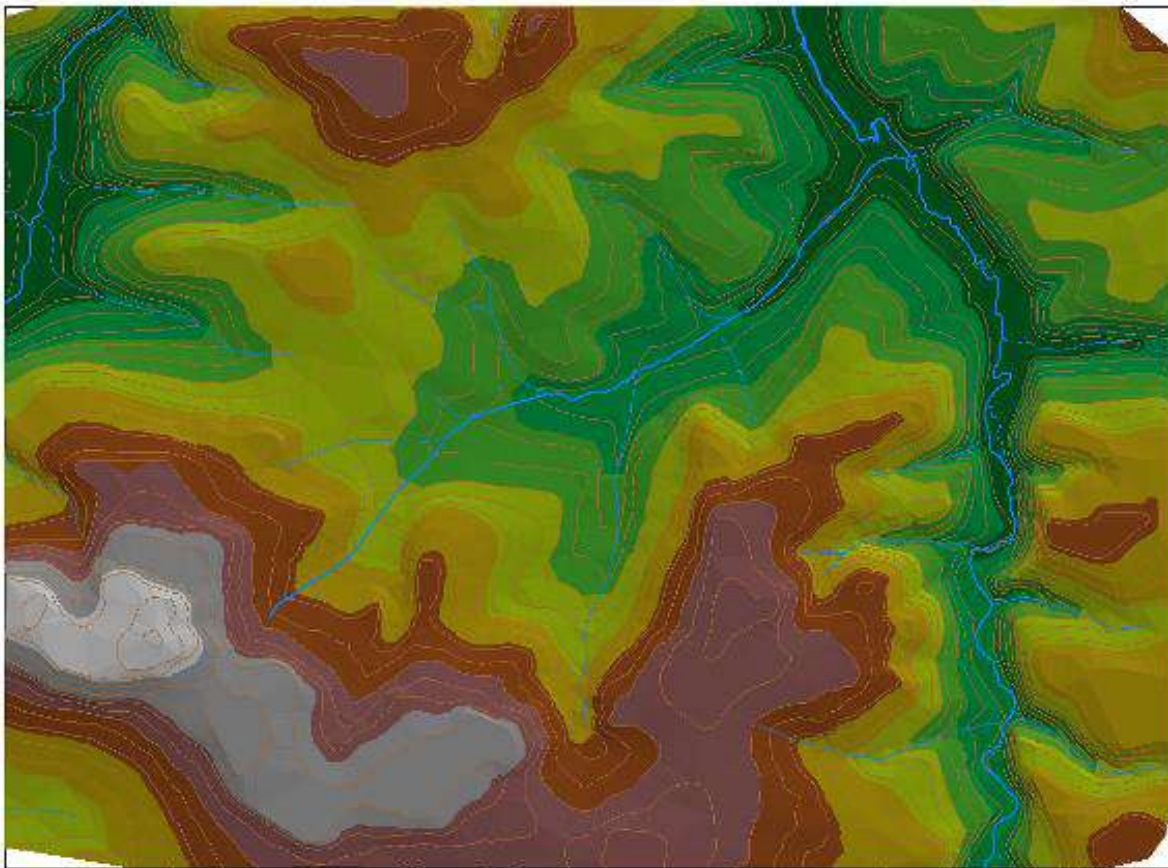


Рис. 3. Цифровая модель рельефа TIN. Цветом показаны разные высотные уровни рельефа

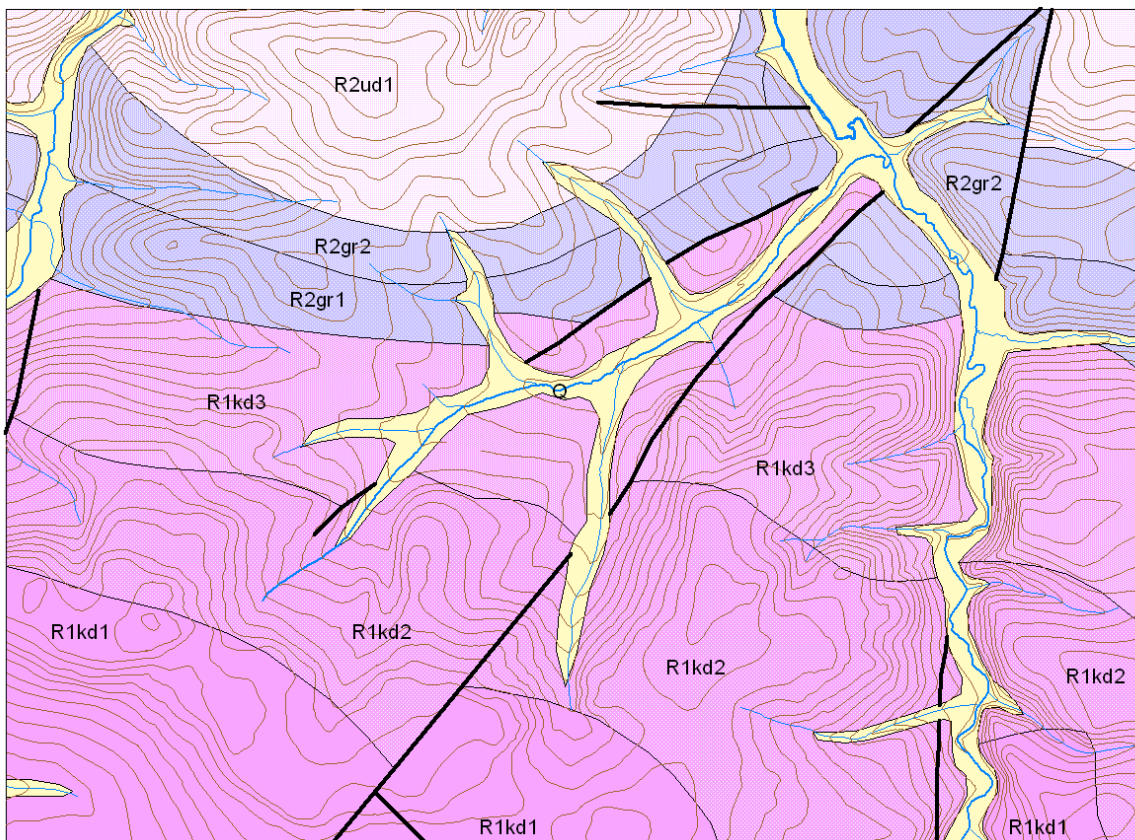


Рис. 4. Цифровая геологическая карта района работ

Таблица 1

Результаты дешифрирования космоснимков на 1 этапе

Уровень изучения	Площадь, км ² Размеры, км	Масштаб работ	Количество линеаментов
1	100 11x9	1: 25 000	164
		1: 50 000	125
		1: 100 000	65
		1: 200 000	21
		1: 500 000	7
		1: 1 000 000	3
		1: 2 500 000	1
		1: 5 000 000	1
		1: 15 000 000	-
2	500 25x20	1: 100 000	189
		1: 200 000	49
		1: 500 000	17
		1: 1 000 000	5
		1: 2 500 000	2
		1: 5 000 000	2
3	6000 80x75	1: 200 000	385
		1: 500 000	101
		1: 1 000 000	41
		1: 2 500 000	8
		1: 5 000 000	4
4	55000 250x200	1: 1 000 000	127
		1: 2 500 000	23
		1: 5 000 000	12
		1: 15 000 000	9

В результате дешифрирования КС выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений. Обработка линеаментов заключалась в линеаментно-геодинамическом анализе. Применялся один из основных методов обработки – определение плотности линеаментов по суммарной протяженности в единицах площади. Также выделены предварительно локальные кольцевые структуры (рис. 7). По схеме космогеологических структур Заангарской части Енисейского кряжа [2] они относятся к структурам 3 порядка в пределах Партизанской системы кольцевых структур первого порядка.

Вся компьютерная обработка была выполнена с помощью программного обеспечения ArcGIS* и модуля Spatial Analyst фирмы ESRI.

По результатам АКГИ на Кукляндинской площади на 1 этапе построены предварительные карты дешифрирования космоснимков с выделением линеаментов масштаба 1: 25 000 и 1:100 000 (рис. 5, 6).

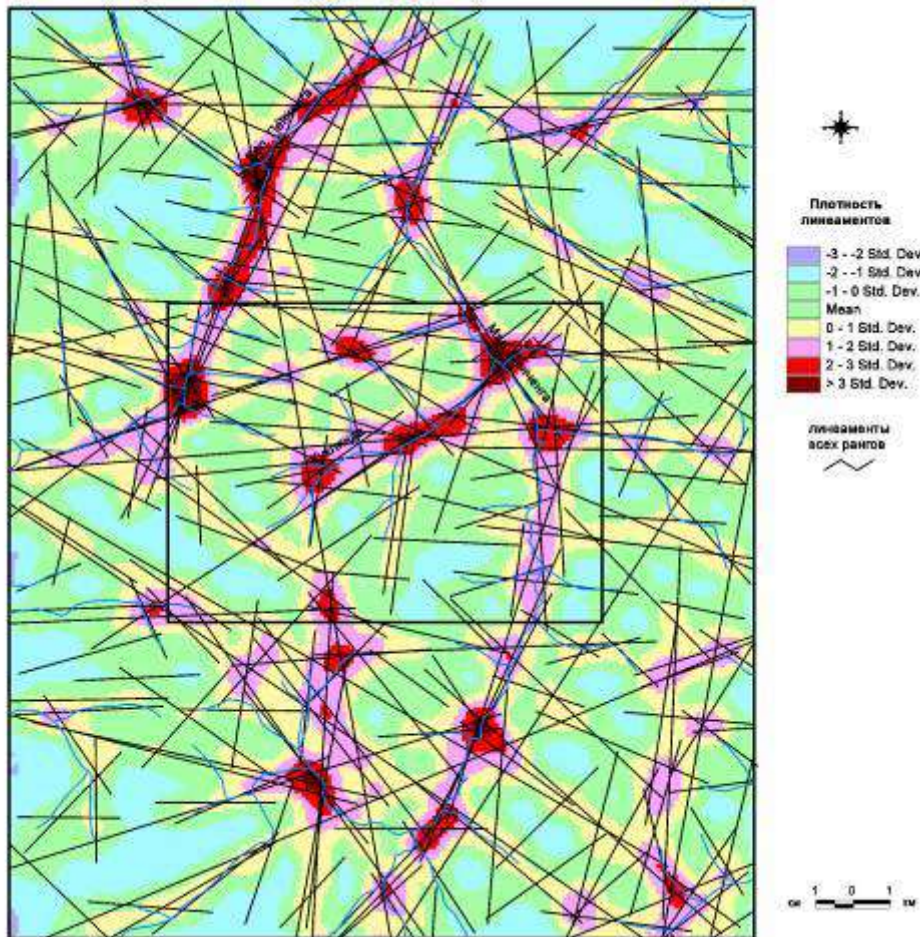


Рис.5. Карта плотности линементов по дешифрированию космоснимков
масштаба 1:100 000

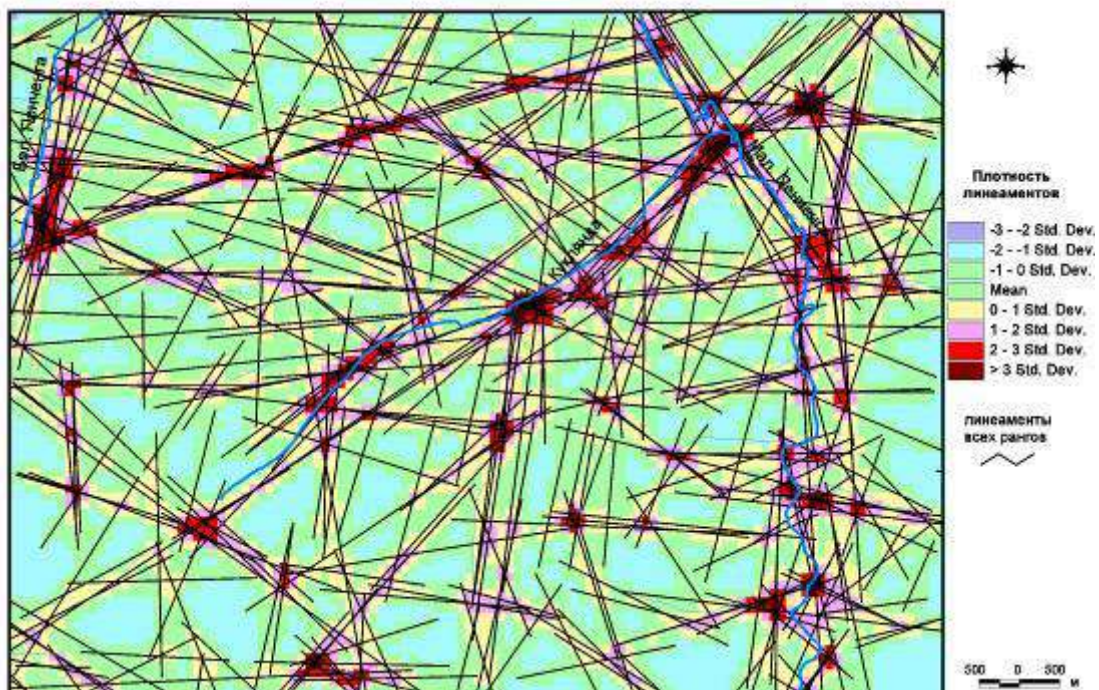


Рис. 6. Карта плотности линементов по результатам дешифрирования
космоснимков масштаба: 1:25 000-1:50 000



Рис. 7. Локальные кольцевые структуры по результатам дешифрирования космоснимков масштаба 1:100 000

Все карты и результаты дешифрирования созданы в единой системе координат и собраны в одном проекте, что создает удобство для их дальнейшего анализа, редактирования и подготовки выходных оригиналов.

Методические подходы и анализ результатов дешифрирования космоматериалов, взаимоувязка слоев с геологическими позициями месторождения и результаты картирования рудных зон будут представлены на следующих этапах работ.

Предварительные данные по АКГИ и изучению вещественного состава на Кукляндинской площади [11] свидетельствуют о целесообразности пересмотра перспектив территории относительно ее рудной золотоносности.

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 кряжа // 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. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.*
5. *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.*
6. *Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*
7. *Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.*
8. *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 // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. С. 77-84.*
9. *Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. С. 145-158.*
10. *Наумов В.А., Пушкин С.А., Осовецкий Б.М. и др. Проведение исследований по совершенствованию технологии обогащения благородных металлов на действующем производстве участка Куклянда в 2012 г. Отчет о НИР. ЕНИ ПГНИУ. Пермь, 2012.*
11. *Наумов В.А., Помалейко А.Г., Пушкин С.А., Осовецкий Б.М., Наумова О.Б. // Геологические предпосылки обнаружения рудных объектов в основании обрабатываемой россыпи Енисейского кряжа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 40-42.*
12. *Сазонов А.М., Ананьев А.А., Полева Т.В. и др. Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2010. Т. 3. № 4. С. 371-395.*

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЙОНА КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАДДЕЛЕИТ-АПАТИТ-МАГНЕТИТОВЫХ РУД

В статье рассмотрены геологические условия в районе Ковдорского месторождения комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд. Проведено изучение геологических условий района аэрокосмическими методами. Проведено дешифрирование космических снимков. Выявлено 118 неотектонических линеаментов, 20 кольцевых и дугообразных структур. Выделено 5 перспективных зон на поиски бадделеит-апатит-магнетитовых руд.

Ключевые слова: комплексная бадделеит-апатит-магнетитовая руда, аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаменты, кольцевые структуры, Ковдор, Мурманская область.

A.S. Kurdyumova, K.V. Fedoseev

Perm State University, Perm, Russia

AEROSPACE AND GEOLOGICAL ANALYSIS OF THE KOVDOR DEPOSIT AREA OF BADDELEYITE-APATITE-MAGNETITE ORES

The article considers the geological conditions in the area of the Kovdorsky Deposit of complex baddeleyite-Apatite-magnetite ores. The geological conditions of the area were studied using aerospace methods. Carried out interpretation of satellite images. 118 neotectonic lineaments, 20 ring and arc-shaped structures were identified. There are 5 promising zones for searching for baddeleyite-Apatite-magnetite ores.

Keywords: complex baddeleyite-Apatite-magnetite ore, aerospace methods, decoding, lineaments, ring structures, Kovdor, Murmansk region.

Введение

Аэрокосмические методы давно используются при поисках полезных ископаемых, выявляя косвенные признаки их месторождений. На данный момент при геологическом картировании широко применяются дистанционные методы зондирования Земли (ДЗЗ) в комплексе с другими методами и дают положительные результаты

Актуальны эти методы и при повторном изучении известных горнорудных районов, так как они позволяют выявить скрытые рудные объекты – глубокозалегающие или перекрытые рыхлыми отложениями. При поисках полезных ископаемых одним из основных объектов дешифрирования являются линеаменты и линеаментные зоны. Также важным объектом современных прогнозно-минерагенических исследований являются кольцевые структуры. Ко многим из них приурочены различные виды полезных ископаемых.

Большое значение имеют протяженные сквозные системы дислокаций. Эти сквозные системы часто бывают рудоконцентрирующими и способствуют концентрации оруденения, главным образом, в узлах пересечения меридиональных и широтных сквозных систем. В них расположены крупные месторождения руд. Такие узлы нередко сопровождаются кольцевыми разломами. Выявление связи рудного объекта с определенными линеаментами и линеаментными зонами позволяет расширить площади поиска в пределах всей этой зоны. Обнаружение конкретного рудного объекта в его пределах не дает повода для суждения о рудной специализации всего линеамента или линеаментной зоны, так как один и тот же линеамент по всей своей длине обычно имеет различную глубину заложения и пересекает разные структурные зоны поэтому взаимодействие с геологической средой разные на протяжении всего линеамента [1].

Ковдорский рудный узел, рассматриваемый в данной работе, является перспективной территорией для поиска комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд (БАМР) и входит в Ковдорско-Ловозерскую минерагеническую зону.

Целью работы является аэрокосмогеологический анализ территории Ковдорского района и прогноз перспективных зон бадделеит-апатит-магнетитовых руд. Поставлены следующие задачи: анализ геологических материалов территории; полевые исследования; дешифрирование космических снимков и выделение линеаментов, кольцевых и дуговых структур; комплексный анализ территории и выделение перспективных зон.

Полевое обследование Ковдорского района с изучением бадделеит-апатит-магнетитовых руд проведено авторами в 2019 году.

Природные и геологические условия

Ковдорский район расположен на Кольском полуострове, в 30 км от границы с Финляндией ($67^{\circ}33'$ с.ш., $30^{\circ}31'$ в.д.), в бассейне р. Ковдоры (рис. 1).

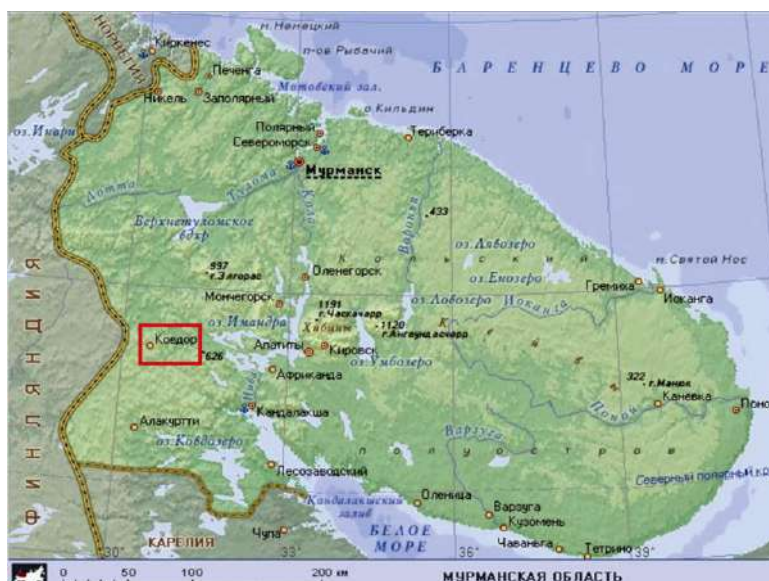


Рис.1. Обзорная схема района исследований на физической карте Кольского полуострова [2]

Рельеф района слаборасчленённый, низкогорный (рис. 2). Долины ручьёв и рек сменяются высотами с пологими склонами. В районе Ковдорского массива картину рельефа можно охарактеризовать как депрессию, совмещённую с выходом на поверхность щелочных пород массива, окружённую кольцом плоских возвышенностей (Мого-вид на севере и северо-востоке, Уци-вид и Воцу-вара на западе, Низка-вара на юге и Пилькома-сельга на юго-западе), приходящихся на контактовые зоны массива.



Рис. 2. Рельеф Ковдорского района (фото автора)

Территория характеризуется достаточно густой и хорошо развитой речной сетью, принадлежащей бассейну Белого моря. Главными реками района являются р. Ена и её левые притоки реки Ковдора и Лейпи. Реки имеют горный или полугорный характер. На территории Ковдорского района имеется около 100 озёр. Более половины их приурочено к долине р. Ены и низовьям её главных притоков.

Климат Ковдорского района типичен для большей части Кольского полуострова. Зима продолжительная, снежная, со среднемесячной температурой в феврале $-14,2$ С, лето длится 2–2,5 месяца (средняя температура июля $+13,6$ С), иногда сухое и жаркое, но нередко и дождливое. Холмы и горы покрыты смешанным лесом (ель, сосна, берёза), заболоченные территории зарослями берёзы и ивы [6].

Ковдорский массив ультраосновных щелочных пород расположен на северо-восточном крыле Енско-Лоухского синклиория, сложенного биотитовыми гнейсами и гнейсо-гранитами беломорской серии архея (рис. 3). Массив представляет собой многофазный интрузив центрального типа площадью 40 км^2 с концентрически-зональным строением. Концентрация

рудных полезных ископаемых в Ковдорском районе приурочена к массиву ультраосновных и основных пород и к активизируемым участкам платформы.



Тектонические структуры: I – Мурманский блок; II – Кольский мегасинклиний – 1 – Кольско-Кейвский синклиний, 2 – Центральнокольский антиклинорий, 3 – Печенгско-Варзугский синклиний; III – Беломорский мегантиклинорий – 4 – Тереке-Нотозерский антиклинорий, 5 – Сальнотундрово-Колвицкий синклиний, 6 – Кандалакшский антиклинорий, 7 – Енско-Лоухский синклиний.

Рис. 3. Тектоническая схема Кольского полуострова [9]

В структурно-тектоническом отношении Ковдорский массив приурочен к пересечению двух систем глубинных «сквозьструктурных» разломов. Наиболее крупный и протяженный глубинный разлом ориентирован в северо-западном направлении. Он проходит южнее главного тела Ковдорского массива. Вторым региональным разломом является разлом северо-восточного простирания.

Ковдорский массив ультраосновных щелочных пород и карбонатитов представляет собой многофазную интрузию центрального типа, прорвавшую биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы и гранито-гнейсы Беломорской серии пород верхнеархейского возраста (AR_2) Балтийского щита. Абсолютный возраст пород массива, определенный аргоновым и гелиевым методами, составляет 338–426 млн. лет. Гнейсы в районе массива образуют крупную моноклиналиную структуру с общим падением на северо-восток, осложненную в юго-восточной части района складчатостью более мелкого порядка. Площадь выхода массива на поверхность – 40,5 км². Массив окружен ореолом фенитизации во вмещающих гнейсах. В плане массив образует овальное тело размером 6-8 км в поперечнике.

Гипербазиты, залегающие в ядре массива, представлены оливинитами с небольшим содержанием титаномагнетита. Среди более поздних по возрасту пироксенитов известны как интрузивные разновидности (южный фланг массива), так и слюдяно-пироксеновые породы, возникшие при метасоматической переработке оливинитов, сопровождавшей формирование щелочной (ийолитовой) интрузии. Формирование турьяитов также сопровождалось метасоматической переработкой гипербазитов, что привело к появлению мелилит-оливиновых, мелилит-пироксеновых пород, мелилититов и

монтчеллитизированных оливинитов. Формирование турьяитов завершилось появлением скарноподобных образований, состоящих из андрадита, монтчеллита, флогопита, амфибола, диопсида, волластонита, везувиана, кальцита. При внедрении щелочной магмы вмещающие породы экзоконтакта были превращены в пироксен-полевошпатовые сиенитоподобные породы (фениты), иногда с реликтовым кварцем, местами с нефелином.

Карбонатитовый этап начался с возникновения по фенитам и ийолитам метасоматических эгирин-флогопит-кальцитовых карбонатитов со сфеном, приуроченных к контактам южной части массива. В следующую стадию карбонатитового этапа, весьма длительную по времени, сформировался сложный комплекс пород с устойчивым минеральным парагенезисом: форстерит (оливин) + диопсид + зеленый флогопит + магнетит + апатит + кальцит + бадделейт. На юго-западе массива в эту стадию образовалось апатит-магнетитовое месторождение, а в северной половине у массива - флогопитовое месторождение. Чуть позже возникли форстерит-кальцитовые карбонатиты, слагающие крупные тела в фенитах вблизи апатит-магнетитового штока, а также протяженные дугообразные жилы с резкими секущими контактами в северной половине массива, падающие к его центру. Карбонатитовый этап завершился появлением доломитовых жил и зон доломитизации, локализованных преимущественно внутри и вблизи апатит-магнетитового штока [10].

Неотектонические условия рассматриваемого района изучены недостаточно, в основном на региональном уровне. В конце XX-начале XXI вв. на территорию Кольского полуострова было составлено несколько карт и схем неотектонического районирования (Бабак В.И. и др., 1980; Кудлаева А.Л., 1983; Николаев Н.И., 1988; Введенская А.Я., Дертев А.К., 2007 и др.). В 2018 г. И.С.Копыловым и М.М.Санкло составлена линеаментно-геодинамическая карта масштаба 1:500 000 Кольского полуострова [11].

Методика и результаты исследований

Основными направлениями геологических исследований при прогнозно-поисковых работах на рудные полезные ископаемые с помощью аэрокосмогеологических методов являются: линеаментный анализ (изучение распределения и характера протяженности линеаментов разных рангов при изучении и уточнении геологических границ геологических структур, тектоники); анализ кольцевых и дугообразных структур, оценка геодинамической активности с помощью линеаментно-геодинамического анализа [3-8].

В качестве основного метода исследования Ковдорского района было выбрано структурное дешифрирование. Для обозначения линейных объектов, выделенных по снимкам закрытых территорий, обычно проводится линеаментный анализ, выделяются прямолинейные линеаменты, предположительно отождествляемые с тектоническими нарушениями осадочного чехла и фундамента. Все построения проводились в программе ArcMap.

Для исследования были взяты современные космические снимки (сервис Google Earth, 2019) в растровом виде (Landsat), дата залета 29.8.2016 (рис. 4).

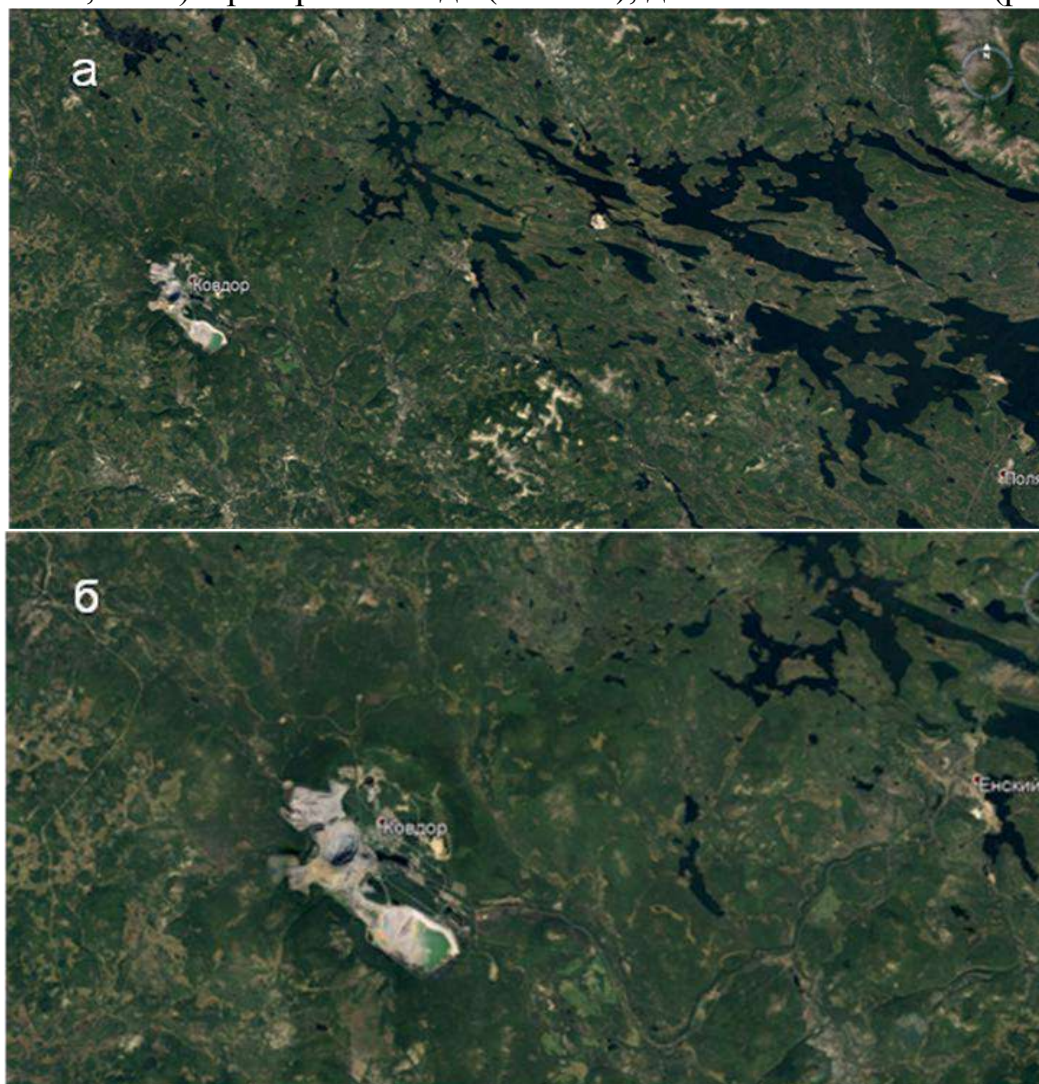


Рис. 4. Космоснимок Ковдорского района (Масштаб: а – 1:8000, б – 1:4000)

На первом этапе исследований проводилась пространственная координатная привязка космического снимка к топографической основе масштаба 1:2500000 (ВСЕГЕИ, <https://vsegei.ru/ru/info/topo>) и 1:1 000 000 в программе ArcMap (рис. 5)

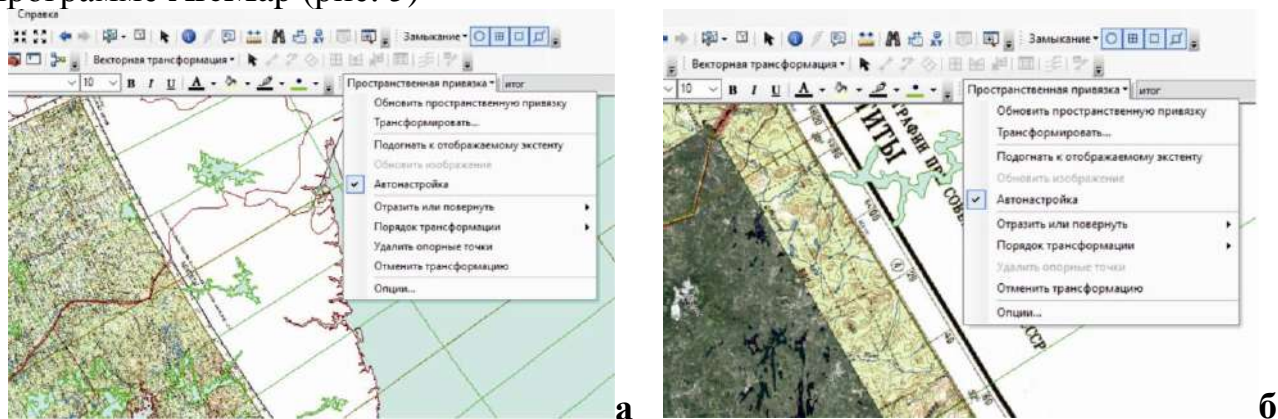


Рис. 5. Пространственная привязка: а – карты; б – космоснимка

При структурном дешифрировании на снимках выделялись линейные, кольцевые и дугообразные образования, соответствующие разным стадиям аэрокосмогеологических исследований (обзорная, региональная, зонально-региональная, детальная) (рис 6, табл. 1).

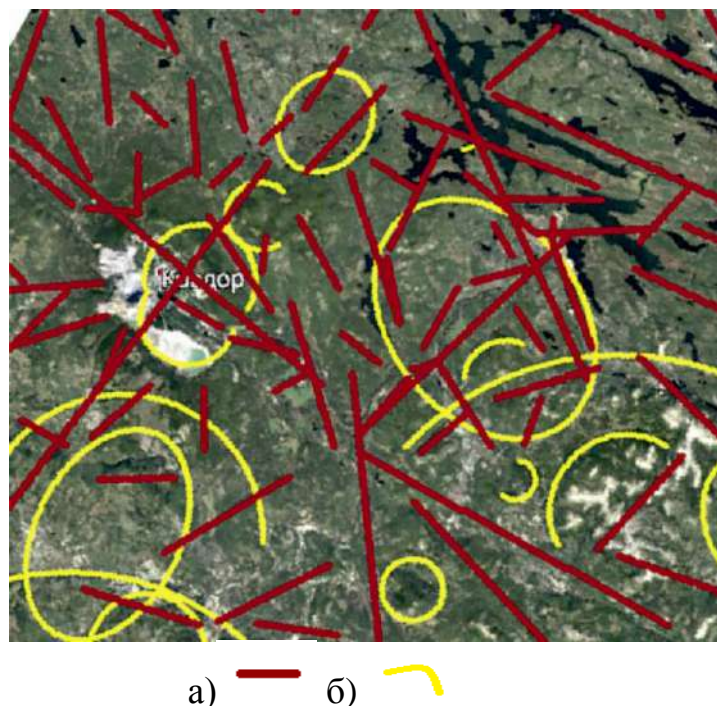


Рис. 6. Космоснимок с выделенными линеаментами (а), кольцевыми и дуговыми структурами (б) (Масштаб 1:4000)

Таблица 1

Результаты дешифрирования космоснимков Ковдорского района

Ранги линеаментов	Протяженность линеаментов, км	Количество линеаментов	Кольцевые и дугообразные структуры
Региональные	50-100	2	-
Зональные	15-50	15	15x20
Локальные	5-15	70	5x8-10x15
Короткие	1,5-5	31	-
Итого		118	20

Обработка данных, построение карт осуществлялись с использованием программы ArcMap и инструмента ArcToolbox модуль Spatial Analyst (расчёт плотности линеаментов) (рис. 7).

Проведен пространственный аэрокосмогеологический анализ района Ковдорского месторождения по сопоставлению геологических условий (геологическая карта) и результатов структурно-тектонического дешифрирования (неотектонические линеаменты, кольцевые и дуговые структуры, участки повышенной плотности линеаментов, узлы пересечения линеаментов).

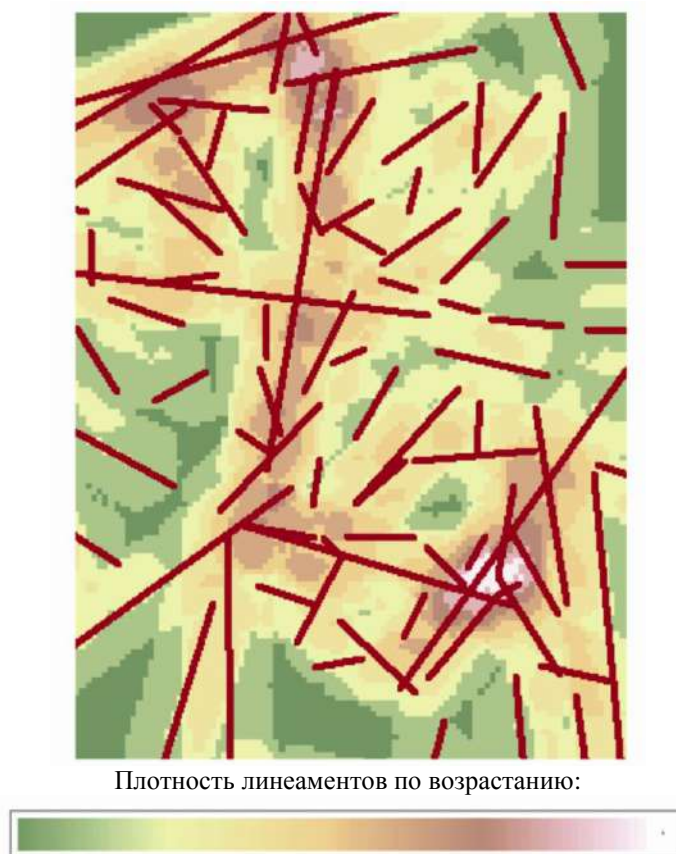


Рис. 7. Поле плотности линеаментов (Масштаб 1:10 000)

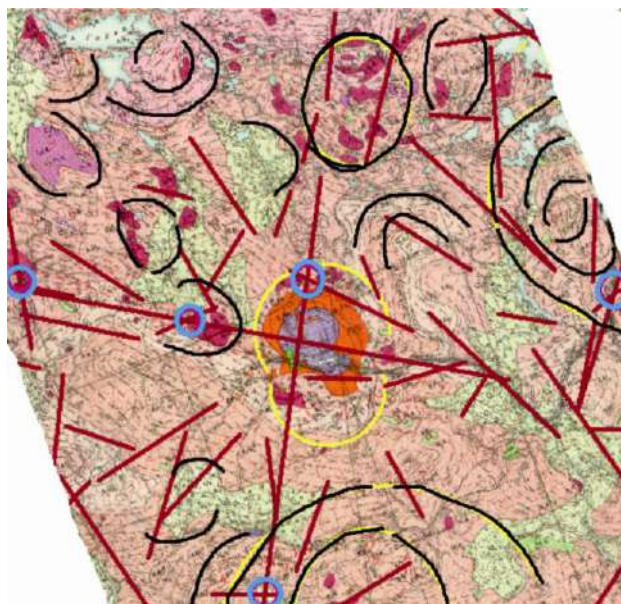
Выделено 5 участков с близкими геологическими и структурными условиями. На этих участках отмечается концентрация узлов пересечения меридиональных и широтных сквозных тектонических систем, которые контролируются кольцевыми структурами. На месте узлов выявлен выход на поверхность ультраосновных и основных пород архейского возраста с рудопроявлениями. Поэтому предполагается на этих участках выделение перспективных зон формирования комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд (рис. 8).

Заключение

При изучении Ковдорского рудного узла применялись аэрокосмические методы для изучения геолого-геоморфологических, неотектонических и структурно-тектонических условий формирования БАМР. Основное внимание при проведении дешифрирования КС уделялось разломам и локальным структурам.

Сопоставление результатов дешифрирования с геологическими данными, полученных в результате анализа и полевых исследований в пределах Ковдорского месторождения, позволяет выделить 5 перспективных зон поисков комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд.

Полученные результаты по изучению Ковдорского рудного узла свидетельствуют о хороших перспективах поиска рудных полезных ископаемых с применением аэрокосмических методов.



○ Перспективные зоны формирования комплексных бадделейт-апатит-магнетитовых руд

Рис. 8. Сопоставление линейных элементов и кольцевых структур с геологическими условиями и выделение перспективных зон БАМР (Масштаб 1:15 000)

Библиографический список

1. Ануфриев А.М. *Аэрокосмометоды в геологии*. Казань: КазГУ, 2007. 82 с.
2. Дуров А.Г. *Атлас Мурманской области*. Издательство: ГУГК, 1971. 44с.
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. *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.
6. 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.
7. Копылов И.С. *Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
8. Корчуганова Н.И. *Аэрокосмические методы в геологии*. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244с.
9. Раковская Э.М., Давыдова М.И. *Физическая география России: М: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС*, 2001. 288 с.
10. Римская-Корсакова О.М., Краснова Н.И. *Геология месторождений Ковдорского массива / под ред. Г.Ф. Анастасенко: Изд-во: С.-Петербургского ун-та*, 2002. 143 с.
11. Санкло М.М., Копылов И.С. *Влияние неотектоники на инженерно-геологические и гидрогеологические условия вод в пределах восточной части Балтийского щита // Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию профессора И. А. Печеркина / Перм. гос. нац. исслед. ун-т*. Пермь, 2019. С. 219-231.

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
МИРНИНСКОГО УЛУСА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЛИСТЫ Q-49-XXI,
XXII) ДЛЯ ПОИСКОВ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК**

Проведен региональный аэрокосмогеологический анализ территории листов Q-49-XXI, XXII, на которой располагается кимберлитовая трубка Айхал. Изучены природные и геологические условия района. Проведено дешифрирование космических снимков и линеаментно-геодинамический анализ. Выявлено 58 неотектонических линеаментов и 69 кольцевых и дугообразных структур, описана методика проведения работ. Выделены перспективные участки на поиски кимберлитовых трубок.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаментный анализ, кольцевые структуры, кимберлитовые трубки, алмазы, пос. Айхал, республика Саха-Якутия.

D.A. Chegodaeva, A.V. Chumakov

Perm State University, Perm, Russia

**REGIONAL AEROSPACE GEOLOGICAL ANALYSIS OF MIRNINSKY
ULUS OF THE SAKHA REPUBLIC (SHEETS Q-49-XXI, XXII) FOR
SEARCHING FOR KIMBERLITE PIPES**

A regional aerospace-geological analysis of the territory of sheets Q-49-XXI, XXII, where the Aihal kimberlite tube is located, was carried out. The natural and geological conditions of the area were studied. Satellite images were deciphered and lineament-geodynamic analysis was performed. 58 neotectonic lineaments and 69 ring and arc-shaped structures were identified, and the method of work was described. Promising areas for searching for kimberlite pipes have been identified.

Keywords: aerospace geological research, decoding, lineament analysis, ring structures, kimberlite pipes, diamonds, settlement. Aikhal, Republic of Sakha-Yakutia.

Введение

Аэрокосмогеологические исследования – вид дистанционных исследований в общем комплексе геолого-геофизических работ, использующий материалы аэрокосмических съемок (МАКС), включающие аэрофотоснимки (АФС) и космические снимки (КС) или данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) для решения различных геологических задач (минерагенических и геолого-поисковых на различные виды полезных ископаемых, структурно-тектонических, геодинамических, гидрогеологических, инженерно-геологических, геоэкологических, геоморфологических и др.) [3].

Важную роль в изучении геодинамических активных зон, тектонических нарушений, контролирующих основные магматические объекты поисков алмазов - кимберлитовые трубки играют дистанционные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ).

Целью работы является проведение аэрокосмогеологических исследований на территории Мирнинского улуса Республики Саха (лист Q-49-XXI, XXII) для поисков кимберлитовых трубок.

Природно-геологические условия

Исследуемый район расположен в Мирнинском улусе республики Саха (Якутия), в районе пгт. Айхал (рис. 1).



Рис. 1. Схема района исследований на территории Мирнинского улуса

В физико-географическом отношении район находится в северной части Вилюйского плато, рельеф местности плоскогорно-равнинный со средними высотами 700-900 м. Гидрография представлена р. Моркокой с притоками и немногочисленными озерами, одним из них является озеро Байтах. Климат резко континентальный, средняя месячная температура воздуха в в Мирнинском районе в январе в пределах от $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. в июле – от $+12^{\circ}$ до $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Растительная зона – лиственничные леса, с преобладанием лиственницы даурской к ней примешивается ель, также голубично-зеленомошные кустарники.

В тектоническом отношении территория исследований находится в зоне сочленения двух структур: Анабарской антеклизы и Тунгусской синеклизы, которые осложняют восточную часть Сибирской платформы (рис. 2).

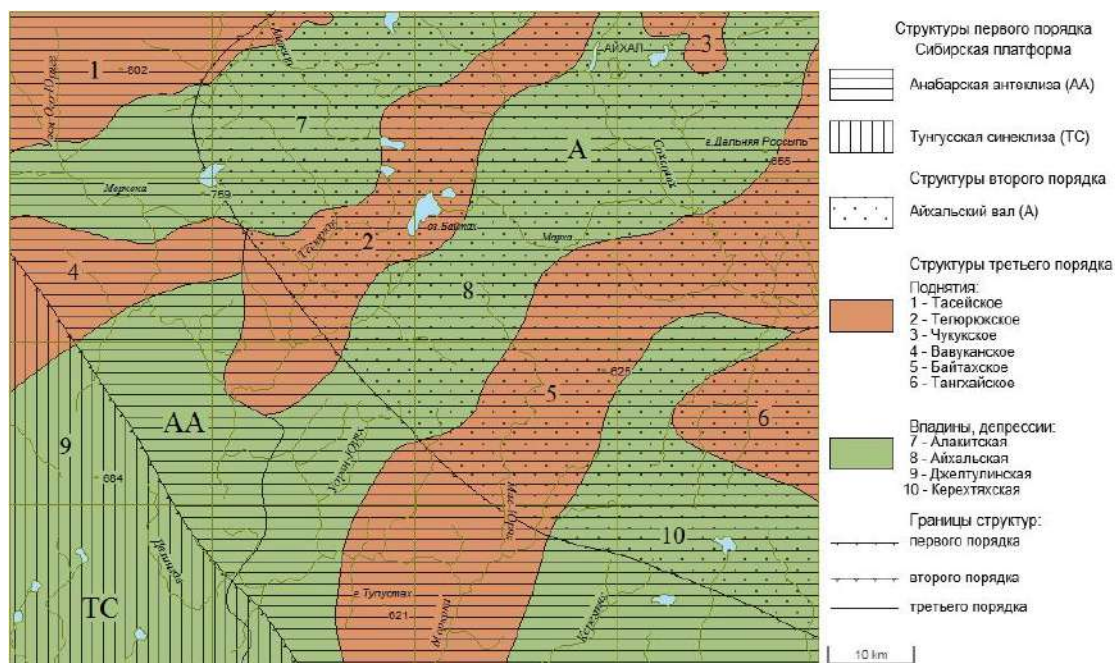


Рис. 2. Тектоническое строение района [9]

По геолого-геофизическим данным в районе выделяются два структурных этажа, резко различных по своему строению и времени формирования – кристаллический фундамент и осадочный чехол.

Кристаллический фундамент сложен верхнеанабарской и хапчанской сериями метаморфических пород. Кристаллический фундамент в пределах территории листа Q-49-XXI, XXII залегает на глубинах -2,5 – -3,0 км, вскрыт скважиной в районе п. Айхал. Структурный рисунок чехла определяется его расположением в зоне стыка двух структур I порядка – Анабарской антекклизы и Тунгусской синеклизы. Платформенный структурно-вещественный комплекс подразделяется на несколько ярусов. По наличию крупного перерыва в осадконакоплении в осадочном чехле выделяются два структурных яруса – венд - раннепалеозойский и позднепалеозойский - раннемезозойский.

Венд-раннепалеозойский структурный ярус сложен терригенно-карбонатными и карбонатными осадками венда, кембрия, ордовика и раннего силура. Оживление тектонической деятельности на Сибирской платформе и активизация мантийных разломов рифейского заложения обусловили широкое проявление кимберлитового магматизма и формирование пликативных структур различного порядка, осложняющих в целом спокойное залегание пород венд - раннепалеозойского яруса, характеризующееся пологим погружением на юго-запад в сторону центральной части Тунгусской синеклизы.

Позднепалеозойский - раннемезозойский структурный ярус. Структурный план его довольно простой и характеризуется горизонтальным или близким к нему залеганием пород, в ряде случаев осложненным инъекциями базитовой магмы. Наиболее существенные деформации связаны с внедрением интрузий, которые зачастую отрывают блоки осадочных пород и кимберлитов и перемещают их как по вертикали, так и по латерали. Амплитуда перемещения

по вертикали равна мощности интрузии, а по латерали колеблется от первых метров до 1,0 км. Последняя величина установлена по доказанному перемещению кимберлитового тела-отторженца тр. Юбилейной в запад-северо-западном направлении [10].

Положение территории в иерархии тектонических структур определяется следующим образом: структурой II порядка на Анабарской антеклизе является Айхальский вал; структурами III порядка - положительными поднятиями и отрицательными субизометричными впадинами и линейными желобообразными депрессиями, такими как Тасейское, Тегюрюкское, Чукукское, Вавуканское, Байтахское и Тангхайское поднятия, Алакитская и Айхальская желобообразные депрессии и Джелтулинская и Керехтяхская корытообразные впадины.

Методика выполнения работ

Весь процесс выполнения работы был разделен на два этапа: методологический и практический.

Методологический этап включает задачи: изучение литературы по методам и технологиям проведения АКГИ, природно-геологическим тектоническим условиям исследуемого района.

Практический этап включает задачи: подготовка и дешифрирование космических снимков территории листов Q-49-XXI, XXII; выделение линеаментов, кольцевых и дуговых структур; выявление аномальных геодинамических активных зон; проведение комплексного пространственного анализа; выделение перспективных участков поиска кимберлитовых трубок.

Основным методом является линеаментно-геодинамический анализ. Он представляет собой комплекс геологических, геоморфологических, дистанционных и других методов картирования полей. Вся суть анализа заключается в получении модели линеаментного поля в ходе дешифрирования МАКС, аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности, построение ее картографических моделей разного уровня детальности [8]. Дешифрирование снимков проводят по следующей методике: выделение линейных объектов и составление схем линеаментов; обработка схем линеаментов; установление закономерностей в распределении линеаментов [7].

Использование АКГИ при поиске кимберлитовых трубок очень актуально. Специфика использования МДЗ при поисках кимберлитовых трубок обусловлена тем, что они могут быть приурочены к кольцевым структурам. Суть дешифрирования заключается в выделении как кольцевых структур, так и линеаментов для того, чтобы выделить закономерности распределения структур на исследуемой области.

Дешифрирование МДЗ базируется на геоиндикационной концепции взаимосвязи всех компонентов ландшафта. В результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, ландшафтные компоненты и элементы содержат информацию о структуре, составе и состоянии глубинных геологических объектов, являясь их геоиндикаторами.

В основу методики АКГИ положено комплексное дешифрирование материалов дистанционных съёмок земной поверхности, включающее структурное, геоморфологическое и геологическое дешифрирование фотоснимков; структурно-геоморфологический и линеаментно-геодинамический анализы и комплексная интерпретация результатов дешифрирования на основе накопления геолого-геофизического материала [2-8]. При структурном дешифрировании на снимках выделяются линейные образования, кольцевые и дуговые структуры. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границы ландшафтных структур.

Технология компьютерного дешифрирования КС и обработки данных реализована с помощью программы ArcGIS и его модулей [1].

В ходе выполнения работы были подобраны современные (2018-2019 гг.) КС района окрестностей пгт. Айхал, по которым проведено дешифрирование и анализ данного района:

- выделены линеаменты разной протяженности;
- выделены дугообразные и кольцевые структуры разных порядков;
- определена протяженность линеаментов и размер кольцевых структур;
- построено поле плотности линеаментов, кольцевых и дуговых структур с помощью программы ArcMap модуль SpatialAnalyst;
- в программе ArcGIS заполнена таблица атрибутов (размеры кольцевых структур и протяженность линеаментов), проведена их дифференциация на разные ранги;
- на конечном этапе по полученным картам и данным выделены геодинамические активные зоны.

Результаты работ

В результате проведенных исследований на основе дешифрирования современных космических снимков было выделено 58 линеаментов и 21 кольцевая структура, которые разделены на ранги (табл. 1, 2, рис. 3) [5, 6, 8].

Таблица 1

Результаты дешифрирования линеаментов

Ранги линеаментов	Протяженность прямолинейных линеаментов, км	Количество линеаментов
Короткие	1,5-5	2
Локальные	5-15	25
Зональные	15-50	31

Таблица 2

Результаты дешифрирования кольцевых структур

Ранги	Размеры, км	Количество
Локальные (III порядок)	1x2 – 5x8	8
Локальные (II порядок)	5x8 – 10x15	8
Локальные (I порядок)	15x20 – 18x27	5

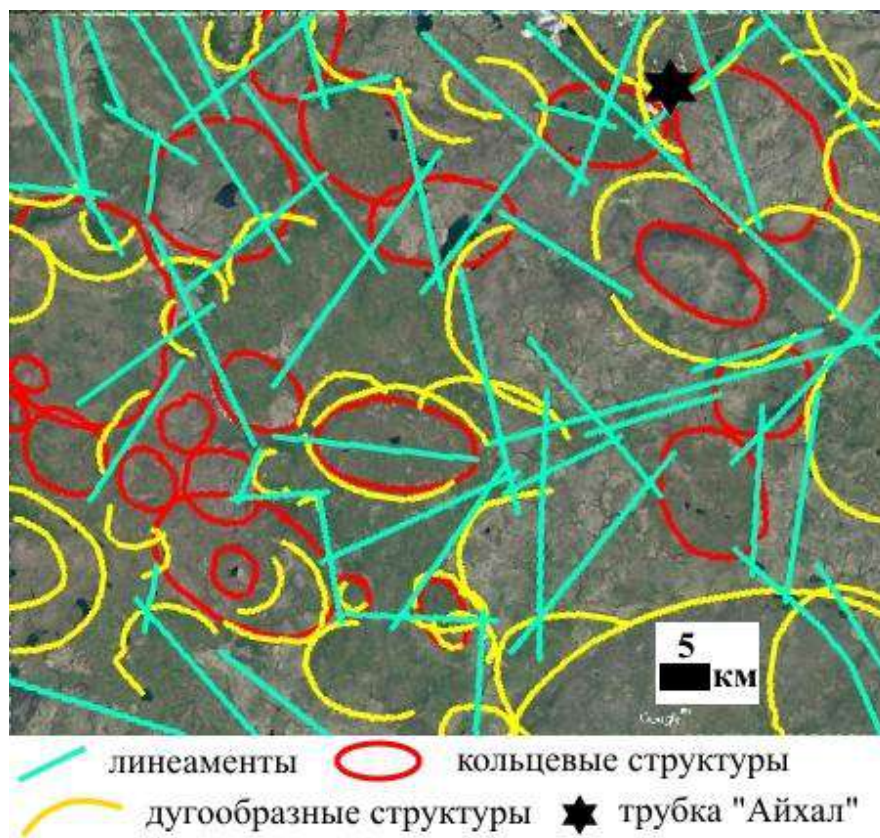


Рис. 3. Космоснимок листа Q-49-XXI, XXII с выделенными структурами

На данной территории наибольшее распространение имеют зональные линеаменты диагональной системы. Среди кольцевых структур преобладают локальные II и III порядка также, довольно четко выделяются 47 дуговые структуры (рис. 3).

В результате проведения дешифрирования была построена карта плотностей линеаментов, кольцевых и дугообразных структур (рис. 4), на которой выделяются зоны и участки повышенной трещиноватости. Они соответствуют геодинамически активным зонам, распространенным на севере, юго-востоке и юго-западе исследуемой территории.

На основе сопоставленных карт (минерагенического районирования с линеаментами и кольцевыми и дуговыми структурами) можно увидеть, что совпали уже открытые и разрабатываемые кимберлитовые трубки, они концентрируются на сочленении линеаментов и других структур (рис. 5). В юго-западной и юго-восточной частях листа наблюдаются именно такие геодинамически активные зоны. Предполагается, что на этих участках могут располагаться кимберлитовые трубки, аналогичные трубке Айхал.

Заключение

В результате аэрокосмогеологического анализа территории были сделаны следующие выводы:

- основным методом исследования являлся линеаментно-геодинамический анализ, в результате проведения которого были выявлены зоны активных геодинамических процессов;

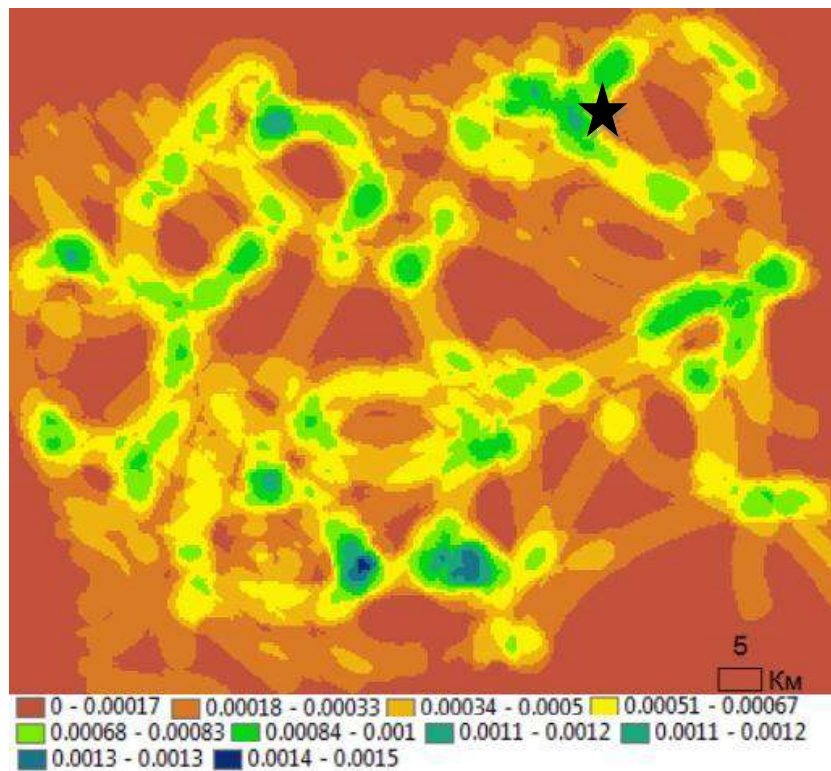


Рис. 4. Карта плотностей линеаментов, кольцевых и дугообразных структур, построенная с помощью программы ArcMap модуль SpatialAnalyst

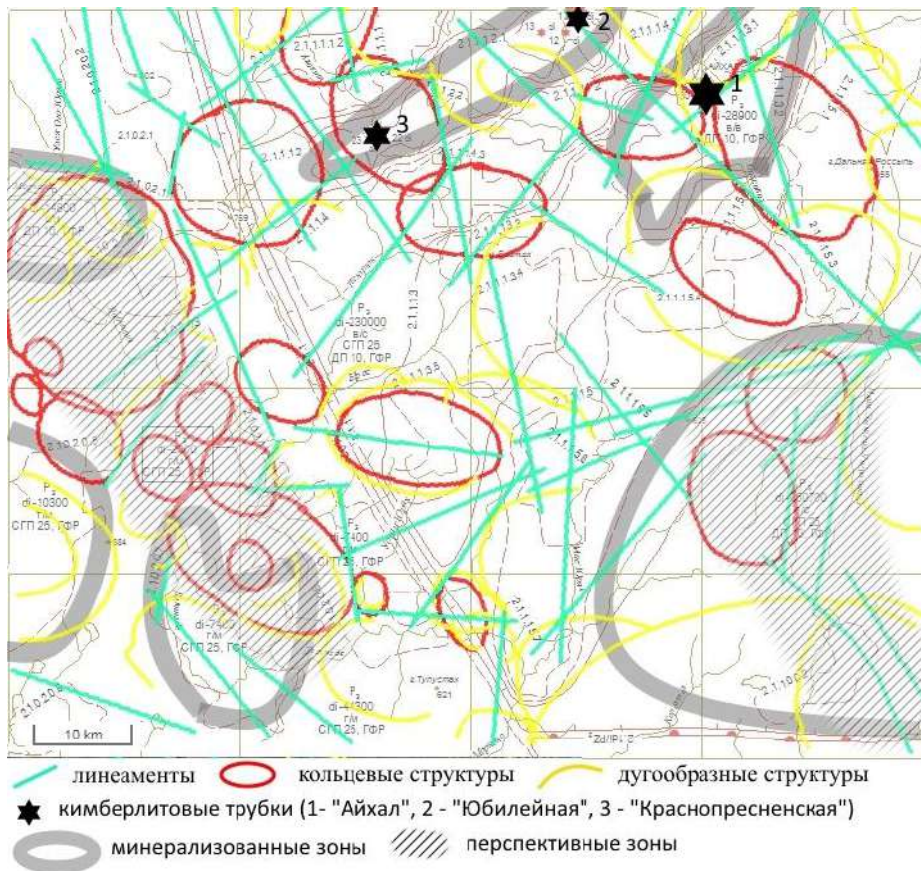


Рис. 5. Пространственный анализ сопоставления линеаментов, дугообразных и кольцевых структур со схемой минерагенического районирования и прогноза на алмазы (по Р.Ф. Салихову, В.В. Салиховой и др.)

- выделены тектонические линеаменты, вероятно связанные с глубинными разломами, и кольцевые структуры с дуговыми элементами эндогенного происхождения;
- на карте плотностей линеаментов, кольцевых и дугообразных структур выделяются участки повышенной трещиноватости, соответствующие геодинамически активным зонам;
- установлена связь между геологическими, тектоническими объектами, выделенными при дешифрировании АКГИ;
- прослеживается ряд закономерностей, указывающий на активные неотектонические зоны и на возможные кимберлитовые трубки, которые выделены по анализу плотности линеаментов, кольцевых и дугообразных структур (по аналогии с известными кимберлитовыми трубками);
- проведен пространственный анализ карты плотностей и схемы минерагенического районирования и прогноза на алмазы листов Q-49-XXI, XXII;
- дана оценка перспективных структур для дальнейших геолого-геохимических и геофизических исследований района.

Полученные данные требуют подтверждения дополнительными исследованиями с привлечением геофизических и геохимических методов. При подтверждении выдвинутых предположений относительно листов Q-49-XXI, XXII возможно открытие новых алмазоносных полей кимберлитовых трубок.

Библиографический список

1. Капустин В. Г. ГИС технологии в географии и экологии: ArcViewGIS в учебной и научной работе: Учебное пособие. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2006. 230 с.;
2. Копылов И.С. Аэрокосмические методы в геологии / Учебно-методический комплекс (презентации лекций). Пермь: ПГНИУ, 2018. 250 сл.
3. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70–81.
4. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 166 с.
5. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования № 6. 2012.
6. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
7. 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.
8. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах //Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.
9. Салихов Р.Ф., Салихова В.В. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Лист Q-49-XXI, XXII (Айхал). Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Верхневилуйская. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.
10. Серов В. П. Отчет по теме «Минералогическая идентификация древних илиховых ореолов Алакит-Мархинского кимберлитового поля с целью оценки его остаточных перспектив». Ф. АмГРЭ, 1999.

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

УДК550.81:553.98

Э.Х. Азматова

Пермский государственный научный исследовательский университет, Пермь, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (НЕФТИ И УРАНА) НА ЮГО-ЗАПАДЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Проведено изучение территории на юго-западе Пермского края с помощью аэрокосмических методов. Показана актуальность данных исследований для поисков полезных ископаемых и методика проведения работ. Предложены новые нефтегазоперспективные участки.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаментный анализ, кольцевые структуры, нефть, уран.

E.H. Azmatova

Perm State University, Perm, Russia

APPLICATION OF AEROSPACE METHODS IN SEARCHING FOR MINERAL RESOURCES IN THE SOUTHWEST OF PERM KRAI

The study of the territory in the south-west of the Perm Territory was carried out using aerospace methods. The relevance of these studies for prospecting for minerals and the methodology of work are shown. New oil and gas promising areas have been proposed.

Key words: aerospace methods, interpretation, lineament analysis, ring structures, oil, uranium.

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 [2]

Линеаментно- и ландшафтно-геодинамический анализ, по картированию линеаментной сети, кольцевых структур, геоактивных зон позволяет получить достаточно надежную информацию для прогнозирования месторождений различных полезных ископаемых и обеспечения поисковых работ потенциально перспективными участками [9, 12, 16, 17].

Целью данной работы является анализ перспектив проведения аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) на территории юго-запада Пермского края (лист О-40-XXV) и выявление зон, благоприятных на поиски полезных ископаемых в данном районе, таких как нефть, газ и уран.

Основные задачи:

- изучение геологического строения юго-запада Пермского края;
- разработка критериев и методики поисков полезных ископаемых (нефть, уран) аэрокосмогеологическими методами на данной территории, выбор дешифровочных признаков;
- дешифрирование и аэрокосмогеологический анализ территории;
- выделение перспективных зон на поиски нефти и урана по данным АКГИ.

Природные и геологические условия

Территория исследований расположена на юго-западе Пермского края в пределах листа О-40-XXV, административном отношении в пределах Частинского, Большесосновского и Еловского районов Пермского края и Удмуртской республики (рис.1).

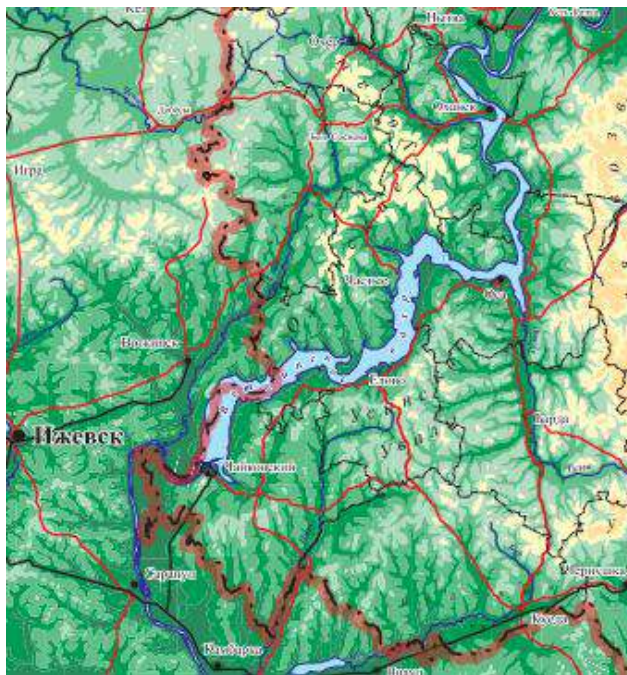


Рис 1. Физико-географическая карта района [1]

По геоморфологическому районированию территория относится – к Восточно-Европейской равнине, к области денудационной равнины Прикамья.

Рельеф территории представляет собой залесенную на 60% холмисто-увалистую равнину, расчленённую многочисленными речными долинами и оврагами. Абсолютные отметки рельефа составляют 240-270 м на водоразделах и 90-120 м – в поймах рек. Перепады высот достигают 150 м. Преобладающими являются высоты порядка 150-200 м [1].

Территория листа О-40-XXV располагается на восточной окраине Русской плиты Восточно-Европейской платформы, в восточной части Волжско-Камской (Волго-Уральской) антеклизы, структурного элемента на востоке Русской плиты, в основном в пределах Верхнекамской впадины и Пермского свода и является высокоперспективной на нефть и газ [4, 18] и уран [20]. В строении антеклизы выделяются два структурных надэтажа: дорифейский и рифейско-фанерозойский. В осадочном чехле палеозоя установлен ряд локальных положительных структур (рис. 3, 4).

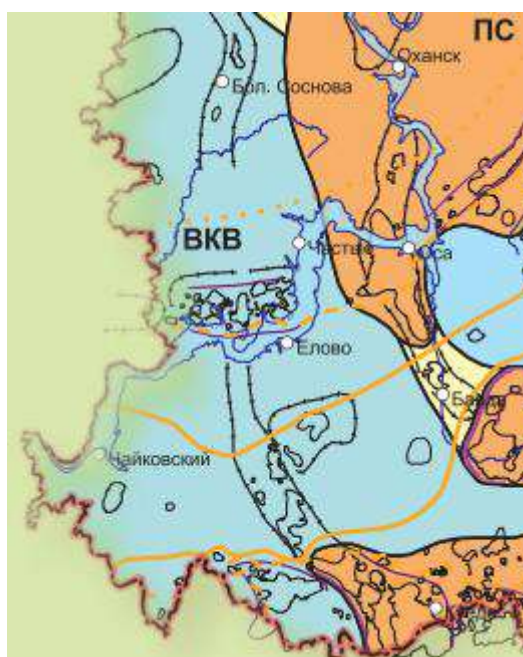


Рис. 2. Тектоническая карта юго-запада Пермского края [1, 18]

Геологическая и аэрокосмогеологическая изученность

Территория изучена геолого-геофизическими работами неравномерно, при этом более детально (включая глубокое бурение) изучен район Ножовского поднятия.

В 1992-2004 г. В.М.Бабенышевым и др. проведены работы по геологическому доизучению и подготовке к изданию Госгеолкарты масштаба 1:200 000 Очерской площади, листов О-40-ХІХ, XXV [3].

По аэрокосмогеологическим исследованиям территория изучена только в региональном плане. В 1990 г. В.Г. Гацковым и др. были проведены детальные опытно-методические АКГИ на участке Ножовского поднятия. Площадными АКГИ регионального и регионально-зонального уровня (масштаб 1:500 000-1:200 000) изучена И.С.Копыловым и В.З.Хурсиком (2010) [6, 14, 15] (рис. 3)

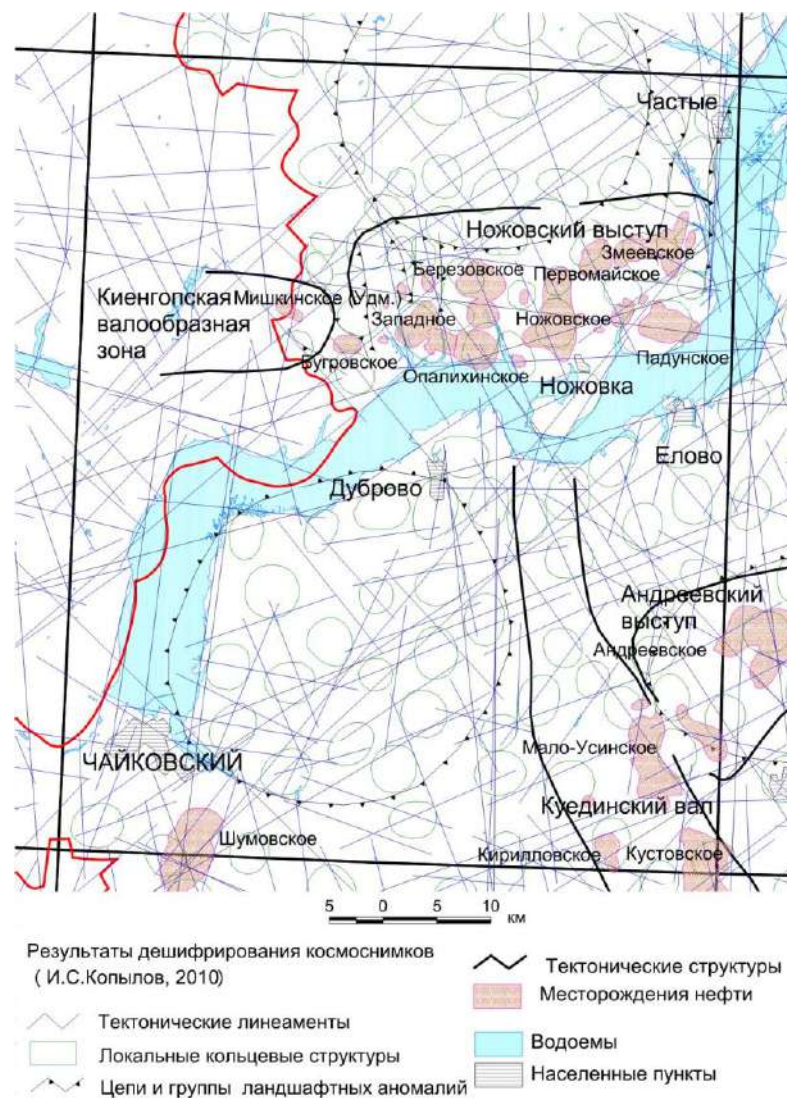


Рис. 3. Схема дешифрирования космоснимков юго-запада Пермского края (фрагмент) [9, 10]

В пределах площади вскрыты образования от верхнепротерозойских до верхнепермских включительно. Верхнепермские образования перекрыты четвертичными отложениями. На поверхность изучения выходят уржумские и казанские отложения пермской системы.

Методика исследований

Методика АКГИ в настоящей работе базировалась на методических разработках пермской школы аэрокосмогеологии [11, 14, 15]. Основным видом АКГИ было структурное дешифрирование и комплексный аэрокосмогеологический анализ территории. Методологической основой выделения геодинамических активных зон является линеаментно-геодинамический анализ [5-19].

Основные геологические критерии, определяемые на основе АКГИ для прогноза перспективных участков месторождений полезных ископаемых [6, 9]:

1) линеаментные и кольцевые структуры указывают на наличие зон высокой проницаемости земной коры;

2) при пересечении друг с другом линеаменты образуют фокальные узлы. Считается, что чем больше плотность линеаментов (и концентрации узлов), тем перспективнее эта территория на поиски месторождений полезных ископаемых, в т.ч. нефти и урана.

С целью выделения тектонических линеаментов и кольцевых структур в пределах исследуемых районов, использовались космоснимки (сервис Bing Maps, Google Maps, ESRI), загруженные с помощью программного обеспечения SAS Planet, Google Earth (рис. 4).



Рис. 4. Космоснимки юго-запада Пермского края

Дешифрирование проводилось в нескольких масштабах в соответствии со сложившимися стадиями АКГИ (обзорные, региональные, зональные), производилось в программе ArcGIS ArcMap версии 10.1.

Обработка данных и построение 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. Количество классов значений плотности (6) выбрано в зависимости от статистического распределения.

Линеаментно-геодинамический анализ проводился на основе изучения распределения плотности линеаментов по их протяженности на единицу площади (1 балл – 0-1; 2 балл – 1-2 км/км², 3 балл – 2-3 км/км², 4 балл – 3-4 км/км², 5 балл – 4-6 км/км²; 6 балл – 6 и более км/км²).

Результаты исследований и их обсуждение

Структурно-геологическое дешифрирование проводилось в нескольких масштабах в соответствии со сложившимися стадиями АКГИ и масштабами дешифрирования [12].

Всего было выделено 332 субпрямолинейных линеаментов, отразивших неотектоническую трещиноватость (табл. 1, рис. 5).

Таблица 1

Результаты дешифрирования ДЗЗ

Масштаб дешифрирования	Протяженность линеаментов, км	Количество линеаментов
1:1 000 000	25-50 и более	8
1:500 000-	10-25	28
1:200 000	5-10	296



Рис 5. Схема результатов дешифрирования линеаментов

С целью выделения погребенных структур и их отражения в ландшафте проведено дешифрирование с выделением кольцевых структур (рис. 6).

По результатам дешифрирования линеаментов была построена карта плотности линеаментов. На основе схемы поля плотности линеаментов, совмещенной с дешифрированными кольцевыми структурами был проведён качественный анализ (рис. 7).

Визуально были выделены зоны, в которых происходит пересечение структур с максимумами плотности полей линеаментов. Зоны наибольших пресечений представлены на Ножовском выступе, Куединском вале, Андреевском выступе. Большинство кольцевых структур расположено на участке Ножовского выступа и совпадают с известными локальными положительными структурами [21] и Киенгопской валообразной зоны.

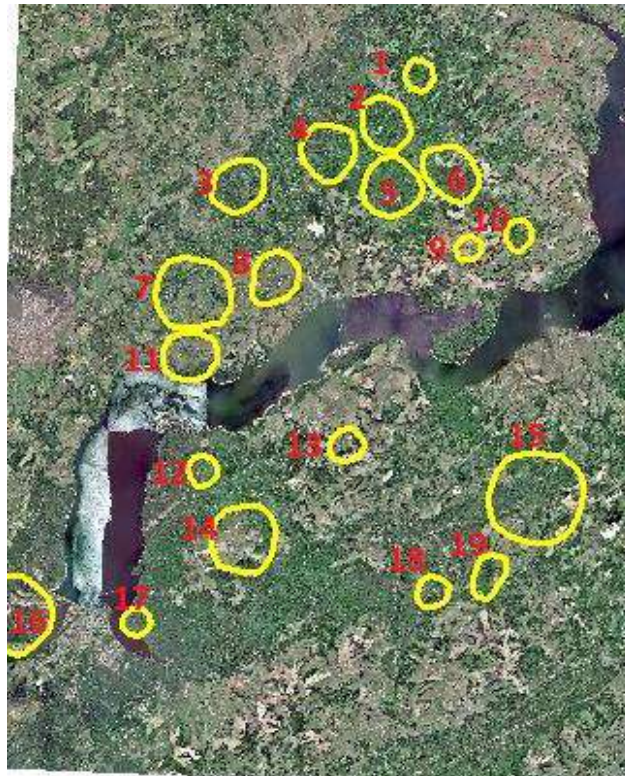


Рис. 6. Космоснимок с наложенными кольцевыми структурами

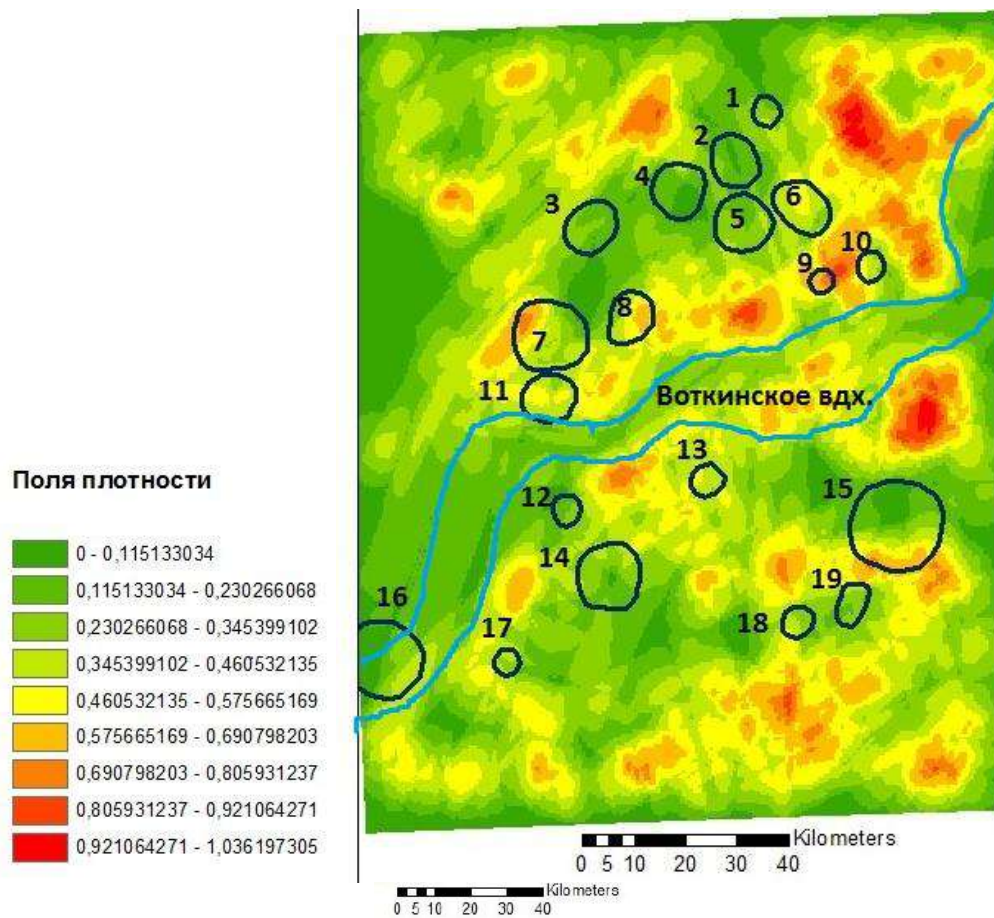


Рис. 7. Поле плотности линейментов с кольцевыми структурами

При сравнительном анализе АКГИ с предшественниками, отмечено полное совпадение 13 из 19 структур, другие совпадают частично или располагаются в непосредственной близости.

В результате были выявлены перспективные зоны на поиски месторождений нефти и урана. Всего было выделено 19 зон, каждой из них присвоен порядковый номер при поисках месторождений на данной территории. Составлен каталог зон перспективных на поиски месторождений нефти и урана по данным ДЗЗ. Данная информация носит рекомендательный характер.

Выделенные максимумы плотности поля линеаментов – это зоны перспективные на поиски месторождений полезных ископаемых (нефть, уран). по результатам АКГИ. Стоит отметить, что в выделенных зонах присутствуют промышленные месторождения нефти и рудопроявления урана на территории юго-запада Пермского края. Таким образом, можно утверждать, что результат анализа является достаточно достоверным для того, чтобы рассмотреть зоны, в которых не отмечены месторождения или рудопроявления.

Проведена оценка перспективности на нефть и уран по АКГИ, выделены: 8 объектов первой очереди на нефть (высокоперспективные 1-5, 11, 16, 19) и 4 объекта второй очереди (перспективные 6, 9, 10, 18) и 3 - третьей очереди (малоперспективные 7, 8, 15)

Заключение

По результатам проведенного анализа на основе АКГИ можно сделать вывод, о том, что аэрокосмические методы позволяют достаточно достоверно определить участки, перспективные на поиски нефти и урана. В некоторых выделенных перспективных зонах располагаются ныне существующие промышленные месторождения нефти. Поэтому опережающее использование аэрокосмических методов в общем комплексе прогнозных и поисковых работ даёт возможность сократить как временные, так и материальные затраты.

Для доизучения на нефть перспективность объектов первой очереди (№№ 1-5, 11, 16, 19) требуется детальная аэрокосмогеология, гравиразведка и сейсморазведка. На перспективных объектах на уран (№№12-14, 17) требуется постановка поисковых работ.

Библиографический список

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов. Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Екатеринбург: ОАО ИПП «Уральский рабочий». 2012. 124 с.
2. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.
3. Бабенюшев В.М., Волкова Г.И., Колодяжная Л.И., и др. Информационный отчет по геологическому доизучению масштаба 1:200000 Очерской площади, листы 0-40-XIX, 0-40-XXV. ФГУП Геокарта-Пермь. 2004. Пермь. 386 с.
4. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа Волго-Уральской области. Том II. Пермская обл. и Удмуртская АССР / С.А. Винниковский, Л.В. Шаронов. Под ред. Н.А. Еременко, Г.П. Ованесова. Тр. ин-та геол. и разр. гор. иск-х. М., Недра, 1977. 272 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. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология. 2015. №4 (29). 70-81.*

7. 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.*

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: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 25-37.*

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. 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. Пермская аэрокосмогеологическая школа - история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 13-24.*

15. 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 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. 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., Ликуттов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // *Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.*

20. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективного поисков в Вятско-Камском Приуралье // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 74-79.*

21. Шаварин Ю.А., Павловская С.В. и др. Комбинированный проект доразведки Ножовской группы месторождений и поисков новых залежей на вновь подготовленных объектах Польшской площади. ООО «ПермНИПИнефть». Пермь, 2011. 175 с.

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БОВАНЕНКОВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

В статье рассмотрены геологические условия, особенности тектонического строения и структурный план территории Бованенковского месторождения на территории Нурминского района Ямало-Ненецкого автономного округа с помощью аэрокосмических методов. Выявлено 71 линейных элементов, 20 кольцевых и дуговых структур. Установлены 4 перспективные зоны для поиска и разведки нефти и газа.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линейные элементы, кольцевые структуры, поиск и разведка нефти и газа, полуостров Ямал, Бованенковское месторождение.

N.A. Batueva, A.I. Kovalnogikh

Perm State University, Perm, Russia

AEROSPACE ANALYSIS OF THE BOVANENKOVSKY OIL AND GAS CONDENSATE FIELD ON THE TERRITORY OF THE YAMAL PENINSULA

The article discusses the geological conditions, features of the tectonic structure and the structural plan of the territory of the Bovanenkovskoye field in the Nurminsky region of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug using aerospace methods. 71 lineaments, 20 ring and arc structures were revealed. 4 promising zones for prospecting and exploration of oil and gas have been established.

Key words: aerospace methods, interpretation, lineaments, ring structures, prospecting and exploration of oil and gas, Yamal Peninsula, Bovanenkovskoye field.

Введение

Аэрокосмические методы в геологии входят в комплекс дистанционных (неконтактных) методов изучения Земли. К ним относятся методы изучения земной поверхности (суши и океана), выполняемые с авиационных (воздушных) и космических (орбитальных) носителей путем визуальных наблюдений, специальных видов аэро- и космической съемки, наземной съемки, а также методов геологического дешифрирования аэрокосмических и наземных снимков [8].

Цель работы: проведение регионального аэрокосмогеологического анализа территории Бованенковского месторождения в Нурминском районе Ямало-Ненецкого автономного округа.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- сбор геологических материалов по месторождению;
- проведение геологического анализа территории;
- компьютерное геологическое дешифрирование, выделение основных линеаментов, кольцевых и дуговых структур;
- комплексный анализ и обобщение результатов исследования.

Природные и геологические условия

Бованенковское нефтегазоконденсатное месторождение находится на полуострове Ямал в России, расположено в 40 километрах от побережья Карского моря в нижнем течении рек Сё-Яха, Мордыяха и Надуй-Яха (рис.1) и приурочено к Бованенковскому локальному поднятию, расположенному в центральной части одноименной структуры второго порядка – Бованенковского вала.



Рис.1.Обзорная схема и космоснимок района исследований

По кровле апта Бованенковский вал представляет собой вытянутую в северо-западном направлении брахиантиклинальную складку, которая по оконтуривающей изогипсе -1600 м имеет размеры 80x30 км и амплитуду порядка 200 м. По кровле верхнеюрского отражающего горизонта на изогипсе - 3100 м размеры его составляют 70x26 км, амплитуда более 250 м.

Бованенковское месторождение входит в состав крупнейшего в арктических районах Западной Сибири узла газонакопления в составе Бованенковского и двух супергигантских месторождений – Харасавэйского и Крузенштернского, расположенных соответственно в 75 и 35 км к северо-

западу и западу от центра Бованенковского месторождения на побережье Карского моря. По запасам газа оно занимает четвертое место в мире – после месторождений Уренгойского, Ямбургского и Норт-Фиелд.

Структура почвенного покрова территории исследования отличается низким разнообразием почв, наличием сочетаний и комплексов и проявлением процесса оглеения. В зоне тундры почвенный покров в большинстве случаев формируется на низменных, плоских, сильно заболоченных (до 80% и более) морских и ледниково-морских равнинах, сложенных песками и суглинками, часто засоленными, в условиях слабо оттаивающей в летнее время мерзлоты. Самыми распространенными типами почв являются: арктотундровые, тундрово-глеевые, тундровые элювиально-глеевые (тундровые дифференцированные), тундрово-болотные, болотные мерзлотные, аллювиально-маршевые и аллювиальные болотные почвы [9].

Территория месторождения расположена в зоне с суровыми климатическими условиями, которые характеризуются холодной продолжительной (около девяти месяцев) зимой с сильными ветрами, частыми метелями и прохладным коротким (около двух месяцев) летом с морозящими осадками. Наиболее теплыми месяцами считаются июль и август со значениями средних многолетних температур воздуха от +5,5С до +6,9С. Среднемноголетние амплитуды температур воздуха составляют порядка 30С. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет -52С, абсолютный максимум +30С.

Территория месторождения – это плоская аккумулятивно-эрозионная равнина, которая расчленена речной и овражной сетью, сильно заозерена и заболочена. Абсолютные отметки поверхности - от 0,5-3 м на низких поймах до 41-45 м на местных водоразделах. Равнина имеет двухступенчатое строение: верхняя ступень представлена останцами III морской верхнеплейстоценовой террасы и надпойменных верхнеплейстоцен-голоценовых террас, а нижняя ступень - плоскими поверхностями пойм рек Надуйяхи, Сеяхи, Мордыяхи.

Суровые природно-климатические условия делают район работ труднодоступным для освоения. Населённые пункты на площади месторождения отсутствуют, в 30 км к западу находится фактория Морды -Яха. Основной транспорт в районе - авиация, зимой возможна доставка грузов по зимникам. В летнее время грузы могут доставляться северным морским путём на базу Харасавэй или речными судами из Салехарда до Нового Порты. Аэропорт в районе пос. Харасавэй связан регулярными рейсами с Салехардом и Воркутой. Ближайшая железнодорожная станция – Лабытнанги [10].

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) [1-7].

Аэрокосмогеологические исследования проведены в следующей последовательности:

- анализ района исследования (тополист R-42, масштаб 1:1 000 000).
- подбор цифровых космоснимков изучаемой территории с помощью программы Google Earth 2019г. в растровом виде (рис. 2).



Рис.2. Космоснимок Нурминского района Ямало-Ненецкого АО (Масштаб 1:50000)

- пространственная координатная привязка космического снимка к топографической основе масштаба 1:2500000 (ВСЕГЕИ, <https://vsegei.ru/ru/info/topo>) и 1:1 000 000 в программе ArcMap.

- проведение компьютерного дешифрирования с помощью программы Arc View GIS, выделение основных линеаментов и кольцевых структур (рис.3).

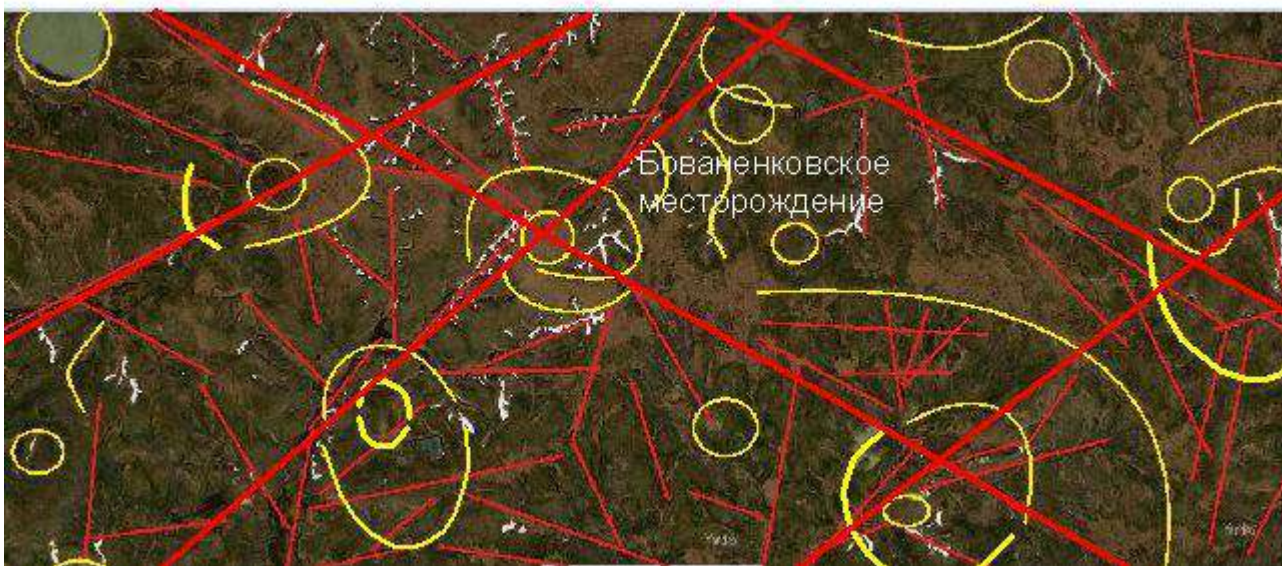


Рис.3. Космоснимок с выделенными тектоническими линеаментами (красный цвет) и кольцевыми структурами (желтый цвет). Масштаб 1:50000

В качестве основного вида дешифрирования Бованенковского месторождения было выбрано структурное дешифрирование, при проведении которого на снимках выделялись линейные, кольцевые и дугообразные образования, отождествляемые с тектоническими нарушениями осадочного чехла, соответствующие разным стадиям аэрокосмогеологических исследований (обзорная, региональная, зонально-региональная, детальная).

В результате проведенных исследований на основе дешифрирования современных космических снимков были выделены 90 линеаментов и 25 кольцевых и дуговых структур, которые разделены на ранги (таблицы 1, 2).

Таблица 1

Результаты дешифрирования линеаментов

Ранги линеаментов	Протяженность прямолинейных линеаментов, км	Количество линеаментов
Короткие (I порядка)	1,5-5	67
Локальные	5-15	9
Зональные	15-50	4

Таблица 2

Результаты дешифрирования кольцевых структур

Размеры кольцевых структур, км	Количество кольцевых и дуговых структур
1x2 – 5x8	9
5x8 – 10x15	15
15x20 – 18x27	1

На данной территории наибольшее распространение имеют короткие линеаменты – 67 шт. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границ ландшафтных структур. Кольцевые структуры также указывают на наличие зоны высокой проницаемости. Они чаще всего отражают поднриятия или опускания элементов земной коры. Месторождения нефти и газа приурочены к антиклинальным структурам. Бованенковское месторождение четко контролируется телескопической кольцевой структурой, в ее контуре наблюдается пересечение двух зональных линеаментов диагональной ориентировки. В рассматриваемом районе выделяется 4 аналогичных участков, которые можно рассматривать перспективными участками на поиски нефти и газа.

Заключение

В результате дешифрирования космоснимков Нурминского района Ямало-Ненецкого автономного округа с Бованенковским месторождением выделены прямолинейные структуры следующих рангов: короткие – 67, локальные – 9, зональных – 4; кольцевые и дуговые структуры – 25. Были выделены 4 наиболее перспективные зоны для поиска и разведки нефти и газа. Результаты, свидетельствуют о наличии хороших перспектив поиска и разведки нефти и газа с помощью аэрокосмических методов. Полученные данные

требуют уточнения детальными АКГИ и подтверждения дополнительными исследованиями с привлечением геофизических и геохимических методов.

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 нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

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. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.*

5. Копылов И.С. *Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 25-37.*

6. 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.*

7. 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.

8. Корчуганова Н.И. *Аэрокосмические методы в геологии. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244 с.*

9. Соромотина О.В. *Климат и климатические ресурсы ЯНАО стр.44-52// География ЯНАО. Тюмень, Изд-во ТюмГУ, 2001.*

10. Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г. *Полуостров Ямал (инженерно-геологический очерк). Изд-во МГУ, 1975. 273 с.*

АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЙОНА ФЕДОРОВСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Проведен региональный аэрокосмогеологический анализ территории листа P-43-XXI, на котором располагается нефтегазоконденсатное месторождение Федоровское. Изучены природные и геологические условия района. Проведено дешифрирование космических снимков и линеаментно-геодинамический анализ. Выявлено 45 линеаментов и 38 кольцевых и дугообразных структур, описана методика проведения работ. Выделены участки с повышенной геодинамической активностью

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаментный анализ, кольцевые структуры, нефть, газ, Западная Сибирь.

A.A. Gramatik, P. E Shakhova

Perm State University, Perm, Russia

AEROSPACE AND GEOLOGICAL ANALYSIS OF THE AREA OF FEDOROVSKY OIL AND GAS DEPOSIT

A regional aerospace geological analysis of the territory of sheet P-43-XXI was carried out, on which the Fedorovskoye oil and gas condensate field is located. The natural and geological conditions of the area were studied. The interpretation of satellite images and the lineament-geodynamic analysis are carried out. 45 lineaments and 38 ring and arcuate structures were revealed, the methodology of the work was described. Areas with increased geodynamic activity are highlighted.

Key words: aerospace geological research, interpretation, lineament analysis, ring structures, oil, gas, Western Siberia.

Введение

Важную роль в изучении тектонической трещиноватости и геодинамической активности – важных факторов формирования нефтегазовых месторождений играют дистанционные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ). Использование АКГИ при поиске и разведке месторождений нефти и газа очень актуально.

Региональные линеаменты отражают глубинные тектонические разломные структуры, по которым идет подток углеводородов в ловушки [3, 12]. Нефтегазоносные территории представляют собой осадочные бассейны со слабодислоцированным чехлом большой мощности. Ловушки углеводородов, как правило, отражаются на поверхности через элементы и компоненты ландшафта – ландшафтными аномалиями [4, 5, 10].

Целью работы является проведение аэрокосмогеологических исследований на территории одного из крупнейших в Западной Сибири Федоровского нефтегазового месторождения (лист Р-43-XX, Сургутский район).

Физико-географические условия

Исследуемый район расположен в центральной части Западно-Сибирской равнины. Он занимает пониженные пространства широтного отрезка долины р. Обь и примыкающие к ним участки Среднеобской низменности. В административном отношении анализируемый участок находится на территории Ульт-Ягунской сельской администрации Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в 50 км к северу от г. Сургут (рис. 1).

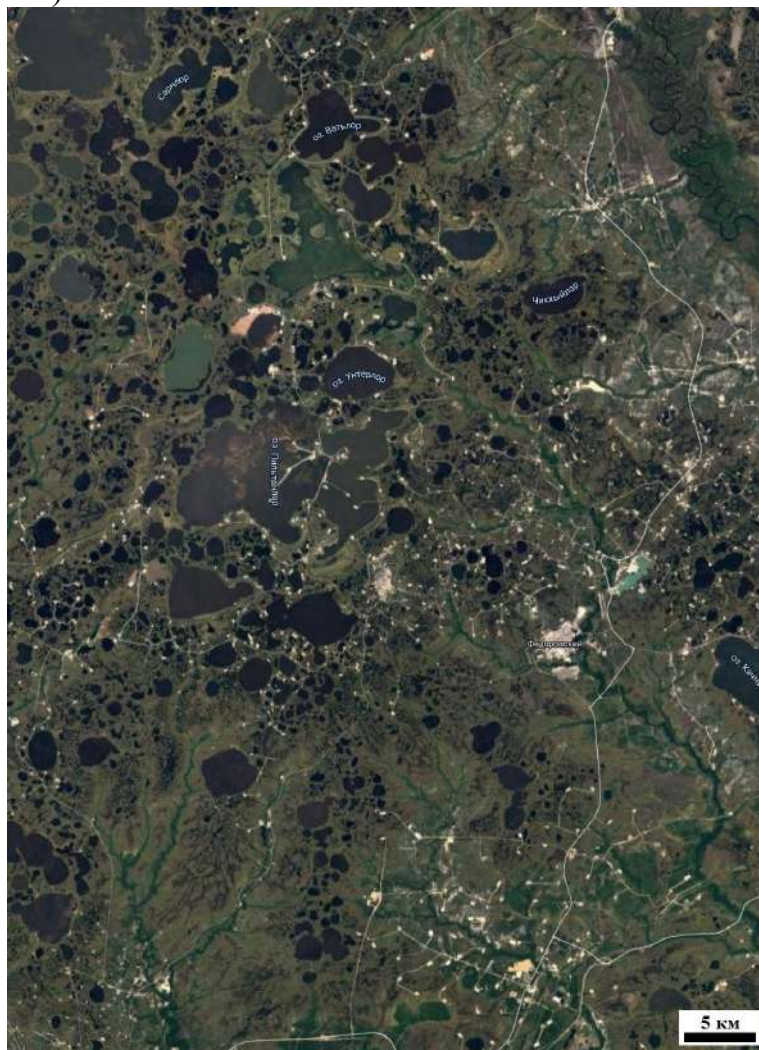


Рис. 1. Обзорная схема Федоровского месторождения на космоснимке

Рельеф местности плоскоравнинный, основные элементы рельефа - широкие междуречья и речные долины. Уклоны поверхности незначительны, сток выпадающих атмосферных осадков затруднен, поэтому междуречья сильно заболочены. Характерны многочисленные озера. Климат суровый, континентальный. Зима характеризуется устойчивыми низкими температурами.

Средняя температура января $-20-22^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум -55°C . Весна, как правило, короткая и сухая. Первая половина лета относительно сухая, вторая (июль, август) избыточно-влажная. Средняя температура июля составляет $+16,5-17,5^{\circ}\text{C}$. Осень короткая и холодная. Первые заморозки наступают в конце августа - начале сентября. В течение года выпадает около 500 мм осадков, основное количество их приходится на тёплое время года.

Геологическое строение

Территория исследований в тектоническом отношении находится в пределах Сургутского свода, который является наиболее крупной положительной структурой первого порядка, по кровле фундамента простирается меридионально. Ширина на юге 30 км, на севере 180 км, длина 360 км. В состав свода в пределах листа Р-43-XX входят структуры второго порядка: Тончинский прогиб, Савуйская седловина, Федоровская вершина, Восточно-Сургутская терраса, Комарьинская седловина, Вершинная ложбина.

Мощность осадочного чехла на Сургутском своде изменяется от 2,8 до 3,5 км. В раннесреднеюрскую эпоху Сургутский свод представлял собой область возвышенной денудационно-аккумулятивной равнины с довольно расчлененным рельефом, где наряду с зонами аккумуляции существовали многочисленные участки с преобладанием процессов денудации [1].



Рис. 2. Тектоническое строение изучаемой территории [1]

В геологическом строении площади Федоровского месторождения принимают участие отложения доюрского комплекса (палеозойский фундамент, промежуточные отложения пермо-триасового комплекса) и отложения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла.

Доюрский комплекс. По керну доюрская толща представлена базальтами темно-серого и темно-бурого цвета, порфиритами базальтового состава и их туфами.

Мезозойско-кайнозойский осадочный чехол представлен песчано-глинистыми породами. Это песчаники, служащие породами-коллекторами,

алевролиты, аргиллиты, глины. Современные осадки же представлены пойменным аллювием и покровными отложениями [1].

Тип данного разреза терригенный, переслаивание флюидоупоров и коллекторов благоприятно для образования залежей углеводородов.

Методика выполнения работ

Основным методом является линеаментно-геодинамический анализ, который заключается в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования аэро- и космических снимков (КС). Суть дешифрирования заключается в выделении как линеаментов, так и крупных кольцевых и дугообразных структур так, как ловушка представляет собой антиклиналь, то на поверхности отражается как кольцо. Дешифрирование и его анализ проводится по следующей методике: выделение линейных объектов, кольцевых и дугообразных структур; компьютерная обработка данных; установление закономерностей в распределении структур [4-11].

При структурном дешифрировании на снимках выделяются линейные образования, кольцевые и дуговые структуры. Индикаторами линеаментов служат линейно вытянутые водоразделы, спрямленные участки русел рек, границы ландшафтных структур.

Изменения в характере распределения линеаментов, мезо- и микроформ рельефа, структуры и состава поверхностных отложений и растительности над нефтяными залежами происходят под влиянием неотектонических движений блоков, уплотнения, проседания, трещинообразования пород, перекрывающих нефтегазовые резервуары, а также под воздействием мигрирующих от залежей флюидов [4].

Технология компьютерного дешифрирования КС и обработки данных реализована с помощью программы ARCGIS и его модулей.

В ходе выполнения работы были подобраны космоснимки района Федоровского месторождения, по которым проведено среднемасштабное дешифрирование (1:100 000-1:200 000):

- выделены линеаменты разной протяженности и дугообразные и кольцевые структуры разных порядков;
- определена протяженность линеаментов и размер кольцевых и дугообразных структур;
- построено поле плотности линеаментов, кольцевых и дугообразных структур с помощью модуля SpatialAnalyst программы ArcMap;
- программе ArcGIS заполнена таблица атрибутов (размеры кольцевых структур и протяженность линеаментов), проведена их дифференциация на разные ранги [2];
- на конечном этапе по полученным картам и данным выделены геодинамические активные зоны.

Результаты дешифрирования

В результате проведенных исследований на основе дешифрирования цифровых космических снимков было выделено 45 прямолинейных линеаментов протяженностью 5-50 км и 15 кольцевых структур с размерами от

5 до 25 км. Наибольшее распространение имеют локальные линеаменты и кольцевые структуры (5-10 км). Также на рассматриваемом участке довольно четко выделяются дуговые структуры (рис. 3).



Рис. 3. Схема дешифрирования листа Р-43-XX

Можно предположить, на космоснимках отражены структуры, образованные посредством нарушений фундамента и осадочного чехла, которые находят отражения в ландшафтных аномалиях (линеаменты локальных и зональных рангов). Также прослеживаются геологические тела, связанные с поднятиями осадочного чехла и контролирующими местоскопления нефти и газа (крупные – кольцевые структуры зонального, средние – локального и мелкие – короткого ранга).

В результате проведения дешифрирования была построена карта плотностей линеаментов, кольцевых и дугообразных структур (рис. 4), на которой выделяются зоны и участки повышенной трещиноватости. Они

соответствуют геодинамически активным зонам, распространенным на севере, северо-западе и центральной частях листа Р-43-XX.

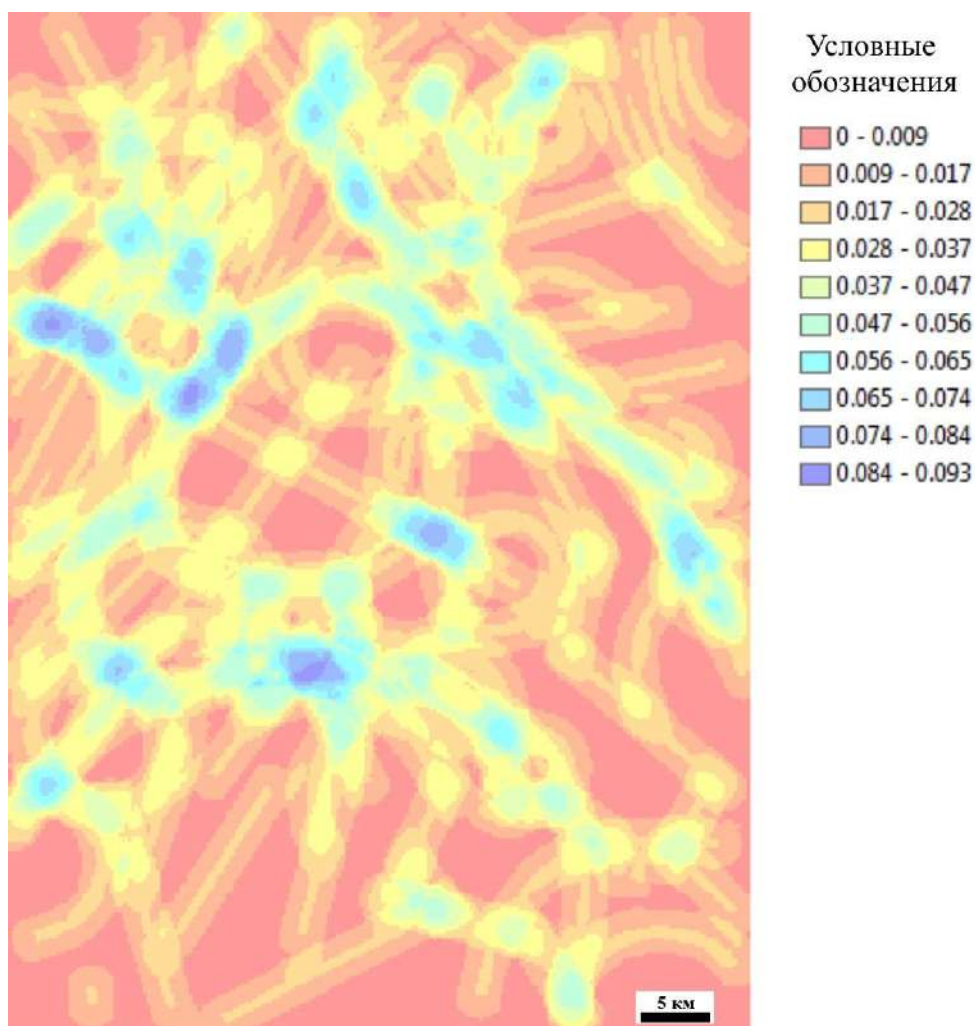


Рис. 4. Карта плотностей линеаментов и тектонической трещиноватости

Заключение

В результате аэрокосмогеологического анализа космоснимков территории были сделаны выделены тектонические линеаменты, вероятно связанные с глубинными разломами, и кольцевые структуры с дуговыми элементами эндогенного происхождения. На карте плотностей линеаментов, кольцевых и дугообразных структур выделяются участки повышенной трещиноватости, соответствующие геодинамически активным зонам. Установлена связь между геологическими, тектоническими объектами, выделенными при дешифрировании АКГИ.

Геодинамическая обстановка, терригенный состав пород, служащих коллекторами и флюидоупорами и слагающих осадочный чехол, а также расположение на положительных тектонических структурах делают исследуемую территорию благоприятной для разработки нефтяных месторождений, таких как уже существующее на данном участке Федоровское.

Библиографический список

1. Астапов А.П., Брадучан Ю.В., Боровский В.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Р-43. Сургут. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. 342 с.
2. Капустин В.Г. ГИС технологии в географии и экологии: ArcViewGIS в учебной и научной работе. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2006. 230 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. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
6. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.
7. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
8. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 25-37.
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., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.

И.Ф. Закиров¹, И.И. Хасанов², И.И. Камалетдинов³

¹ - ООО ННК-Геофизика, г.Азнакаево, Республика Татарстан

² - ОАО РЖД, Республика Татарстан

³ - АО ПГО «Тюменьпромгеофизика», г.Мегион, ХМАО

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО ПРИКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Проведен аэрокосмический анализ территории Западного Прикамья Республики Татарстан. Рассмотрены структурно-тектонические условия месторождений нефти и газа. Выполнено структурное дешифрирование нефтегазовых районов. Показана эффективность данного метода.

Ключевые слова: аэрокосмические методы, дешифрирование, линеаменты, кольцевые структуры, Республика Татарстан.

¹ I.F. Zakirov, ² I.I. Khasanov, ³ I.I. Kamaletdinov

¹ - LLC NNK-Geofizika, Aznakaevo, Republic of Tatarstan

² - JSC Russian Railways, Republic of Tatarstan

³ - JSC "Tyumenpromgeofizika", Megion, KhMAO

AEROSPACE ANALYSIS OF THE TERRITORY OF THE WEST KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

An aerospace analysis of the territory of the Western Kama region of the Republic of Tatarstan was carried out. The structural and tectonic conditions of oil and gas fields are considered. Structural interpretation of oil and gas regions has been completed. The effectiveness of this method is shown.

Key words: aerospace methods, interpretation, lineaments, ring structures, Republic of Tatarstan.

Введение

Аэрокосмические методы обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов и явлений и получение их качественных и количественных геологических характеристик [14].

Основной целью данной работы является дешифрирование территории Западного Прикамья Республики Татарстан и поиски нефтеперспективных структур. Необходимо решить основные задачи: проанализировать природные и геологические условия территории; произвести анализ выявленных и разведанных нефтегазовых месторождений, произвести дешифрирование и выделить основные объекты – линеаменты и кольцевые структуры, произвести комплексный анализ, выделить перспективные на наличие месторождений углеводородов геологические структуры.

Природно-геологические условия

В административном отношении площадь исследования расположена на территории Мамадышского, Кукморского и Сабинского районов Республики Татарстан (рис. 1).

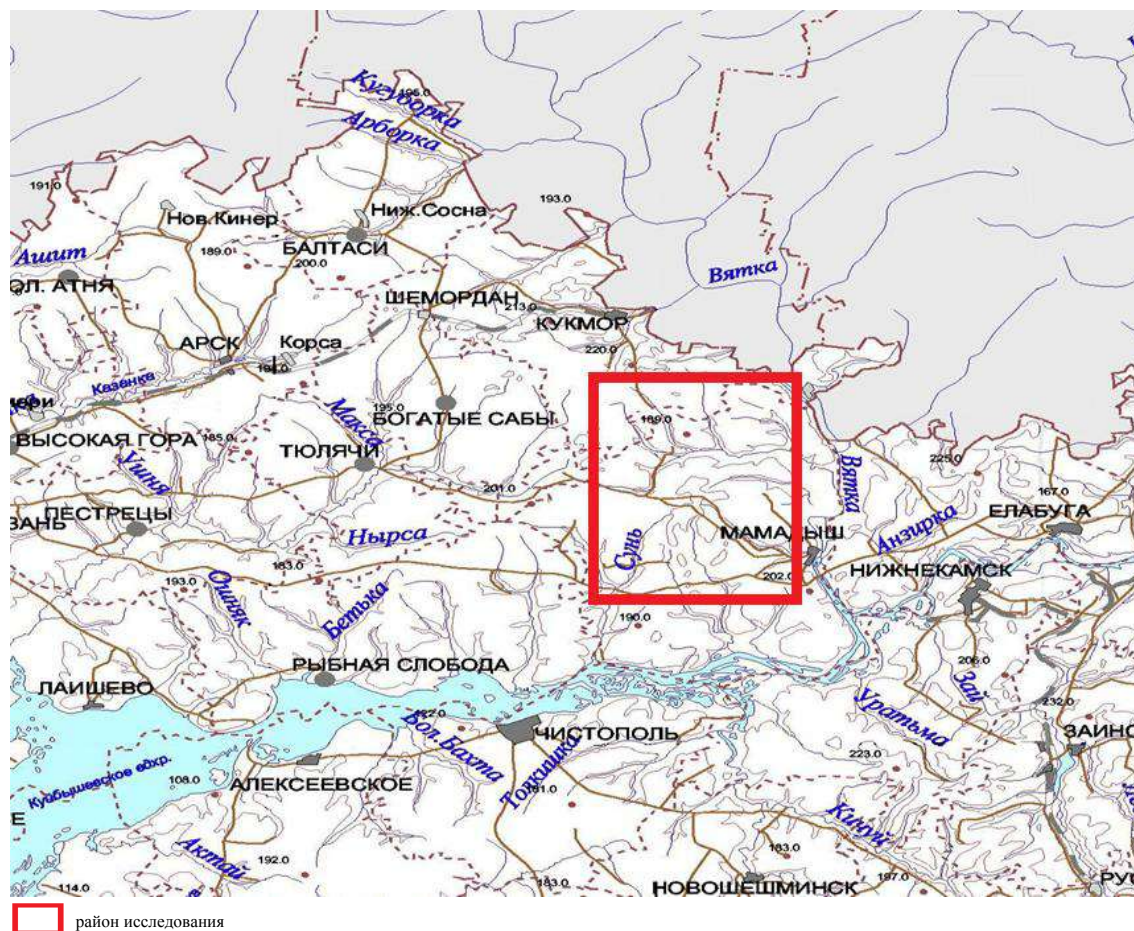


Рис. 1. Обзорная карта территории

Рельеф поверхности характеризуется полого-всхолмленной равниной с абсолютными высотами от + 70 - +90 м в долинах рек и до + 200 - +215 м - на водоразделах. Местность представляет собой денудационную поверхность с густой сетью эрозионных врезов в виде овражно-балочных образований.

Климат умеренно-континентальный, отличается тёплым летом и умеренно-холодной зимой. Самый тёплый месяц года - июль (+18...+20 °С), самый холодный - январь (-13...-14 °С). Максимальные температуры достигают +37...+42 °С. Среднее количество осадков от 460 до 520 мм. Вегетационный период составляет около 170 суток. Средняя годовая температура составляет примерно 2-3,1 °С.

Территория расположена на обширном водораздельном пространстве рек Камы и Вятка. Гидрографическая сеть площади представлена реками: Меша, Ошторма, Бурей, Шия с их многочисленными притоками.

Лесные массивы занимают преимущественно юго-западную часть исследуемой площади. Основная часть территории занята сельскохозяйственными угодьями. Почвы отличаются большим разнообразием

- от серых лесных и подзолистых на севере и западе до различных видов чернозёмов на юге. На территории встречаются особенно плодородные мощные чернозёмы, а преобладают серые лесные и выщелоченные чернозёмные почвы.

В пределах площади находятся многочисленные населенные пункты. С запада на восток территорию пересекает железнодорожная линия Казань-Екатеринбург. В целом вся территория покрыта сетью асфальтированных и грунтовых дорог местного назначения. Территория характеризуется изрезанностью рельефа, оврагами, балками, реками, наличием сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов, ЛЭП, железной дороги.

В тектоническом отношении территория участка приурочена к центральной части и юго-восточному склону Северо-Татарского свода. Основная роль в формировании современного структурного плана осадочного чехла принадлежит кристаллическому фундаменту. Рельеф фундамента на территории участка является тектонически чрезвычайно раздробленным. Основные черты строения определяются серией ассиметричных гряд северо-восточного простирания, ограниченных разломами [2]. Глубина залегания кристаллического фундамента достигает абсолютных отметок минус 1485 - 1537 м.

В пределах контура участка выделяются Кукморский и Привятский блоки. Привятский блок занимает южную часть участка и представляет собой обширный выступ фундамента. Восточной границей его является Мамадышский прогиб, западной - Кутлубукашский прогиб субмеридионального простирания. Последнему соответствует меридиональная полоса развития относительно увеличенной толщины терригенных девонских отложений. На Кабык-Куперском выступе в пределах рассматриваемого участка выделяется одноименное поднятие северо - восточного простирания с амплитудой 40 м и размерами 4.5 x 19 км. На севере участка выделяется Кукморский блок. В пределах рассматриваемого участка в восточной части блока прослеживается Асанбашское поднятие с абсолютными отметками фундамента минус 1470 -1480 м и амплитудой, не превышающей 20 м (по данным электроразведки). Это поднятие занимает наиболее высокое гипсометричное положение в пределах участка. Северо-западнее Асанбашского поднятия выделяется Кукморское локальное поднятие размерами 9 x 6 км и амплитудой более 20 м. Основные структуры фундамента находят свое отражение и выше по разрезу в каменноугольных отложениях. Хотя структурные элементы вверх по разрезу выглаживаются (амплитуда их, как правило, не превышает 10-20 м), большинство локальных структур довольно отчетливо прослеживаются по структурным планам ниже- и среднекаменноугольных отложений. Тектоническая карта района исследования представлена на рис. 2.

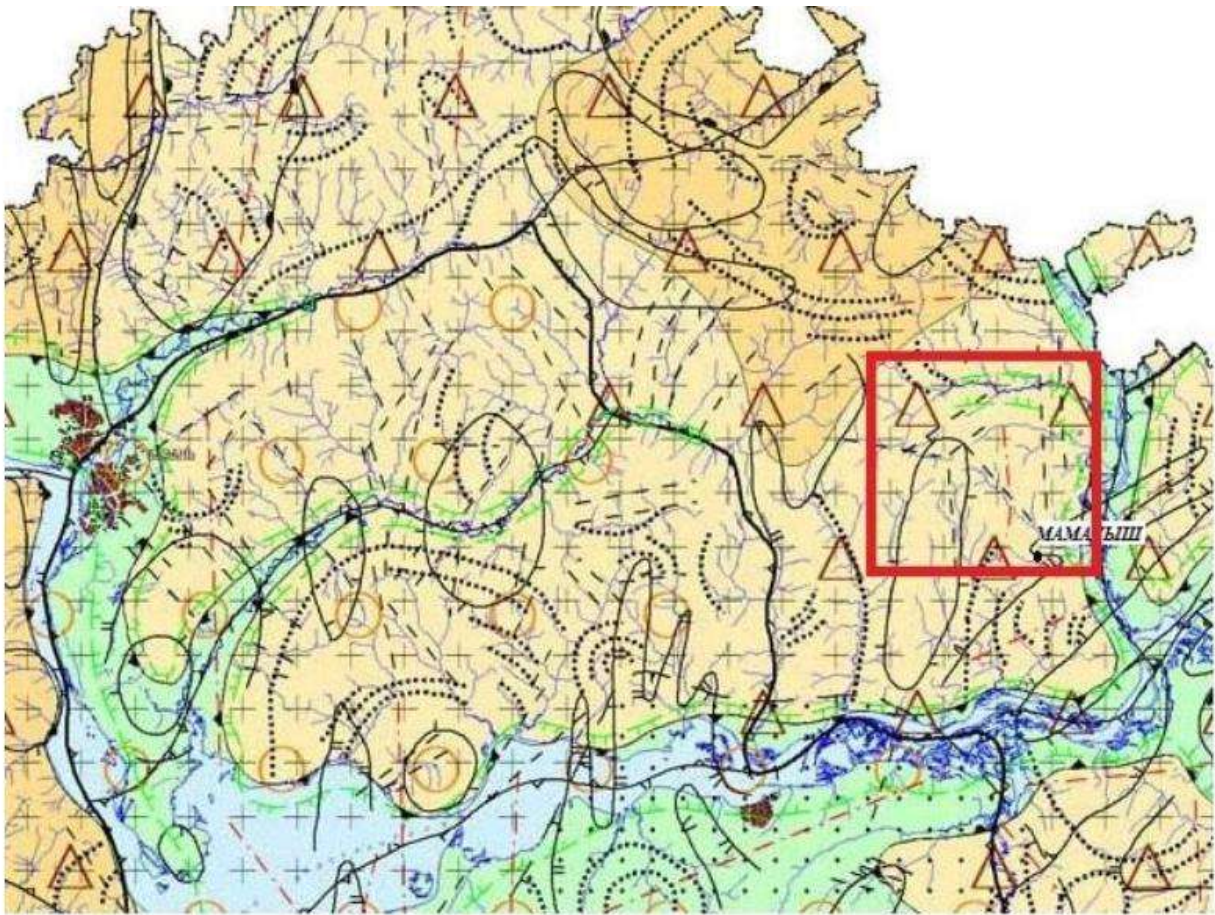


Рис. 2. Тектоническая карта района исследования [2]

Территория исследования относится к Дигитлинской нефтегазоносной зоне и является перспективной на дальнейшие поиски залежей нефти, которые приурочены к терригенным отложениям кыновского горизонта верхнего девона. В пределах участка выявленным является Арташское нефтяное месторождение, расположенное на Кабык-Куперском поднятии.

Залежи нефти в девонском терригенном комплексе в пределах участка приурочены к коллекторам кыновского (пласт До) горизонта. Коллекторами являются песчаники и алевролиты с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами. Покрышкой служит кыновско-саргаевская карбонатно-глинистая

пачка. Пласт До характеризуется крайней литологической невыдержанностью состава вследствие замещения коллекторов на глинистые разности. Карта нефтегазоносности района представлена на рис. 3.



Рис. 3. Карта нефтегазоносности района исследования

Методика и результаты исследований

В целом методология нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований базировалась на разработках [3-12]. Основным методом дешифрирования нефтегазоносных объектов является структурное дешифрирование. Месторождения нефти, как правило, приурочены к антиклинальным структурам. На аэрокосмических снимках такие области хорошо дешифрируются в виде линеаментов и кольцевых структур [1, 4, 5, 13, 14].

Методика исследований включает в себя как количественный анализ, так и качественный. Качественный анализ был проведен на основе дешифрирования космических снимков (КС).

При построении линеаментной сети рассматриваемого участка применялась КС из сервиса Google Карты. Подбирались современные КС (2015-2018 гг., летних периодов). Для повышения точности выделения линеаментов КС подвергались предварительной обработке – корректировались показатели яркости, контраста, гистограммы.

Дешифрирование проводилось в средних масштабах (1:100 000-1:200 000) (рис. 4).

Было выявлено 152 прямолинейных тектонических линеаментов в основном локального (5-15 км) и короткого (3-5 км) ранга.

Выделено 15 кольцевых структур локального ранга, 7 из них совпадают с известными нефтяными месторождениями (рис. 4).

Для количественного анализа было выполнено построение поля плотности линеаментов.

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 месторождениях исследуемой территории. Кроме того эти зоны контролируются кольцевыми структурами.

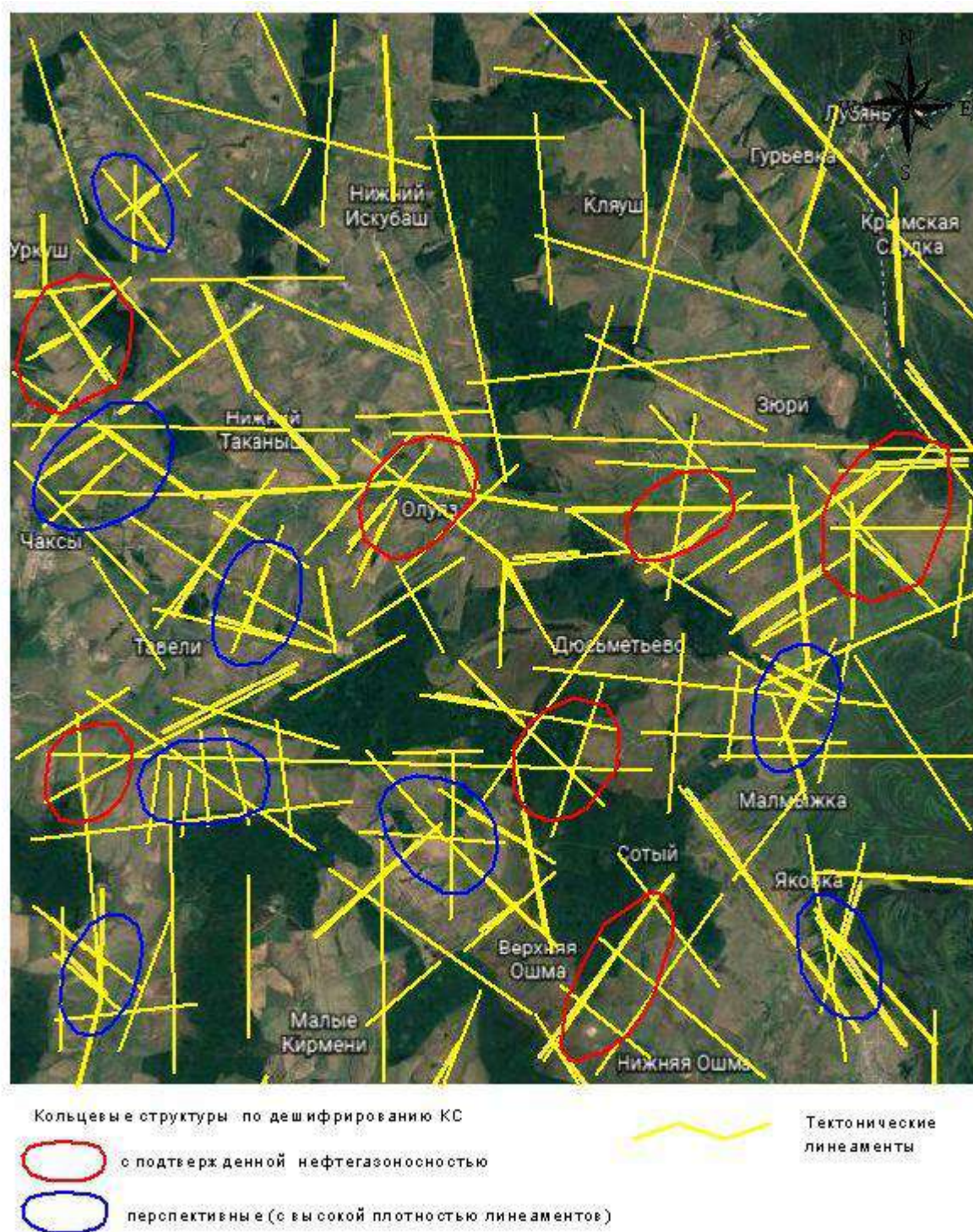


Рис. 4. Карта результатов аэрокосмогеологических исследований (М 1:100 000, уменьшение)

Отдельные типы выделенных зон сами по себе не гарантируют перспективность территории, их следует рассматривать в комплексе друг с другом. Поэтому окончательный результат 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 углеводородов. Установлено, что в зонах, в которых наблюдается наибольшее пересечение линеаментов друг с другом, располагаются ранее выявленные нефтяные залежи. Все известные месторождения нефти попадают в контуры кольцевых структур.

Применяя принцип аналогий можно сделать вывод, что на территориях уплотнения сети линеаментов (повышенной трещиноватости пород) совмещенные с кольцевыми структурами (вероятными погребенными ловушками нефти) будут наиболее благоприятные условия для образования углеводородов. На 8 подобных участках необходимо провести дополнительные геологические исследования для поиска локальных залежей углеводородов.

По итогам проведения анализа данных дистанционного зондирования было отмечено, что аэрокосмические методы зондирования позволяют достаточно уверенно выделять участки, перспективные на поиски залежей углеводородов.

Библиографический список

1. Амурский Г.И., Бондарева М.С., Кац Я.Г. и др. *Изучение тектоники нефтегазоносных областей с использованием космических снимков*. М.: Недра, 1985.
2. Буров Б.В. *Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника*. М.: ГЕОС, 2003.
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. Riga, 2018. 210 с.
6. Копылов И.С. *Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области* // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.
7. 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-та. Пермь, 2019. С. 25-37.
8. 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.
9. Копылов И.С. *Прогнозирование нефтегазоносных объектов комплексом геохимических и аэрокосмогеологических методов* // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 4 (53). С. 16-17.

10. 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.*

11. 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.*

12. 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.*

13. Корчуганова Н.И. *Аэрокосмические методы в геологии. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244 с.*

14. Михайлов А.Е., Рамм Н.С. *Аэрометоды при геологических исследованиях. М.: Недра, 1975.*

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕТАЛЬНЫХ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПЛИТЫ (СЕВЕРО-ЮГИДСКАЯ ПЛОЩАДЬ)

Проведены детальные аэрокосмогеологические исследования в общем комплексе геолого-геофизических работ на Северо-Югидской площади в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Построены карты линеаментов, неотектонических блоковых структур и геодинамических активных зон. По дешифрированию космических снимков выделены 786 прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Установлены 12 ландшафтных аномалий, отображающих выявленные и предполагаемые тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа, из них 3 совпадают с выявленными месторождениями нефти и газа, 4 – совпадают со структурами, выявленными геолого-геофизическими методами, 5 – новые объекты (вероятные структурные ловушки УВ).

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

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

RESULTS OF DETAILED AEROSMOGEOLOGICAL STUDIES IN THE EASTERN PART TIMANO-PECHORSKAYA PLATE (NORTH-YUGID SQUARE)

Detailed aerospace studies have been carried out in the general complex of geological and geophysical works in the Severo-Yugidskaya area in the Timan-Pechora oil and gas province. Maps of lineaments, neotectonic block structures and geodynamic active zones were constructed. By interpreting satellite images, 786 rectilinear lineaments of fissure-ruptured structures of the sedimentary cover and basement were identified. 12 landscape anomalies were identified, reflecting identified and supposed tectonogenic uplifts of the brachyanticlinal type, of which 3 coincide with the identified oil and gas fields, 4 - coincide with structures identified by geological and geophysical methods, 5 - new objects (probable structural hydrocarbon traps).

Key words: oil and gas, aerospace research, space images, interpretation, tectonic structures, landscape anomalies, lineaments, geodynamic activity, Timan-Pechora plate.

Введение

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция (НГП) – один из важнейших нефтегазоносных регионов России, в недрах которого содержатся значительные запасы углеводородов (УВ). Тимано-Печорская НГП, включает территорию Коми, Ненецкого АО, части Пермского края и акватории

Печорского моря общей площадью 446 тыс. км² (в том числе акватории 123 тыс. км²), открыто более 200 нефтяных и газовых месторождений, текущие разведанные запасы нефти которых превышают 1,3 млрд т, свободного газа – 643,5 млрд м³ [16].

Одна из перспективных территорий – Северо-Югидская площадь, расположенная в восточной части Тимано-Печорской НГП. Размещение ее показано на картах нефтегазогеологического районирования Тимано-Печорской НГП (рис. 1) и геологической карте масштаба 1:200 000 (рис. 2). На этой площади в отложениях среднего девона в 2005 г. открыто Северо-Югидское нефтегазоконденсатное месторождение (ООО "Севергазпром", ООО "СеверНИПИгаз"). Перспективные ресурсы его оцениваются в 5 млн. тонн нефти и 10 млрд. м³ газа [17].

Да данной площади в общем комплексе нефтегазопоисковых геолого-геофизических работ автором совместно с В.З. Хурсиком были проведены детальные аэрокосмогеологические исследования.

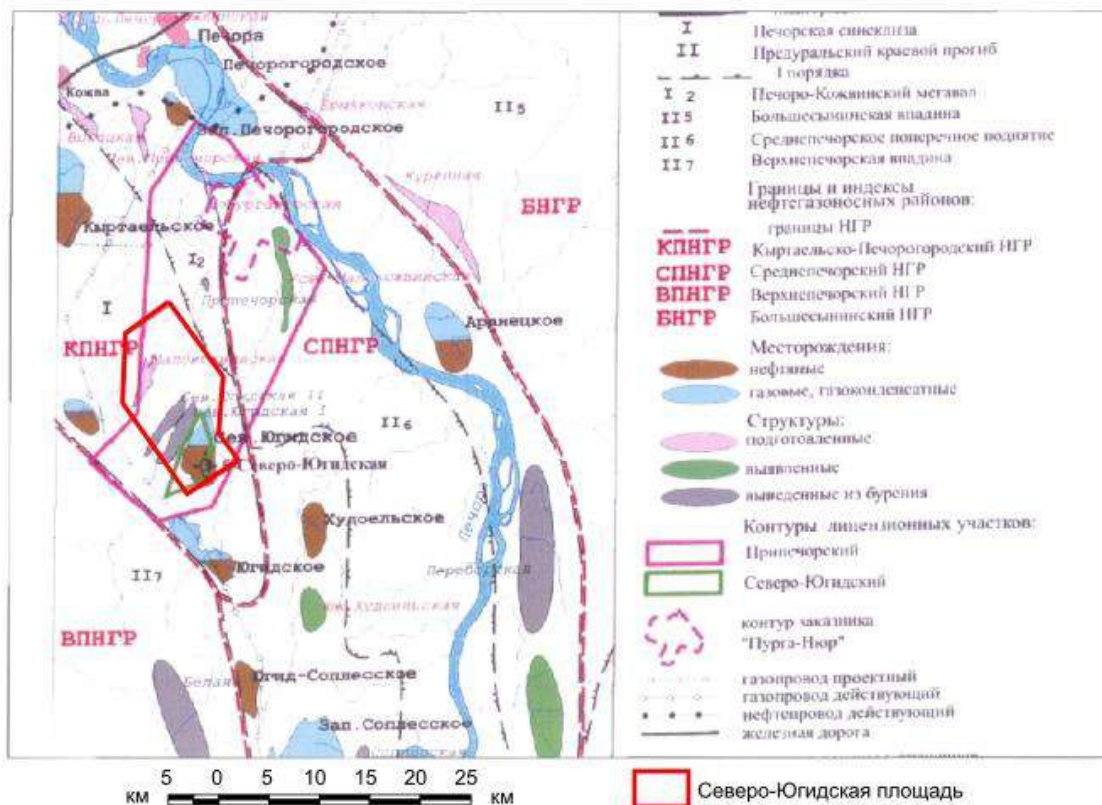


Рис. 1. Обзорная схема - Северо-Югидская площадь на карте нефтегазогеологического районирования Тимано-Печорской НГП (по материалам ООО "СеверНИПИгаз")

Методика и результаты исследований

Целью аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) являлось обеспечение в общем комплексе геолого-геофизических работ аэрокосмогеологическими данными на Северо-Югидской площади Тимано-Печорской НГП.

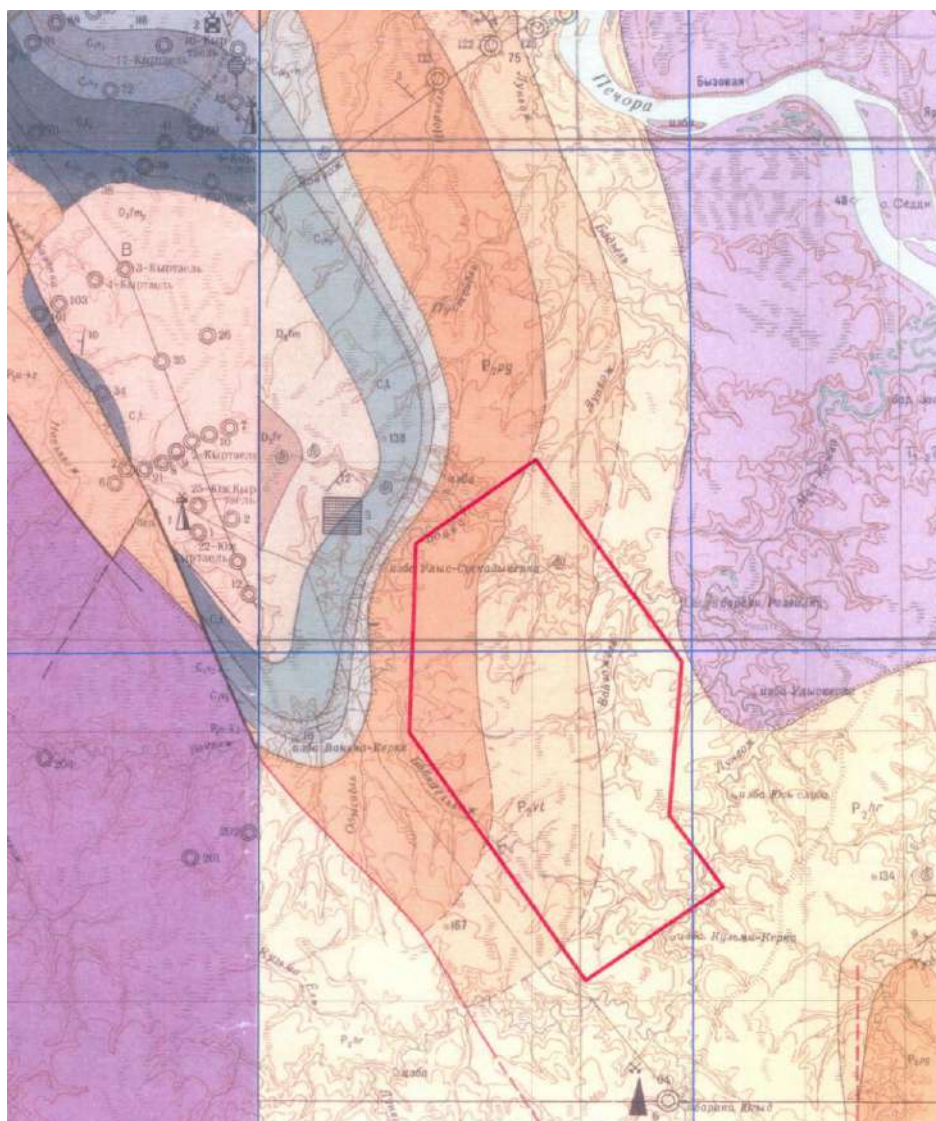


Рис. 2. Северо-Югидская площадь на геологической карте масштаба 1:200 000 (по материалам ООО "СеверНИПИГаз")

Основными задачами были:

- проведение детального дешифрирования космических снимков (КС) для выявления сети прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента на Северо-Югидской площади;
- проведение регионального и зонального дешифрирования КС на территории, охватывающей площадь детальных работ для выявления и ранжирования протяженных линеаментов и изучения параметров регионального линеаментного поля;
- проведение линеаментно-блокового анализа и неотектонического районирования на структурно-блоковой основе для установления связей нефтегазоносных тектонических структур и неотектонических блоковых структур;
- проведение линеаментно-геодинамического анализа по плотности линеаментов для выявления геодинамических активных зон (зон повышенной трещиноватости) и общей оценки степени геодинамической активности.

Для решения задач проведены региональные и детальные АКГИ, произведено компьютерное структурно-геологическое дешифрирование спектрозональных КС (Landsat 7, разрешение 14-30 м) (рис. 3) разных масштабов: обзорное и мелкомасштабное (1:5 000 000-1:500 000) – в пределах Тимано-Печорской плиты; среднемасштабное дешифрирование (1:200 000-1:100 000) – в восточной части Тимано-Печорской плиты и крупномасштабное дешифрирование (1:50 000) – непосредственно на Северо-Югидской площади с небольшим захватом (500 км²).

В результате дешифрирования КС выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений, формирующих сложное линеаментное поле.

Обработка линеаментов заключалась в линеаментно-геодинамическом и линеаментно-блоковом анализах. Применялся один из основных методов обработки – определение плотности линеаментов по суммарной протяженности в единицах площади [9, 15]. Выделение блоковых структур производилось в соответствии с принципами линеаментной тектоники [3], на основе неотектонического районирования [1, 10]. Вся компьютерная обработка была выполнена с помощью программного обеспечения ArcGIS* и модуля Spatial Analyst фирмы ESRI. Общая методика и технологии исследований изложены в работах [2-15].

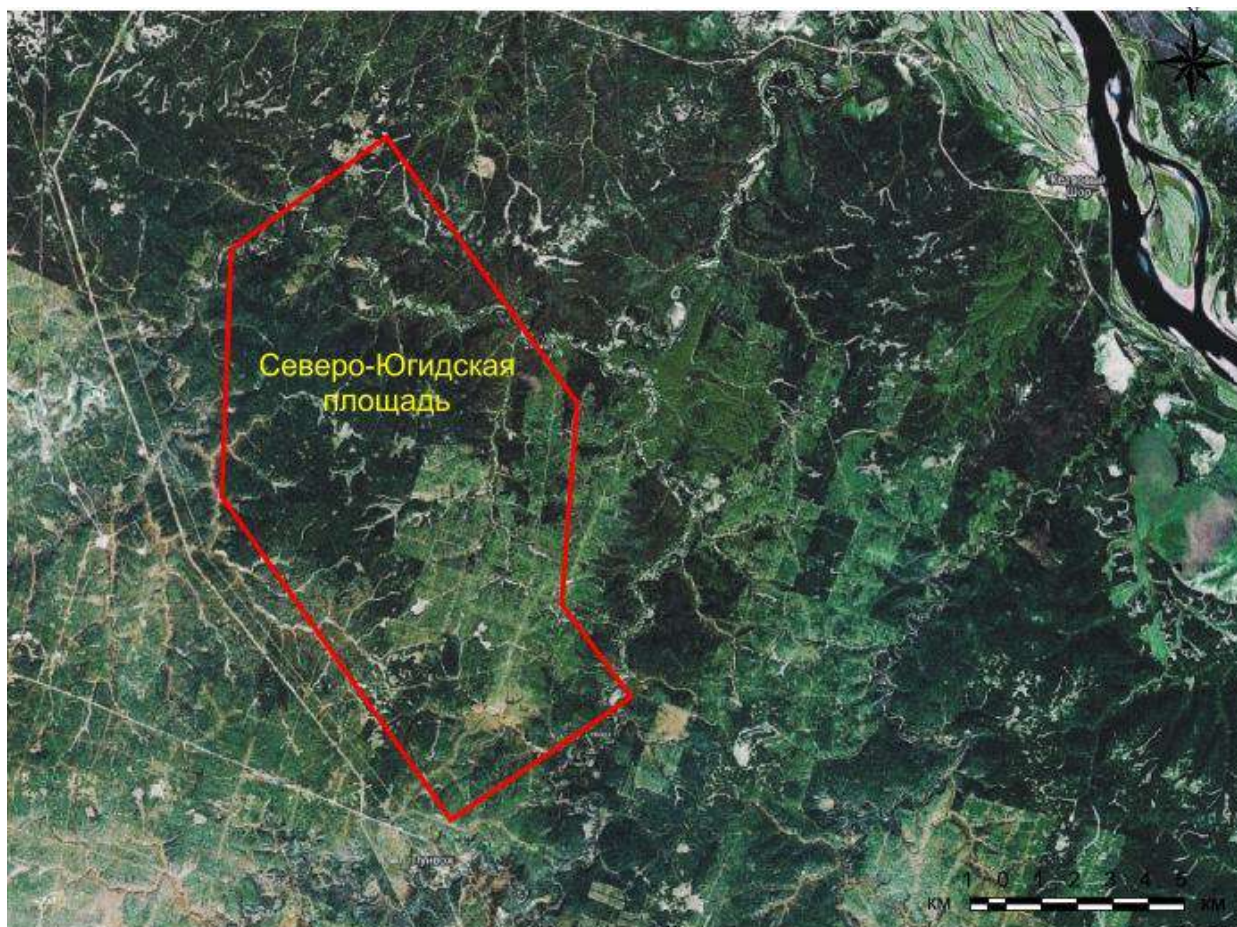


Рис. 3. Космический снимок Северо-Югидской площади

По результатам детальных и зонально-региональных АКГИ на Северо-Югидской площади построены карты линеаментов (результатов АКГИ), неотектонических блоковых структур и геодинамических активных зон масштаба 1:100 000.

Результаты АКГИ дешифрирования космических снимков

На Северо-Югидской площади, выделено всего 786 прямолинейных неотектонических линеаментов. Выделяются линеаменты восьми систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-западных и северо-восточных линеаментов, значительно реже – субширотные и субмеридиональные (рис. 4).

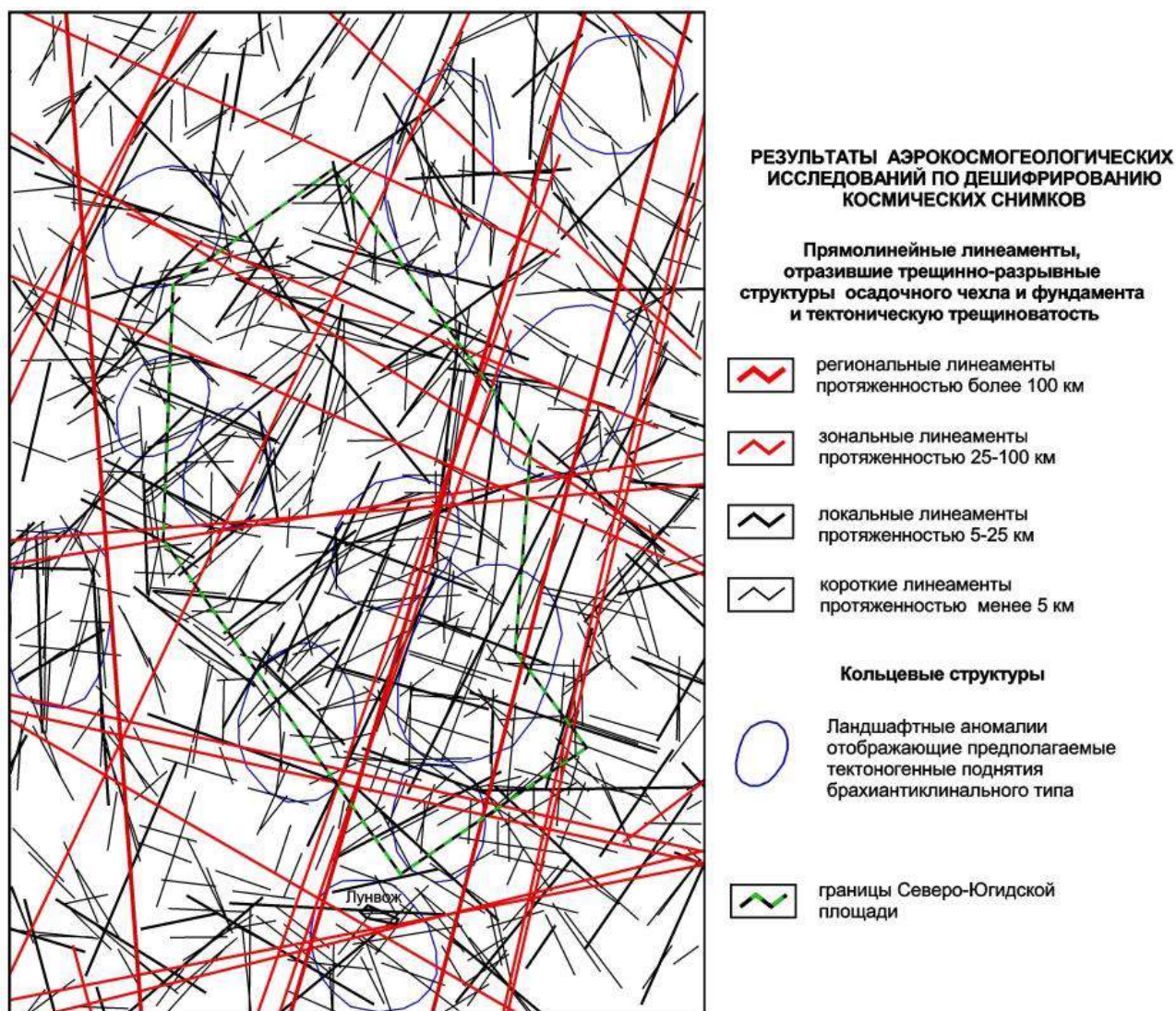


Рис. 4. Линеаменты и кольцевые структуры Северо-Югидской площади

По размеру они подразделены на следующие таксономические ранги:

– региональные линеаменты (протяженностью более 100 км) – 3 линеамента,

– регионально-зональные линеаменты (25-100 км) – 22 линеамента,

– локальные линеаменты (5-25 км) – 115 линеаментов,

– короткие линеаменты (0,5-5 км) – 646 линеаментов.

Самый крупный линеамент (общей протяженностью 560 км прослеживается за пределами площади) проходит через площадь с юга в север-северо-восточном направлении. Он совпадает с границей Предуральского краевого прогиба по схеме неотектоники (Бабак, Николаев, 1983), разделяет территорию на две структурно-блоковые зоны. По всей вероятности он играет определяющую роль в формировании месторождений углеводородов на данной площади и возможно на Тимано-Печорской плите в целом. Он разделяет нефтегазоносные (Северо-Югидское месторождение) и непродуктивные структуры (Северо-Югидская I, Северо-Югидская II). Играет, возможно, экранирующую роль для поступления углеводородов со стороны прогиба или разрушающую роль в зоне своего влияния. Параллельно и восточнее этого линеамента проходит другой региональный линеамент протяженностью 320 км, ограничивающий Северо-Югидское месторождение с востока. Другие линеаменты образуют сложную систему линеаментного поля, отображенного на данной карте.

Выделены также кольцевые структуры по дугообразным линеаментам – ландшафтные аномалии, отображающие выявленные и предполагаемые тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа. На площади и в непосредственной близости установлено – 12 ландшафтных аномалий, из них 3 совпадают с выявленными месторождениями нефти и газа, 4 – совпадают со структурами, выявленными геолого-геофизическими методами.

Линеаментно-блоковый анализ

Согласно неотектоническому районированию (Бабак, Николаев, 1983) [1], территория Северо-Югидской площади расположена в пределах Восточно-Европейской материковой платформы, Тимано-Печорской плиты, в пределах двух геоблоков – Печорского геоблока (Печорской синеклизы) и Предсевероуральской структурной зоны, границей между которыми является региональный линеамент ССВ простирания. В пределах Печорского геоблока выделен Ижма-Печорский мегаблок, Лемьюзский макроблок – А. В пределах Предсевероуральской структурной зоны (геоблок) выделен Предуральский прогиб (мегаблок), Вуктыльская впадина (макроблок) – Б.

Автором [10] проведена детализация структурно-блокового строения Тимано-Печорской плиты с оценкой геодинамической (неотектонической) активности (рис. 5). Лемьюзский макроблок по нашим данным разделен субширотным линеаментом зонального ранга на два мезоблока: северный – Войвожский мезоблок (А-I), включающий пять блоков I порядка и южный – Верхнелунвожский мезоблок (А-II), включающий четыре блока I порядка. Вуктыльский макроблок по нашим данным также разделен субширотным

линеamentом зонального ранга на два мезоблок: северный – Малокожвинский мезоблок (Б-I), включающий три блока I порядка и южный – Нижнелунвожский мезоблок (Б-II), включающий четыре блока I порядка. Блоки I порядка разделяются зональными и локальными линеаментами на 3-6 блоков II порядка.

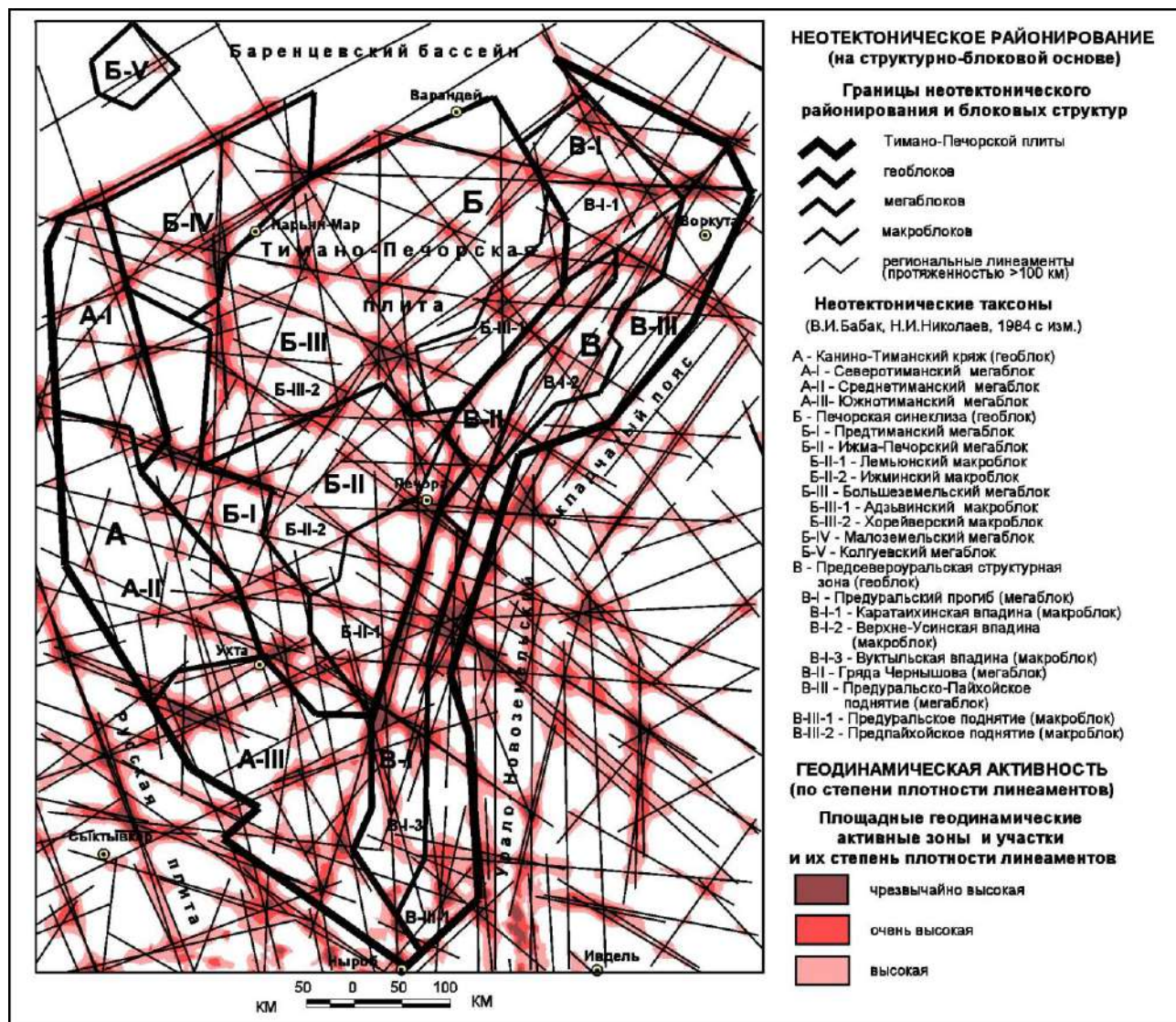


Рис. 5. Структурно-блоковое строение и геодинамическая активность Тимано-Печорской плиты [10]

Установлена и отображена цветом на карте относительная неотектоническая активность блоковых структур по суммарным амплитудам неотектонических движений по 5 уровням: соответствующая очень слабым поднятиям (менее 80 м и 80-120 м), слабым поднятиям (120-150 м и 140-160 м) и умеренным поднятиям (более 160 м) (рис. 6).

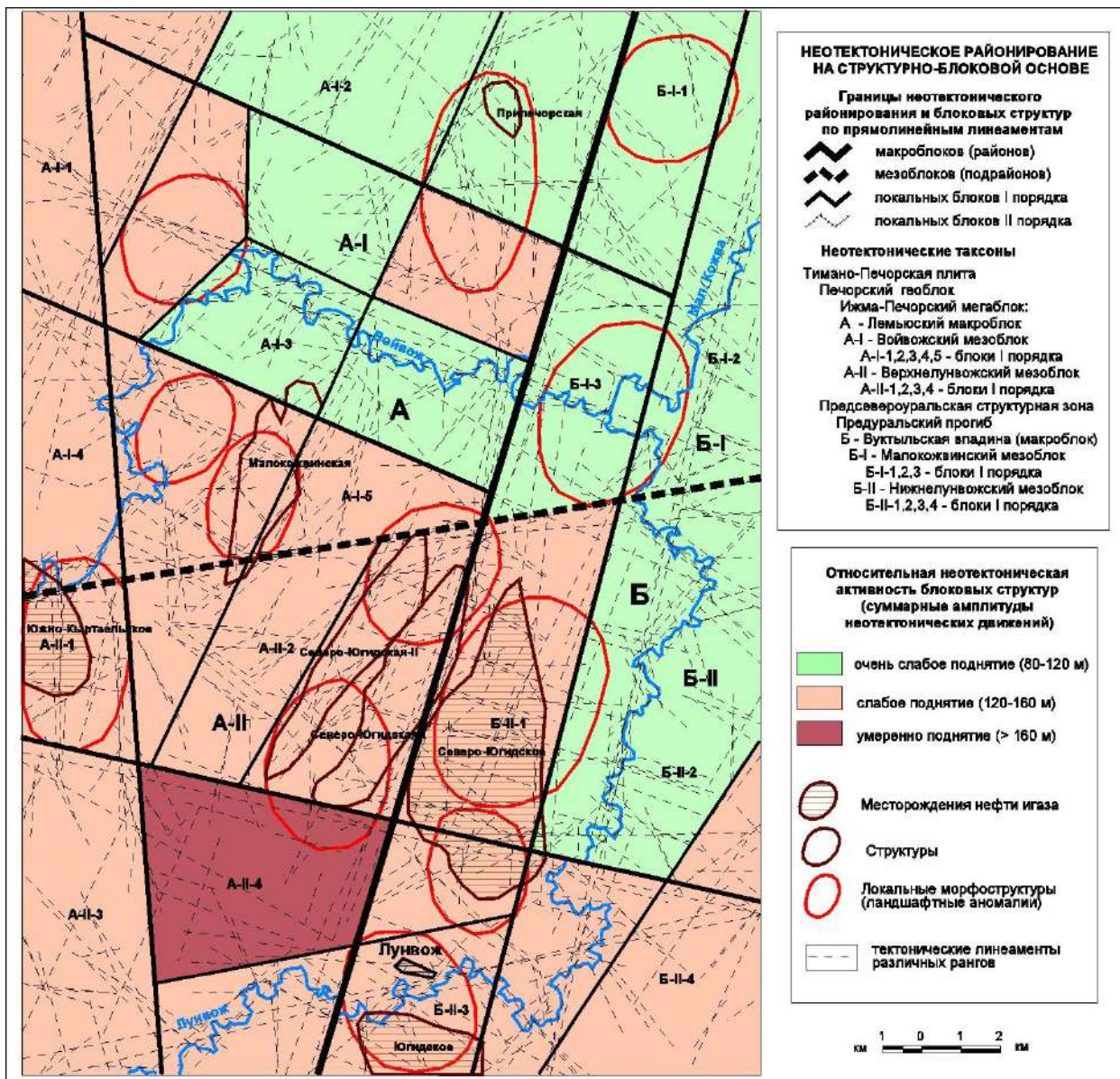


Рис. 6. Неотектонические блоковые структуры Северо-Югидской площади

Линеаментно-геодинамический анализ

Линеаментно-геодинамический анализ проведен по методикам [9, 12].

Наиболее надежным показателем геодинамической активности территорий является плотность линеаментов (особенно в комплексе с показателями расчлененности рельефа). Плотность линеаментов (которая рассчитывалась для всей площади по региональным, зональным, локальным и коротким линеаментам) на рассматриваемой территории колеблется в широких пределах.

В южной и восточной частях Северо-Югидской площади картируются части региональных геодинамических активных зон, которые отражают самую высокую геодинамическую активность в восточной части Тимано-Печорской плиты (рис. 7).

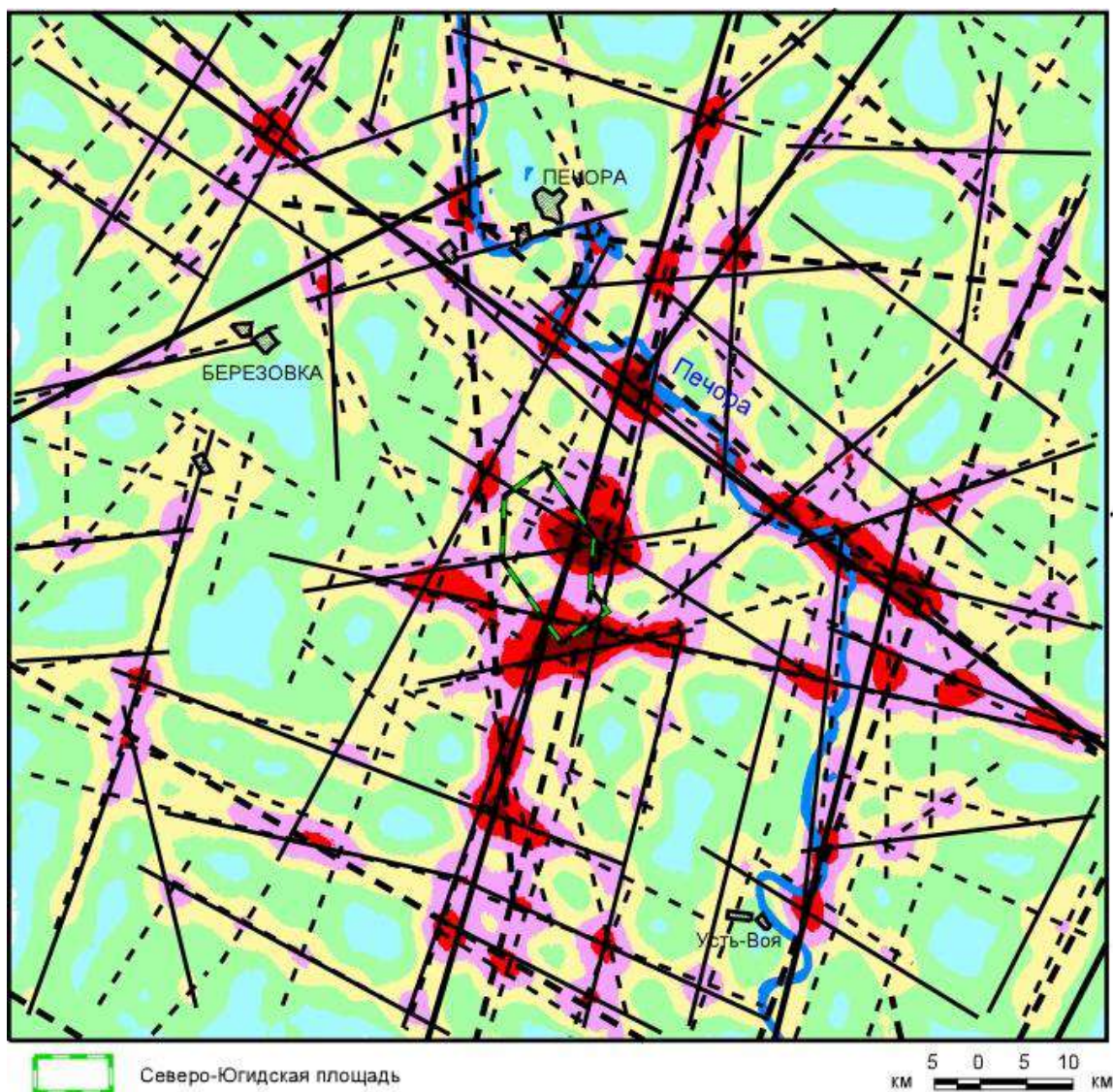


Рис. 7. Геодинамическая активность восточной части Тимано-Печорской плиты

Общий фон Северо-Югидской площади составляют значения со средней (2 балл), повышенной (3 балл) и высокой (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.

На Северо-Югидской площади выделяется более 10 геодинамических активных зон локального уровня (размерами от 2 x 0,8 до 7 x 1 км) с очень высокими и чрезвычайно высокими (5-6 балл) значениями плотности линеаментов. Форма их обычно линейно-вытянутая вдоль линеаментов. Наиболее крупные геодинамические активные зоны выделены на границах и в пределах Северо-Югидского месторождения (рис. 8).

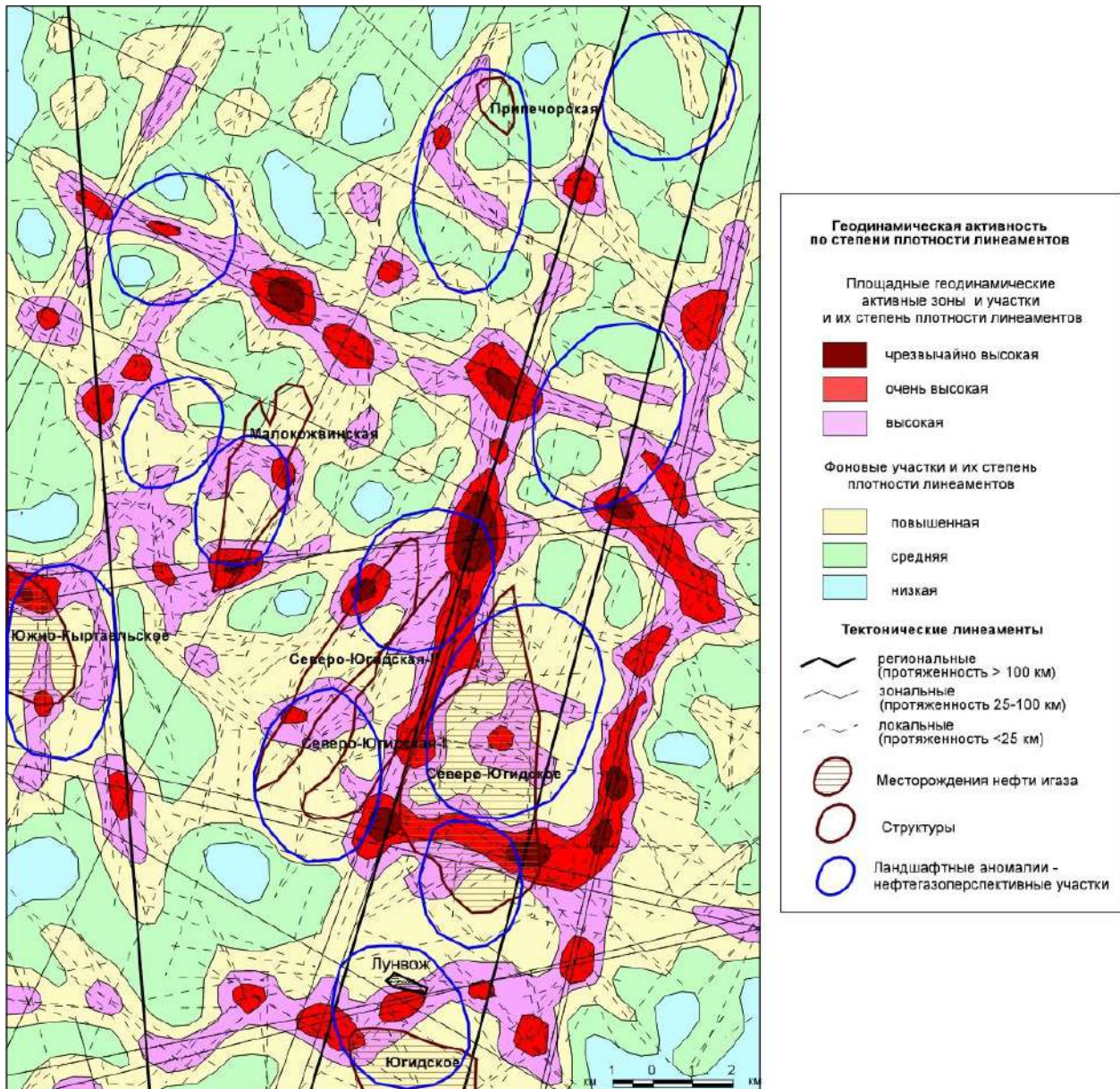


Рис. 8. Геодинамические активные зоны Северо-Югидской площади

Заключение

По результатам детальных и зонально-региональных АКГИ на Северо-Югидской площади построены карты линеаментов (результатов АКГИ), неотектонических блоковых структур и геодинамических активных зон масштаба 1:100 000. По дешифрированию космических снимков выделены 786 прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента. Выделяется более 10 геодинамических активных зон локального уровня. Наиболее тектонически ослабленными являются геодинамические зоны и участки на границах неотектонических блоковых структур, и их осевых линиях, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение линеаментов, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и в целом повышенная геодинамическая (неотектоническая) активность. Установлены 12 ландшафтных аномалий, отображающих выявленные и предполагаемые

тектоногенные поднятия брахиантиклинального типа, из них 3 совпадают с выявленными месторождениями нефти и газа, 4 – совпадают со структурами, выявленными геолого-геофизическими методами, 5 – новые объекты (вероятные структурные ловушки УВ).

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. Временные методические рекомендации по аэрокосмогеологическим исследованиям и использованию их результатов при нефтегазопоисковых исследованиях /Коллектив авторов. Отв. ред. В.В. Стасенков, А.А. Аксенов. Министерство нефтяной промышленности. АН СССР. М.: ИГиРГИ, 1987.
3. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной 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. 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.
6. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.
7. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа. Lap Lambert Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.
8. 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.
9. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 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 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.
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. О перспективах развития аэрокосмогеологических методов в геологии и неотектонический прогноз нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 68-73.
14. 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.
15. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей /И.Г.Гольбрайх, В.В.Забалуев, А.Н.Ласточкин и др. Л.:Недра, 1968. 152 с.
16. <https://neftegaz.ru/science/development/332227-razvedannost-resursov-uglevodorodov-timano-pechorskoy-neftegazonosnoy-provintsii-na-nachalo-xxi-v/>
17. <https://neftegaz.ru/news/gas/300468-novoe-neftegazokondensatnoe-mestorozhdenie-otkryto-v-komi/>.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТИ И ГАЗА В ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НГП

Проведен региональный аэрокосмогеологический анализ территории Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции. Изучены природные и геологические условия. Проведено региональное дешифрирование космических снимков с выделением тектонических линеаментов и кольцевых структур. Установлено пространственное совпадение основных структур по дешифрированию с месторождениями нефти и газа.

Ключевые слова: аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование, линеаменты, нефть, газ, Тиман.

R.Z. Yakupov

LLC "Oil Technologies and Well Repair - Komi", Usinsk, Komi Republic

AERO-COSMOGEOLOGICAL ANALYSIS IN SEARCHING FOR OIL AND GAS IN THE TIMANO-PECHERSKAYA OIL AND GAS PROVINCE

A regional aerospace geological analysis of the territory of the Timan-Pechersk oil and gas province was carried out. The natural and geological conditions have been studied. Regional interpretation of satellite images with the identification of tectonic lineaments and ring structures has been carried out. The spatial coincidence of the main structures for decoding with oil and gas fields has been established.

Key words: aerospace and geological research, interpretation, lineaments, oil, gas, Timan.

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 другими особенностями земной поверхности – с другой. Изучение этих особенностей визуально или по снимкам путем их дешифрирования, позволяет уточнить геологическое строение разных районов, которые сложно изучать традиционными методами геологических исследований [1, 11, 12].

Цели и задачи работы: провести региональный аэрокосмогеологический анализ территории Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции (НГП) с целью уточнения геологического строения; выделения зон, перспективных на нефть и газ. Выполнить геологическое дешифрирование, выделить основные линеаменты и кольцевые структуры.

Физико-географические и геологические условия

Рельеф и геоморфология. Территория разнообразна по устройству поверхности, большая ее часть находится в пределах Восточно-Европейской равнины, а вдоль восточной границы расположены Уральские горы.

Это разнообразие в рельефе объясняется сложным тектоническим строением территории. Уральский регион орографически делится на Северный, Приполярный и Полярный районы. Северный Урал представляет район среднегорного рельефа. Наибольшие вершины - Тэлпозьиз (1617 м), Патокиз (1266 м). Приполярный Урал – наивысшие отметки рельефа: гора Народная (1895 м), массив Сабля (1497 м). Характерен альпийский тип рельефа - сильная расчлененность, обилие ледниковых форм - с отчетливыми формами морозного выветривания. Полярный Урал, расположенный между Полярным кругом и Пай-Хоем. Высота хребта редко превышает 1000 м. Наивысшая вершина - Пайер (1472 м). Поверхность хребта пластообразна, расчленена глубокими долинами. К северо-западу круто обрывается к прилегающей низине. Тип рельефа - ближе к высокогорному (рис. 1).



Рис. 1. Обзорный космоснимок Тимано-Печорской НГП

Почвы на территории изменяются в зависимости от характера рельефа, климата, материнских пород, водного режима. В тундровой зоне основной тип почв - глеевые подзоленные почвы, отличающиеся сильным переувлажнением, слабым накоплением органической массы. В северной тайге под еловыми лесами формируются глеево-подзолистые почвы. Для средней тайги таежной зоны характерны типичные подзолистые почвы. В южной тайге местами,

главным образом под мелколиственными лесами, распространены дерново-подзолистые почвы, относящиеся к числу лучших почв республики. Наиболее обширные площади таежной зоны заняты подзолисто-болотными и болотными почвами. Почвенный покров Урала характеризуется сменой поясов - от горно-подзолистых к горно-тундровым и щебенчатым почвам.

Гидрография. На рассматриваемой территории протекают две крупные реки – Печора и Вычегда. Протяженность Печоры - 1809 км, и занимает она 62,9% от территории Республики Коми. Это самая многоводная река Европейского Севера. Площадь ее бассейна 322 тыс. км². Почти все правые крупные притоки Печоры - Илыч, Подчерье, Щугор, Уса стекают с Уральских гор. Только Колва, Шапкина и Лая берут начало на холмах Большеземельского хребта.

Геологические условия

Территория расположена на северо-востоке Восточно-Европейской платформы, сложенной осадочными породами платформенного чехла верхнепротерозойского, палеозойского и мезокайнозойского возраста, залегающими на породах фундамента архейского и нижнепротерозойского возраста. Здесь выделяются крупные тектонические структуры: складчатые сооружения - Тиманская гряда и Урал, расположенная между ними Печорская синеклиза (Печорская плита) и северная часть Русской плиты. Тиманская гряда, разделяющий Русскую и Печорскую плиты, является крупнейшей орографически выраженной структурой, пересекающей с СЗ на ЮВ территорию Республики Коми. Гряда образована комплексом пород, слагающих в основании складчатый фундамент рифейского возраста и фанерозойский платформенный чехол.

Урал представляет собой краевое поднятие варисцийской складчатой системы. Расположенный на территории Республики Коми западный склон Урала образует зону линейных складок и чешуйчатых надвигов, отложения которых разделяются на два этажа - доуралиды (протерозойско-раннекембрийские образования) и уралиды (отложения позднекембрийско-триасового возраста).

Между Тиманом и Уралом находится Печорская синеклиза. В геологическом разрезе синеклизы выделяются метаморфические породы фундамента рифейского возраста, перекрытые мощным комплексом палеозойских, мезозойских и кайнозойских пород платформенного чехла.

На юго-востоке от Тиманской гряды расположена северная часть территории Русской плиты, сложенной архей - нижнепротерозойским фундаментом и перекрывающим его платформенным чехлом рифей-фанерозойского возраста. Мощность платформенного чехла весьма изменчива. Его максимум (10 - 15 км) находится в пределах Уральского краевого прогиба. В центральных частях платформенных впадин мощность чехла достигает 5-6 км, реже 8,5 км, сильно сокращаясь на их бортах. На сводах и поднятиях мощность чехла не превышает 3 - 3.5 км, а на Тиманской гряде сходит до нуля [15].

Копыловым И.С. [9] проведено обзорное и региональное дешифрирование космических снимков Тимано-Печорской плиты и выполнен линеаментно-геодинамический и морфонеотектонический анализы с оценкой интегральной геодинамической (неотектонической) активности Тимано-Печорской плиты (рис. 2). Были установлены основные тектонические линеаменты, разделяющие плиту на различные блоки и десятки геоактивных зон [2-10].

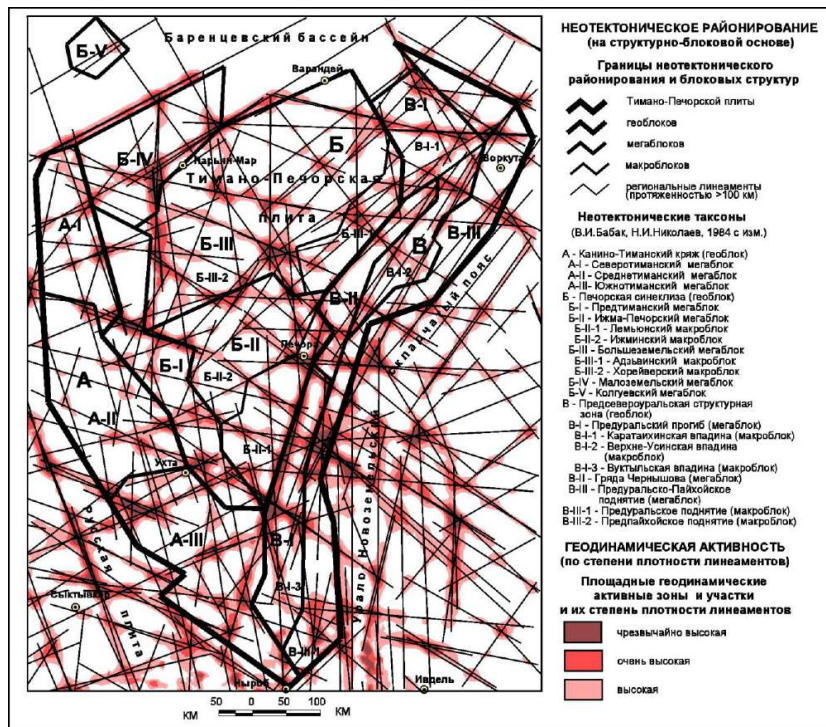


Рис. 2. Структурно-блоковое строение и геодинамическая активность Тимано-Печорской плиты [8, 9]

Методика и результаты исследований

Методика аэрокосмогеологических исследований базируется на принципах геологического дешифрирования материалов аэрофото- и космических съемок (МАКС) и основывается на изучении взаимосвязей геологического строения с теми компонентами и элементами ландшафта, которые отражаются на аэрофотокосмоснимках (АФС, КС). При дешифрировании КС их основные особенности: высокую степень генерализации, влияющую на отбор дешифровочных признаков в соответствии с разрешающей способностью. Основными объектами дешифрирования являются линеаменты и кольцевые структуры. Проводится оценка геодинамической активности по плотности тектонической трещиноватости [2-10, 14].

В результате проведенных исследований на основе дешифрирования цифровых космических снимков (в ГИС-технологиях ArcGIS) было выделено более 100 прямолинейных линеаментов протяженностью 100 км и несколько десятков кольцевых структур с размерами от 10 до 30 км. Наибольшее распространение имеют линеаменты и кольцевые структуры диагональной

системы. Кольцевые структуры в большинстве случаев, приурочены к понижениям в рельефе и отображаются более светлым цветом в ландшафте. Линеаменты в большей степени выделены по ландшафтно-геоморфологическим элементам и основной гидросети (рис. 3).

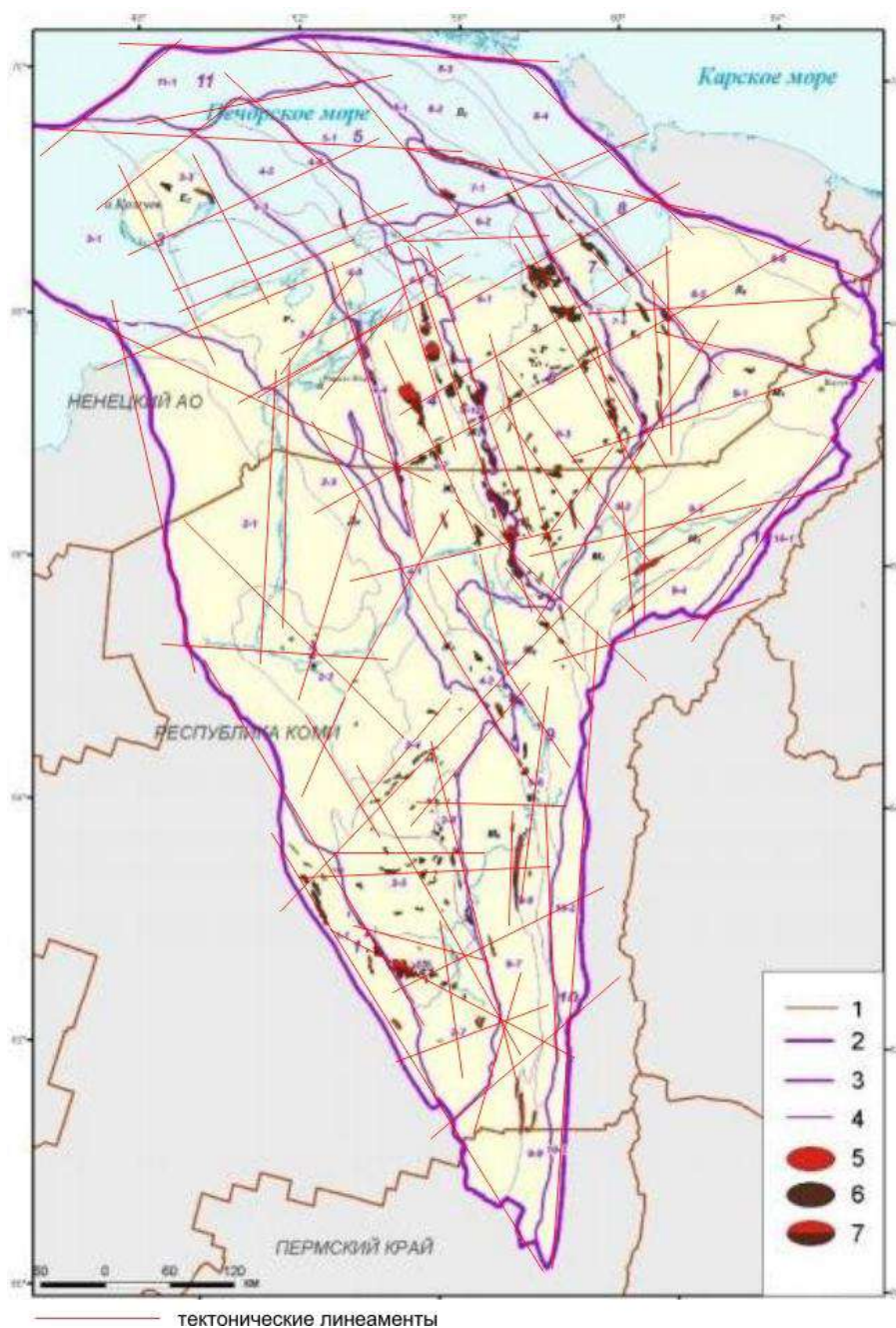


Рис. 3. Схема основных линеаментных зон совмещенная с картой нефтегазогеологического районирования Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [13]

Проведен аэрокосмогеологический анализ путем совмещения схемы дешифрирования с различными геологическими картами, схемами нефтегазоносности. В ходе пространственного анализа установлено, что основная часть выделенных кольцевых структур контролирует нефтяные и

газовые месторождения, практически все они отражены прямолинейными, кольцевыми и дуговыми структурами (рис.3). Также отмечается концентрация линеаментов на участках нефтегазоносных структур.

Заключение

В ходе работы проведено компьютерное (в ГИС-технологиях ArcGIS) геологическое дешифрирование, выделены основные линеаменты и кольцевые структуры в Тимано-Печерской НГП. В результате аэрокосмогеологического анализа территории установлено, что большинство известных нефтегазовых месторождений контролируется региональными линеаментами и кольцевыми структурами по дешифрированию космоснимков.

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцова. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.*
2. 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.*
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. *Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.*
5. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.*
6. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*
7. Копылов И.С. Методологические основы аэрокосмогеологических исследований при поисках нефти и газа // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 25-37.*
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., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88.*
11. Корчуганова Н.И. *Аэрокосмические методы в геологии. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006.*
12. Костюк Ю.Н. *Учебно-методическое пособие по курсу «Аэрокосмические методы в геологии». Ростов-на-Дону, 2007, 41с.*
13. Прищепа О.М., Богацкий В.И., Макаревич В.Н., Чумакова О.В., Никонов Н.И., Куранов А.В., Богданов М.М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // *Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6. № 4. С. 10.*
14. 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 // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2015. № 1-3. С. 305-311.*
15. <http://www.vsegei.ru/ru/> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского [Электронный ресурс].

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ГИДРОГЕОЛОГИИ, ГЕОЭКОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ APPLICATION OF AEROCOSMIC METHODS FOR SOLVING THE TASKS OF ENGINEERING GEOLOGY, HYDROGEOLOGY, GEOECOLOGY AND GEOGRAPHY

УДК 624.131.1

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, Россия

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КАЧКАНАРСКОГО ГОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведены аэрокосмогеологические исследования на Среднем Урале на территории Качканарского горно-обогатительного комбината. Выполнено детальное дешифрирование космических снимков площадки хвостохранилища. Выделено большое количество линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. Проведена оценка геодинамической активности района и выделены опасные геоактивные участки. Применение комплекса инженерных изысканий, аэрокосмогеологических исследований и геофизики показало на хорошую сходимость результатов дешифрирования космоснимков с данными электроразведки.

Ключевые слова: инженерная геология, геодинамика, дешифрирование космоснимков, линеаменты, опасные геоактивные участки, Качканарский горно-обогатительный комбинат, Средний Урал.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

ASSESSMENT OF GEODYNAMIC ACTIVITY IN THE TERRITORY OF THE KACHKANAR MINING AND PROCESSING PLANT BY THE RESULTS OF LARGE-SCALE AEROSMOGEOLOGICAL RESEARCH

Aerospace geological studies were carried out in the Middle Urals on the territory of the Kachkanar mining and processing plant. Detailed interpretation of satellite images of the tailing dump site has been completed. A large number of lineaments identified with tectonic disturbances of the sedimentary cover have been identified. An assessment of the geodynamic activity of the region was carried out and hazardous geoactive areas were identified. The use of a complex of engineering surveys, aerospace geological research and geophysics showed a good convergence of the results of interpreting space images with electrical data.

Key words: engineering geology, geodynamics, interpretation of space images, lineaments, hazardous geoactive areas, Kachkanar mining and processing plant, Middle Urals.

Введение

Для обеспечения возможности разработки проектной документации на первую очередь строительства системы гидротранспорта хвостовой пульпы хвостохранилища Качканарского горно-обогатительного комбината (ГОК) были проведены инженерно-геофизические изыскания, в состав которых входили аэрокосмогеологические исследования с целью оценки геодинамической активности, характеризующей современные геодинамические движения и формируемые ими деформационные поля.

Качканарское месторождение титаномагнетита (Гусевогорское и собственно Качканарское) расположено в Исовском районе Свердловской области в 30 км к северо-западу от ж.-д. ст. Нижняя Тура.

Объект исследований – площадка хвостохранилища Качканарского ГОК (рис. 1).

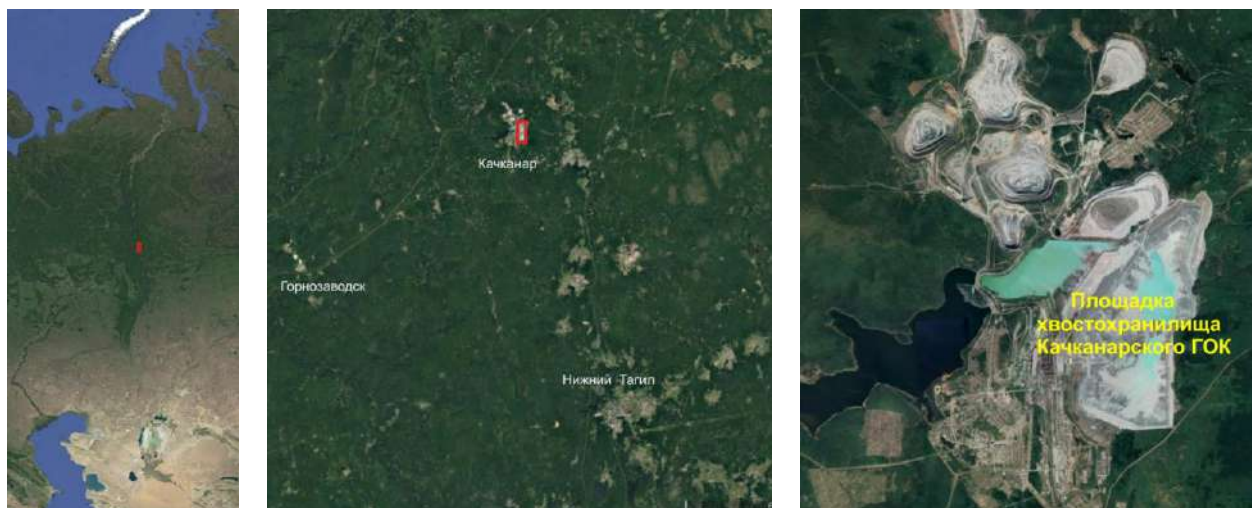


Рис. 1. Местоположение объекта исследований на космоснимках

Природно-геологические условия

В геоморфологическом отношении район расположен в горно-холмистой зоне, совпадающей с Приуральской горной грядой, представляет собой обширную площадь древнего пенеплена, в котором выделяется ряд ступеней, расположенных на абсолютных отметках 320-370 м; 420-460 м.; 520-560 м.; 600-660 м. и 700-750 м, с общим пологим уклоном на юг или юго-восток. Абсолютные отметки высот большей части зоны варьируют между 250 и 360 м. На общем фоне поверхности выравнивания выделяются отдельные высоты, представленные рядом меридионально вытянутых разобщенных массивов (наивысшая вершина – г. Качканар с абс. отм. 881,5 м). Вдоль западных склонов Гусевых гор и Качканарского хребта находятся пониженные, частично заболоченные участки рельефа, приуроченные к предполагаемым здесь дизъюнктивным нарушениям. Долины рек Иса и Выи сопровождаются аккумулятивными террасами вплоть до III надпойменной. Район в основном покрыт лесом, за исключением площадей, видоизмененных в результате

антропогенной деятельности. Непосредственный участок работ представляет собой насыпное сооружение – хвостохранилище Качканарского ГОКа, и сопутствующие здания, и сооружения. Территория имеет сложные геоэкологические условия [9, 11, 13, 14].

В геологическом отношении район расположен в Тагильской мегазоне, приурочен к западному крылу Тагильского мегасинклинория, которое имеет моноклиналиное залегание с восточным падением слагающих его толщ (Лозывинско-Ревдинская моноклираль). Вулканогенные породы ордовика-силура образуют здесь Качканарско-Арбатскую моноклираль более высокого порядка, прослеживаемую за пределами описываемого района севернее пос. Косья до широты пос. Бранчинский – на юге протяженностью около 70 км. Качканарский дунит-клинопироксенит-габбровый комплекс (О₃к) представлен ассоциацией платиноносных дунитов, оливинитов, клинопироксенитов, оливиновых и амфиболовых габбро, слагающих большинство массивов Платиноносного пояса Урала. Массивы качканарского комплекса расположены в осевой ее части и представлены как крупными плутонами, так и мелкими телами простого и сложного строения [12, 14].

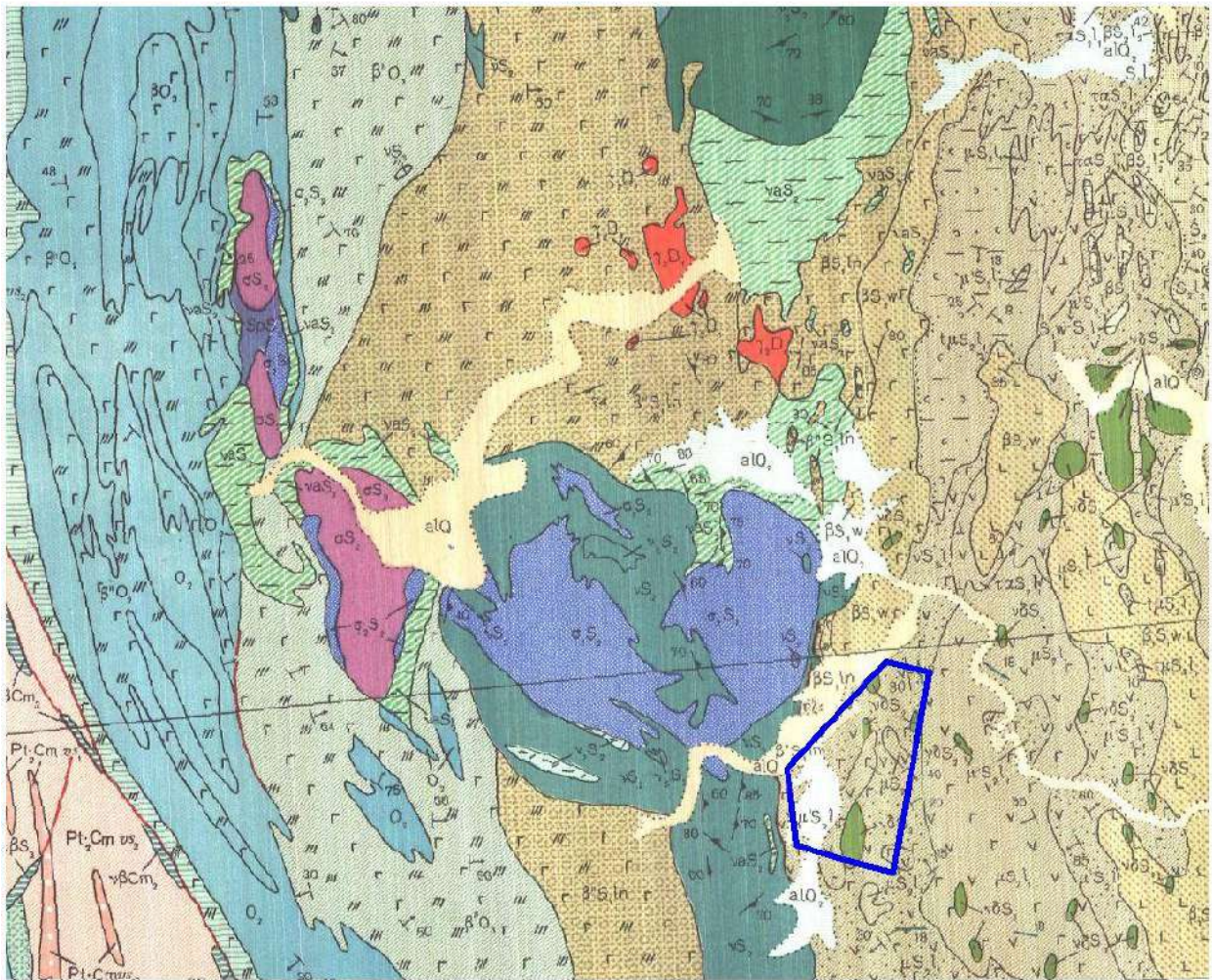
Участок исследований – расположен в непосредственной близости от г. Качканар, на юго-востоке от нее. На рис. 2 представлен фрагмент геологической карты Урала листа О-40-ХП [1], на которой показано положение площадки хвостохранилища Качканарского ГОК.

По действующим нормативным картам общего сейсмического районирования ОСР-2015 ИФЗ РАН рассматриваемая территория относится к территориям 6-7 балльной сейсмической опасности, что представляет потенциальную угрозу для существующих и проектируемых промышленных и инженерных сооружений. По схеме сейсмического районирования Среднего Урала [2] площадка хвостохранилища Качканарского ГОКа находится в пределах сейсмоопасного узла первой категории опасности.

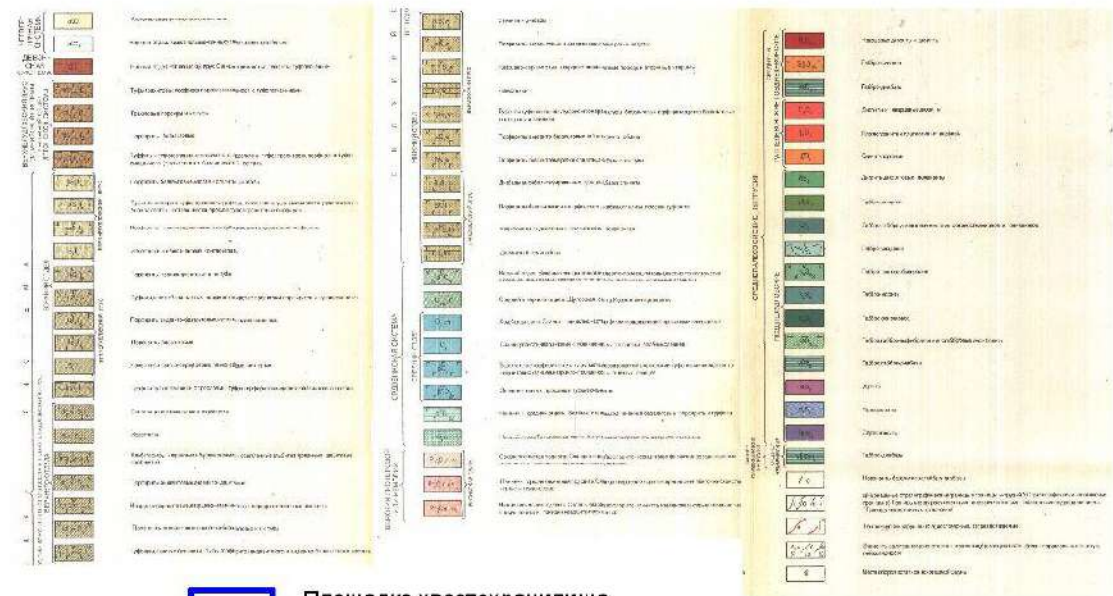
Анализ геодинамической (неотектонической) активности района по материалам аэрокосмогеологических исследований

Территория Среднего Урала имеет чрезвычайно сложное разломно-блоковое строение и благодаря многочисленным тектоническим активизациям земной коры является геодинамически активной территорией с повышенной сейсмичностью. В большинстве случаев потенциально аварийно-опасными участками являются линейные геодинамические активные зоны значительной протяженности, которые достаточно надежно выявляются структурным (линеаментным) дешифрированием космических снимков (КС), охватывающих значительные площади и линеаментно-геодинамическим анализом [3-10].

В западной части Свердловской области и восточной части Пермского края автором (в рамках договорных работ ЕНИ ПГНИУ, ПГГК, ГИ УрО РАН) выполнен ряд дистанционных аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) на общей площади более 50 тыс. км².



2 0 2 4 6 8 10
KM



Площадка хвостохранилища Качканарского ГОК

Рис. 2. Фрагмент геологической карты Урала листа О-40-ХІІ [1] и положение площадки хвостохранилища Качканарского ГОК

Проведен линеаментно-блоковый и линеаментно-геодинамический анализ с детальностью масштаба 1:100 000, установлено более 15 тыс. прямолинейных тектонических линеаментов [5, 6]. Средний Урал по линеаментно-блоковому районированию занимает фрагменты региональных геоструктур: 5 геоблоков (Вятско-Камский, Предуральский, Западноуральский, Центральноуральский, Восточноуральский), 7 мегаблоков. Выделяются: 17 макроблоков и 56 мезоблоков. Выделены 271 локальных блоков I порядка, каждый, из которых разделяется, как правило, на 3-15, в среднем 5-7 блоков II порядка. Анализ степени неотектонической активности локальных блоковых структур, показал, что они различаются дифференцированными неотектоническими относительными движениями и энергией рельефа, а также интенсивностью проявления эрозионно-денудационных и аккумулятивных процессов [6].

Непосредственно район исследований по неотектоническому районированию расположен на стыке и в пределах двух региональных геоструктур – Центральноуральского геоблока (включающего фрагменты Центральносреднеуральского мегаблока, Качканарского макроблока, Именновского мезоблока) и Восточноуральского геоблока, (включающего фрагменты Восточносреднеуральского мегаблока, Кушвинского макроблока, Баранчинского мезоблока).

Оценка геодинамической (неотектонической) активности территории проводилась линеаментно-геодинамическим анализом по распределению плотности тектонических линеаментов по их протяженности на единицу площади. Плотность линеаментов (которая рассчитывалась для всей площади по региональным, зональным, локальным и коротким линеаментам) на всей территории колеблется в широких пределах. 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. Общий фон составляют значения с низкой и средней степенью плотности линеаментов. Они занимают около 85% рассматриваемой территории. Участки с высокими значениями плотности линеаментов занимают около 10% рассматриваемой территории. Как правило, они имеют линейную форму. Аномальные участки с очень высокими и чрезвычайно высокими значениями плотности линеаментов располагаются в их пределах, занимают примерно 5% рассматриваемой территории.

По классификации [8] на территории Среднего Урала выделены 4 геодинамические АЗ регионального уровня – мегазоны с площадями от 3 до 8 тыс. км², с изометричной формой, вытянутой в северном направлении. Закартированы 21 геодинамические АЗ зонального уровня – макрзоны и частично – мезозоны с площадями в среднем 100-300 км² преимущественно линейной формы. В их пределах происходили все известные на Среднем Урале землетрясения интенсивностью 3-6 баллов шкалы MSK-64. Установлено 800

геодинамических АЗ локального уровня (I порядка) с высокой, очень высокой и чрезвычайно высокой степенью плотности линеаментов [5].

На рассматриваемой территории выделено 9 локальных геодинамических АЗ (I порядка) размером 3-5 x 1-2 км с площадями 3-13 км². Крупнейшие из них занимают части площадки хвостохранилища Качканарского ГОК в западной и северной частях.

Методика и результаты крупномасштабных аэрокосмогеологических исследований территории Качканарского ГОК

Для детальной характеристики геодинамической активности рассматриваемой территории Качканарского ГОК в дополнение к региональным и зональным АКГИ масштаба 1:1 000 000-1:100 000 был изучен район Качканарского ГОК площадью 400 км² (20x20 км) в масштабе 1:50 000 и участок площадки хвостохранилища площадью 100 км² (10x10 км) в масштабе 1:25 000.

Методика исследований включала: подготовку материалов дистанционных съемок, визуальное выделение геоиндикаторов, интерактивное компьютерное структурно-геологическое дешифрирование космических снимков, автоматизированную обработку линеаментов, разработку критериев, классифицирование, линеаментно-геодинамический анализ, сопоставление данных с геофизическими и другими полями, создание итоговых карт районирования. 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. Технология компьютерного дешифрирования КС и обработки данных реализована на базе программного обеспечения ESRI – ARC GIS и ArcView и их модулей. Технологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) цифровых КС разного масштаба от мелкого – к крупному. Трещинно-разрывные нарушения на материалах дистанционных съёмок фиксируются прямолинейными линеаментами, которые представляют собой узкие протяжённые системы форм рельефа различного генезиса, прослеживаемые вдоль одной линии на значительные расстояния. Признаки, по которым дешифрируются трещинно-разрывные нарушения, в общем, одинаковы для всех видов и типов последних независимо от их протяжённости, а также наличия или величины смещения. Выявление и трассирование прямолинейных линеаментов производилось по комплексу геоморфологических и ландшафтных (почвенно-геоботанических) индикаторов. Фрагмент дешифрирования КС приведен на рис. 3.

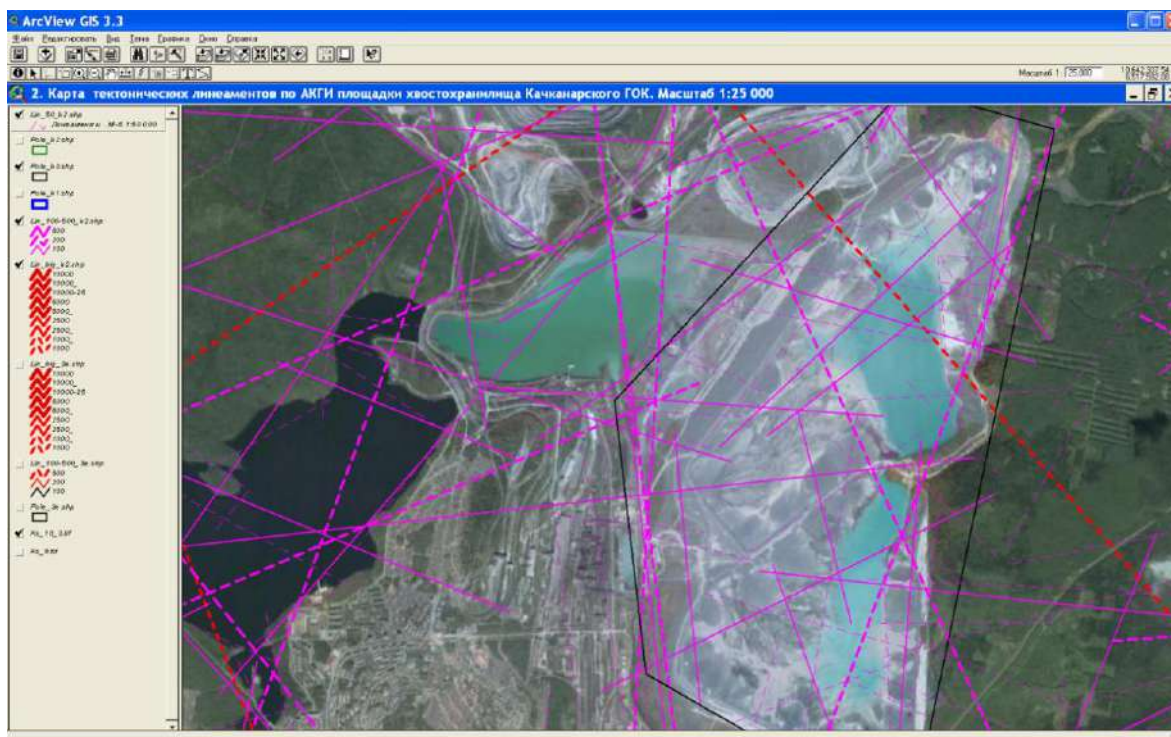


Рис. 3. Фрагмент компьютерного дешифрирования космоснимков

В результате крупномасштабного дешифрирования КС в районе Качканарского ГОК на площади 400 км² выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений, предположительно отобразивших активизированные в новейшее время тектоническую трещиноватость в осадочном чехле и фундаменте. Выделено 563 линеаментов. По протяжённости они подразделены на 6 таксономических рангов: региональные большой протяженностью (> 200-300 км) – 5 линеаментов, региональные значительной протяженностью (100-200 км) – 3 линеаментов, зональные (25-100 км) – 9 линеаментов, локальные (10-25 км) – 30 линеаментов, локальные (5-10 км) – 116 линеаментов, короткие (2-5 км) – 400 линеаментов. Линеаментное поле района исследований по дешифрированию масштаба 1:50 000 и мельче отображено на рис. 4.

В результате детального дешифрирования КС на участке площадки хвостохранилища Качканарского ГОК на площади 100 км² выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов предполагаемых тектонических нарушений. Выделено 350 линеаментов. По протяжённости они подразделены на 6 таксономических рангов: региональные значительной протяженностью (100-200 км) – 2 линеамента, зональные (25-100 км) – 5 линеаментов, локальные (10-25 км) – 14 линеаментов, локальные (5-10 км) – 42 линеаментов, короткие (2-5 км) – 127 линеаментов, короткие (1-2 км) – 160 линеаментов. Линеаментное поле детальных исследований по дешифрированию масштаба 1:25 000 и мельче отображено на рис. 5. Отмечается две основные системы линеаментов – ортогональная и диагональная. Наиболее крупный линеамент (протяженностью 160 км) пересекает площадку хвостохранилища в северной части в северо-западном направлении.

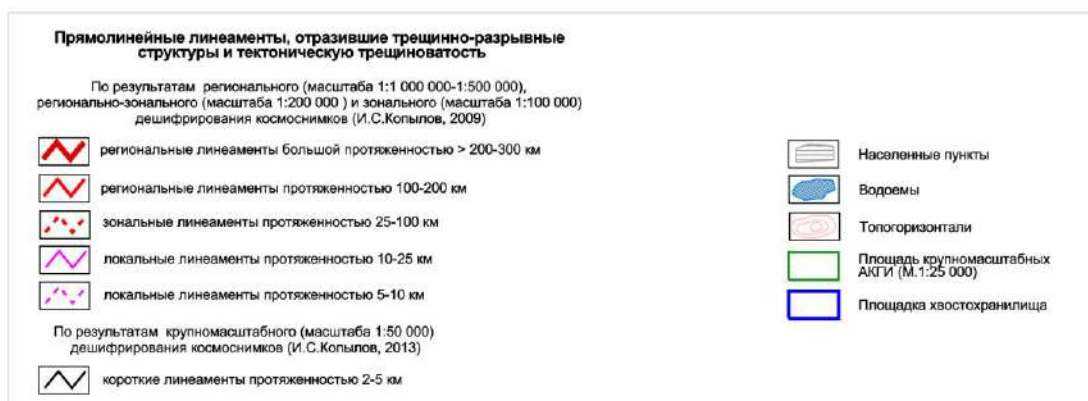
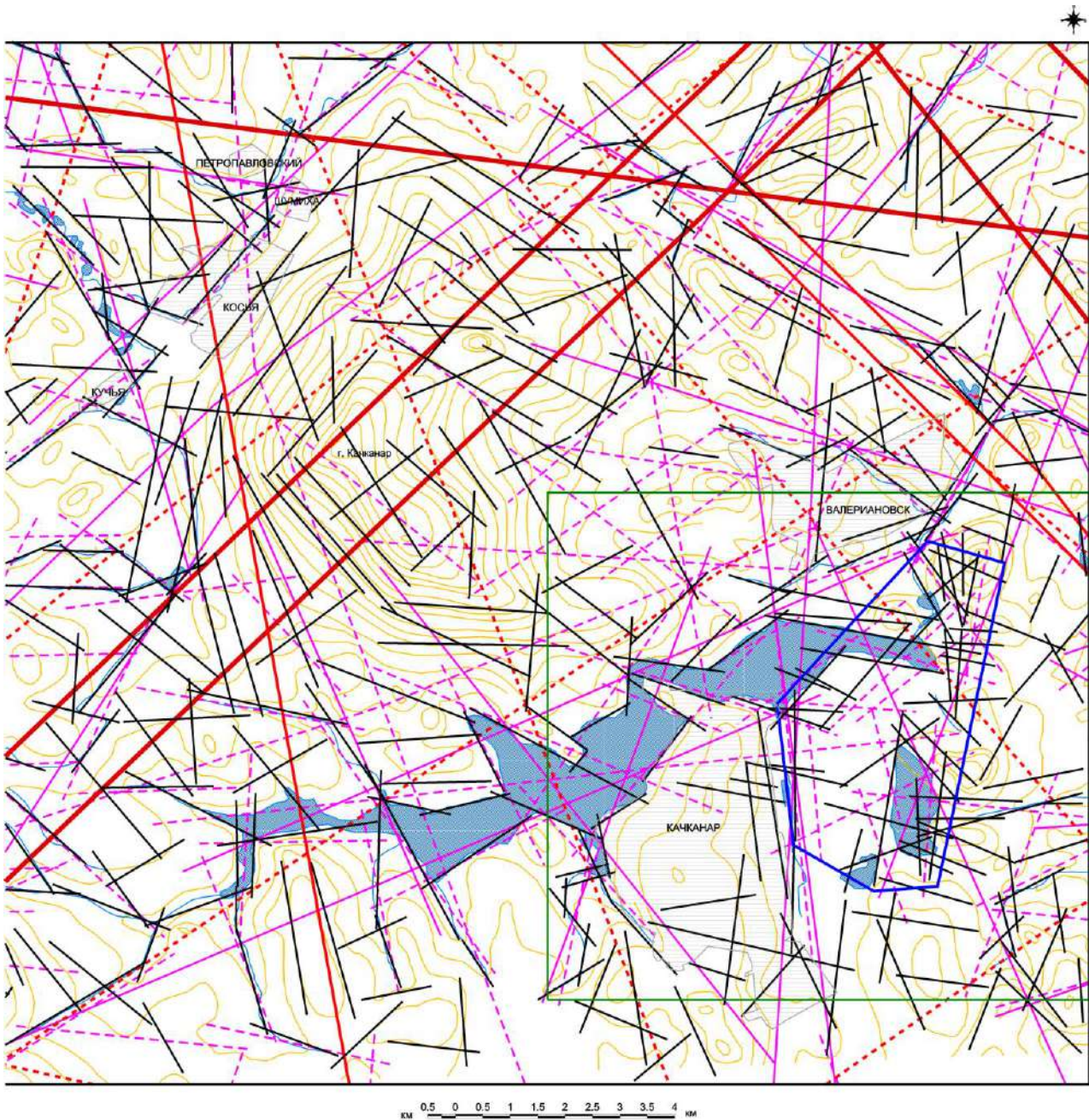


Рис. 4. Карта тектонических линеаментов по АКГИ района Качканарского ГОК масштаба 1:50 000

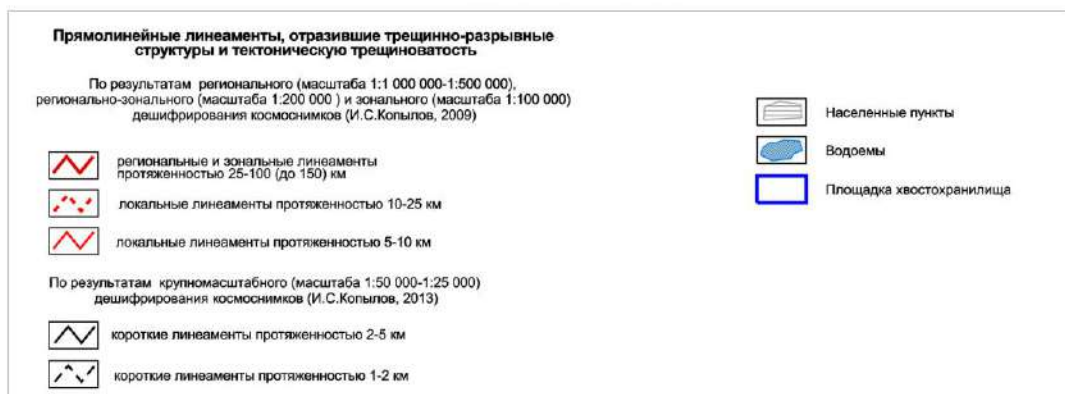
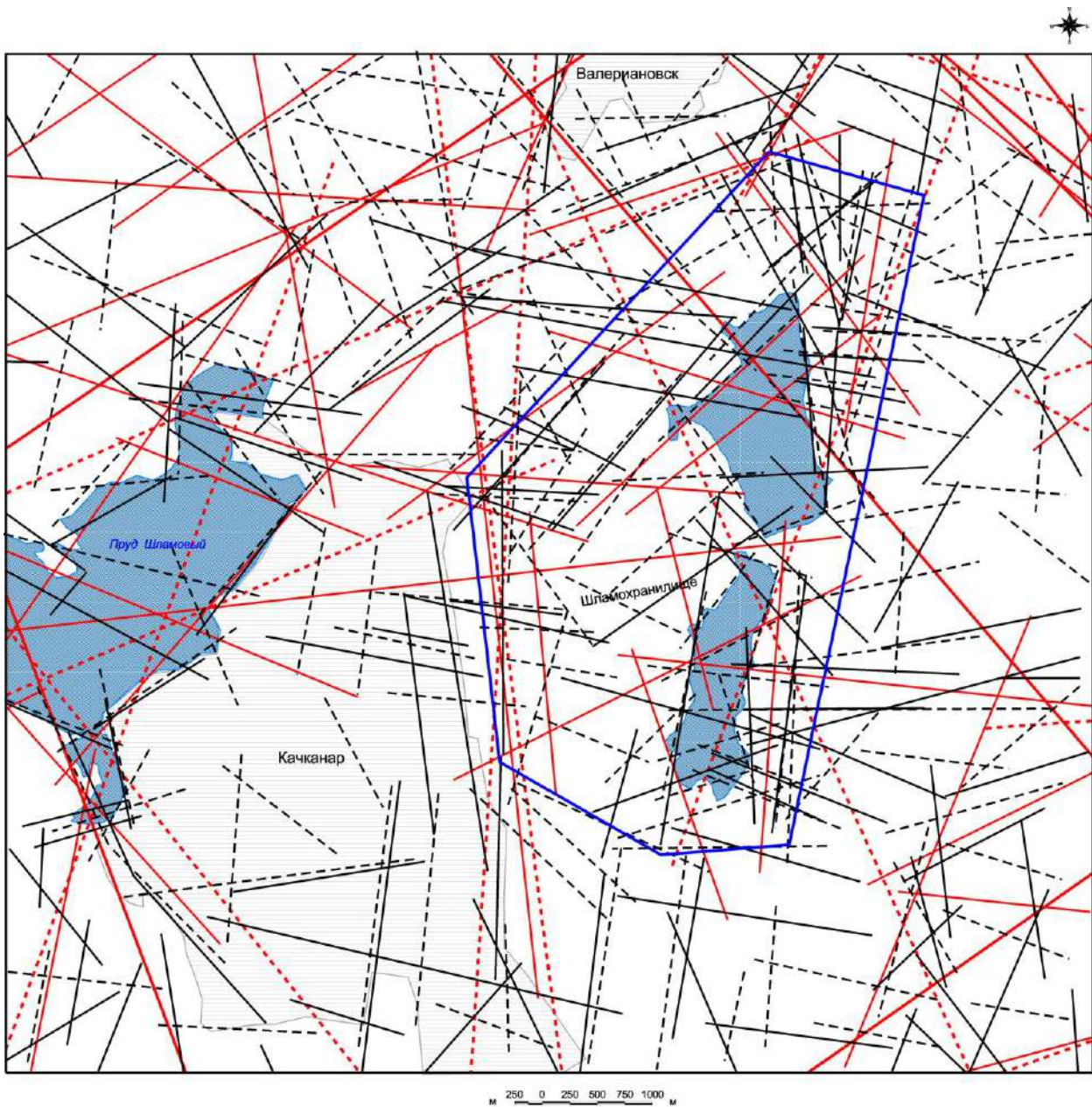


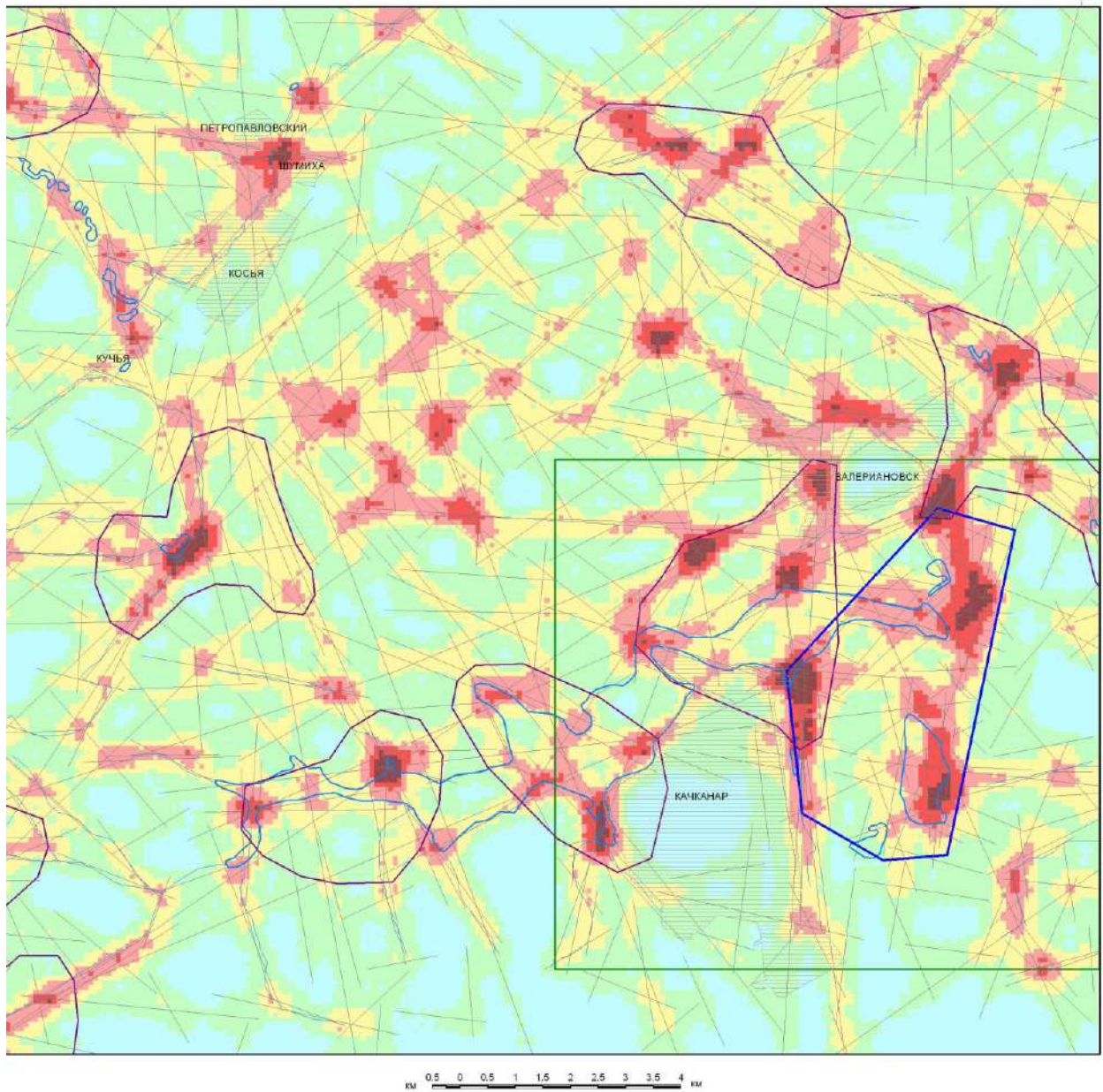
Рис. 5. Карта тектонических линеаментов по АКГИ площадки хвостохранилища Качканарского ГОК масштаба 1:25 000

Оценка геодинамической активности по результатам крупномасштабного дешифрирования КС района Качканарского ГОК на площади 400 км² по карте масштаба 1:50 000 показывает, что общий фон составляют значения со средней (2 балл), повышенной (3 балл) степенью плотности линеаментов. Они занимают около 80% рассматриваемой территории, еще 5 % занимают участки с пониженной (1 балл), степенью плотности линеаментов. Участки с высокими значениями плотности линеаментов (4 балл) занимают около 10% рассматриваемой территории. Как правило, они имеют линейную, реже – изометричную форму с размерами в длину 3-5 км, в ширину 0,5-1 км. Аномалиями являются локальные участки с очень высокими (5 балл) и чрезвычайно высокими (6 балл) значениями плотности линеаментов. Они занимают примерно 5% рассматриваемой территории. Расположение их показано на карте геодинамической активности по АКГИ района Качканарского ГОК масштаба 1:50 000 (рис. 6).

Оценка геодинамической активности по результатам детального дешифрирования КС на участке площадки хвостохранилища Качканарского ГОК на площади 100 км² по карте масштаба 1:25 000 более детально отображает геодинамическое строение данного района.

Выделено 13 аномалий с очень высокими (5 балл) и чрезвычайно высокими (6 балл) значениями плотности линеаментов с площадями от 0,1 до 1,7 км² (соответствуют локальным геодинамическим АЗ II-III порядка). Расположение их показано на карте геодинамической активности по АКГИ площадки хвостохранилища Качканарского ГОК масштаба 1:25 000 (рис. 7). При этом 6 локальных геодинамических АЗ полностью или частично находятся в пределах площадки хвостохранилища. Наиболее геодинамически активными являются западная, северная и юго-восточная части площадки хвостохранилища.

По геофизическим данным наиболее геодинамически активным участкам (6 локальных геодинамических АЗ) соответствуют аномальные области низких значений сопротивлений (обусловленных изменениями литологического состава, физических свойств горных пород, их трещиноватость, водонасыщение) – зоны предполагаемых тектонических нарушений. Как отмечено в работе [14] по геофизическим данным распространение тектонических нарушений удалось проследить до глубин 100-200 м. Часть нарушений носит субвертикальный характер, часть – наклонный. Выявленная геодинамическая активность и особенности тектонического строения участка строительства создает различные виды опасности: 1) непосредственное воздействие перемещений блоков земной коры на грунты оснований, и, как следствие, конструктивные элементы сооружений с развитием усталостных процессов; 2) резкое разжижение и консолидация грунтов за счёт развития явлений тиксотропии в зонах тектонических нарушений.



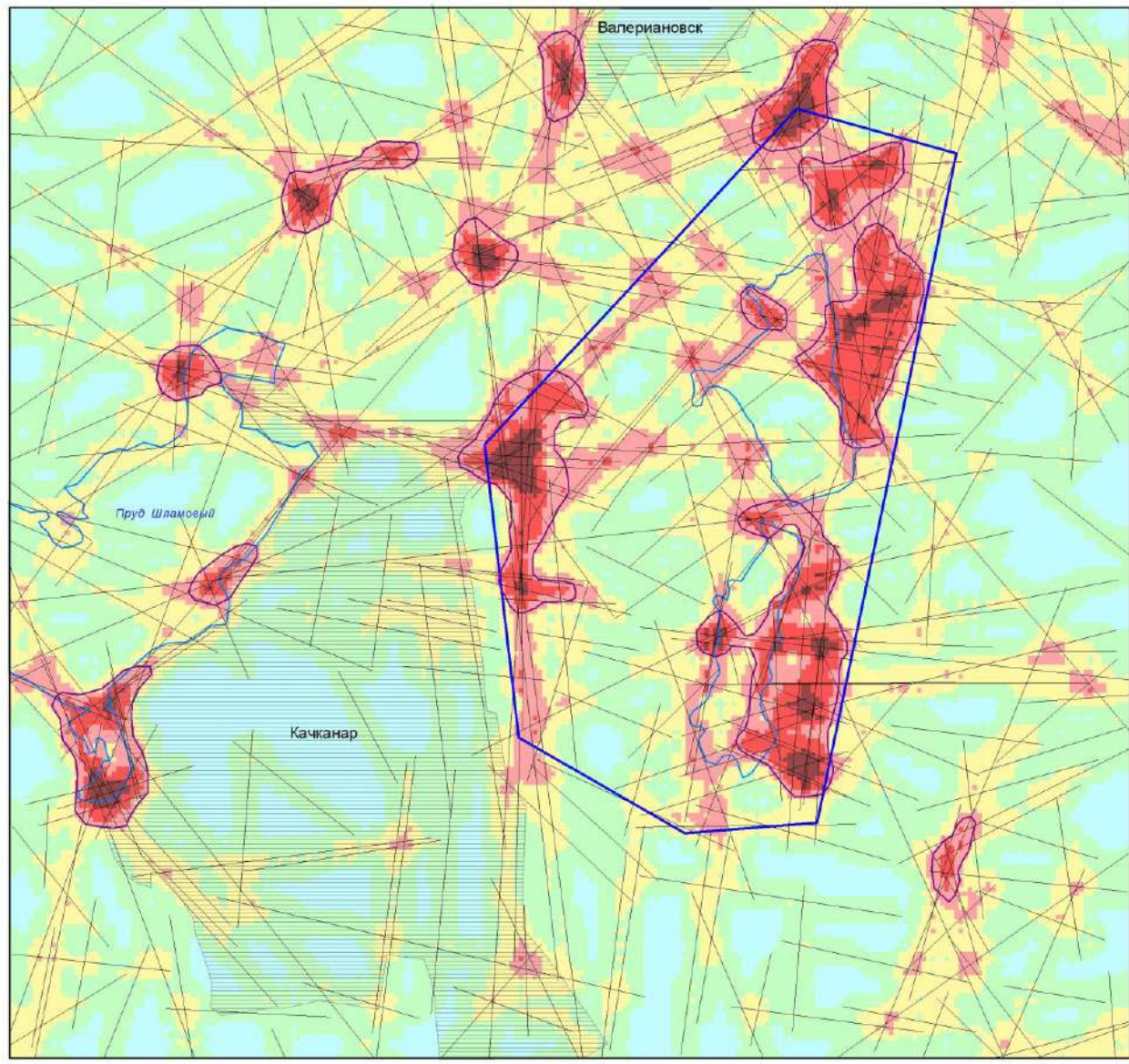
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Геодинамическая (неотектоническая) активность территории по степени плотности линейментов (по материалам АКГИ, И.С. Копылов, 2009, 2013)

Цвет контура	Статистическое распределение (σ - стандартное отклонение)	Степень плотности линейментов	Геодинамическая активность
Синий	$< (x - s)$	Низкая	Низкая
Зеленый	$(x - s) - x$	Средняя	Средняя
Желтый	$x - (x + s)$	Повышенная	Повышенная
Оранжевый	$(x + s) - (x + 2s)$	Высокая	Высокая
Красный	$(x + 2s) - (x + 3s)$	Очень высокая	Очень высокая
Темно-красный	$> (x + 3s)$	Чрезвычайно высокая	Чрезвычайно высокая

- Контуры локальных геодинамических активных зон I порядка (по АКГИ масштаба 1:100 000)
- Тектонические линейменты разных рангов
- Водоёмы, гидросеть
- Населенные пункты
- Площадь крупномасштабных АКГИ (М. 1:25 000)
- Площадка хвостокранилица

Рис. 6. Карта геодинамической активности по АКГИ района Качканарского ГОК масштаба 1:50 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Геодинамическая (неотектоническая) активность территории по степени плотности линейментов (по материалам АКПИ, И.С.Копылов, 2009, 2013)			
Цвет контура	Статистическое распределение (0 - 100% экстр., 5 - 0% экстр.)	Степень плотности линейментов	Геодинамическая активность
Светло-голубой	$< (x - s)$	Низкая	Низкая
Зеленый	$(x - s) - x$	Средняя	Средняя
Желтый	$x - (x + s)$	Повышенная	Повышенная
Оранжевый	$(x + s) - (x + 2s)$	Высокая	Высокая
Красный	$(x + 2s) - (x + 3s)$	Очень высокая	Очень высокая
Темно-красный	$> (x + 3s)$	Чрезвычайно высокая	Чрезвычайно высокая

- Контуры локальных геодинамических активных зон II-III порядка (по АКПИ масштаба 1:25 000) с чрезвычайно и очень высокой активностью
- Тектонические линейменты разных рангов
- Населенные пункты
- Водоемы
- Площадка хвостохранилища

Рис. 7. Карта геодинамической активности по АКПИ площадки хвостохранилища Качканарского ГОК масштаба 1:25 000

Следствием возникновения тиксотропного состояния является снижение несущей способности грунтов, и неравномерная осадка зданий и сооружений; 3) развитие на участках тектонических нарушений явлений суффозии, связанных с повышенной фильтрацией грунтовых вод через трещиноватые и пористые породы тектонических нарушений, что приводит к неравномерной осадке грунтов оснований, зданий и сооружений.

Заключение

1. В результате АКГИ на территории Качканарского ГОК на площади 400 км² выделено 563, а на участке площадки хвостохранилища 350 тектонических линеаментов. Выделено 13 геодинамических аномалий с очень высокими и чрезвычайно высокими значениями плотности линеаментов. При этом 6 локальных геодинамических АЗ полностью или частично находятся в пределах площадки хвостохранилища. Наиболее геодинамически активными являются западная, северная и юго-восточная части площадки хвостохранилища.

2. Выполненный комплекс АКГИ по изучению тектонического строения и геодинамической активности участка строительства позволил значительно дополнить проведенные ранее геофизические исследования (которые в силу технической невозможности проводить профили через водоемы фактически не покрывали всю площадь площадки хвостохранилища) и получить необходимые геологические данные для проектирования объекта строительства.

3. Применение комплекса инженерных изысканий, аэрокосмогеологических исследований и геофизики показало на хорошую сходимость результатов дешифрирования космоснимков с данными электроразведки. Отмечается полное совпадение аномалий пониженного сопротивления, обусловленных изменениями литологического состава, физических свойств горных пород и локальных геодинамических активных зон по аэрокосмическим данным.

Библиографический список

1. Геологическая карта Урала. Масштаб 1:200 000. Лист О-40-ХП / Под ред. И.Д. Соболева. 1966.

2. Каиубин С.Н., Дружинин В.С., Гуляев О.А., Ломакин В.С., Маловичко А.А., Никитин С.Н., Парыгин Г.И., Рыжий Б.П., Уткин В.И. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 126 с.

3. 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.

4. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.

5. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // *Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы конференции*. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С.196-198.

6. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные

зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.

7. 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.

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

9. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 113-122.

10. 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.

11. 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.

12. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131с.

13. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 678.

14. Пригара А.М. и др. Отчет по сейсмологическим и сейсмотектоническим исследованиям. 85/13- ССИ / «Строительство нового отсека хвостохранилища ЕВРАЗ КГОК первая очередь». Книга 1. Текстовая часть. Пермь: ФГБОУ ВПО ПГНИУ, 2013. 112 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЛИНЕАМЕНТНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УДМУРТИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Основой методологии оценки инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических условий платформенных территорий является линеаментно-геодинамический анализ на основе дистанционных аэрокосмогеологических исследований в совокупности с инженерными изысканиями. На территории Удмуртии проведено дешифрирование космических снимков (масштаб 1:1 00 000-1:100 000), с детализацией в отдельных районах (масштаб 1:50 000) и выделены 1,5 тыс. неотектонических линеаментов. Установлено 5 геодинамических активных зон регионального уровня с очень высокой и чрезвычайно высокой плотностью тектонической трещиноватости.

Ключевые слова: геодинамические активные зоны, линеаменты, овраги, оползни, методология оценки геодинамической опасности, Удмуртия.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

REGIONAL LINEAMENT-GEODYNAMIC ANALYSIS OF UDMURTIA FOR ESTIMATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The basis of the methodology for assessing the engineering-geological, hydrogeological, geoecological conditions of platform territories is the lineament-geodynamic analysis based on remote aerospace research in conjunction with engineering surveys. On the territory of Udmurtia, space images were decoded (scale 1: 1 00 000-1: 100 000), with detailing in individual regions (scale 1: 50,000), and 1.5 thousand neotectonic lineaments were identified. 5 geodynamic active zones of the regional level with very high and extremely high density of tectonic fracturing have been established.

Key words: geodynamic active zones, lineaments, ravines, landslides, methodology for assessing geodynamic hazard, Udmurtia.

Введение

Одним из ведущих факторов формирования инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий платформенных территорий, который необходимо всесторонне анализировать при оценке геологической безопасности объектов и сооружений, является геодинамическая активность и современная тектоническая трещиноватость. Геодинамические активные зоны – участки земной коры, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью коры, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и, как следствие, проявлениями разрывной тектоники, сейсмичности и других процессов [4-6, 11, 12].

Для Удмуртской Республики (УР), которая является одним из крупных нефтегазоносных районов Центральной России и Приволжского ФО (площадь 42,1 тыс. км²) проблема изучения геоструктурных факторов особенно актуальна, поскольку интенсивные современные геологические процессы, особенно овражная эрозия и оползни (рис. 1), активно проявляющиеся в геоактивных зонах значительно осложняют хозяйственную деятельность нефтегазопромышленных и других комплексов экономики УР [1, 14].



а - развитие овражной эрозии в Завьяловском районе



б - развитие оползня на берегах Камы, д. Докшино

Рис. 1. Пример развития современных геологических процессов на территории Удмуртии: а – оврагов, б – оползней (б) (Landsat-8)

Методика исследований

Основными методами картирования тектонической трещиноватости являются аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) – комплекс методов по изучению элементов геологического строения Земли с помощью материалов аэрокосмических съёмок земной поверхности. Для информационного обеспечения геологической безопасности УР с целью выделения основных геодинамических активных зон региона проведен линеаментно-геодинамический анализ на основе дистанционных методов, с детализацией в юго-восточной части. Основу методики АКГИ, разработанной автором составляют: компьютерное космогеологическое (структурно-геологическое) дешифрирование цифровых космических снимков (КС) среднего и высокого разрешения и их геологическая интерпретация; интерпретация результатов АКГИ с учетом геолого-геофизических данных; обработка материалов АКГИ, составление карт линеаментов и зон повышенной тектонической трещиноватости с применением ГИС-технологий; линеаментно-геодинамический анализ [2, 8, 9] (рис. 2).

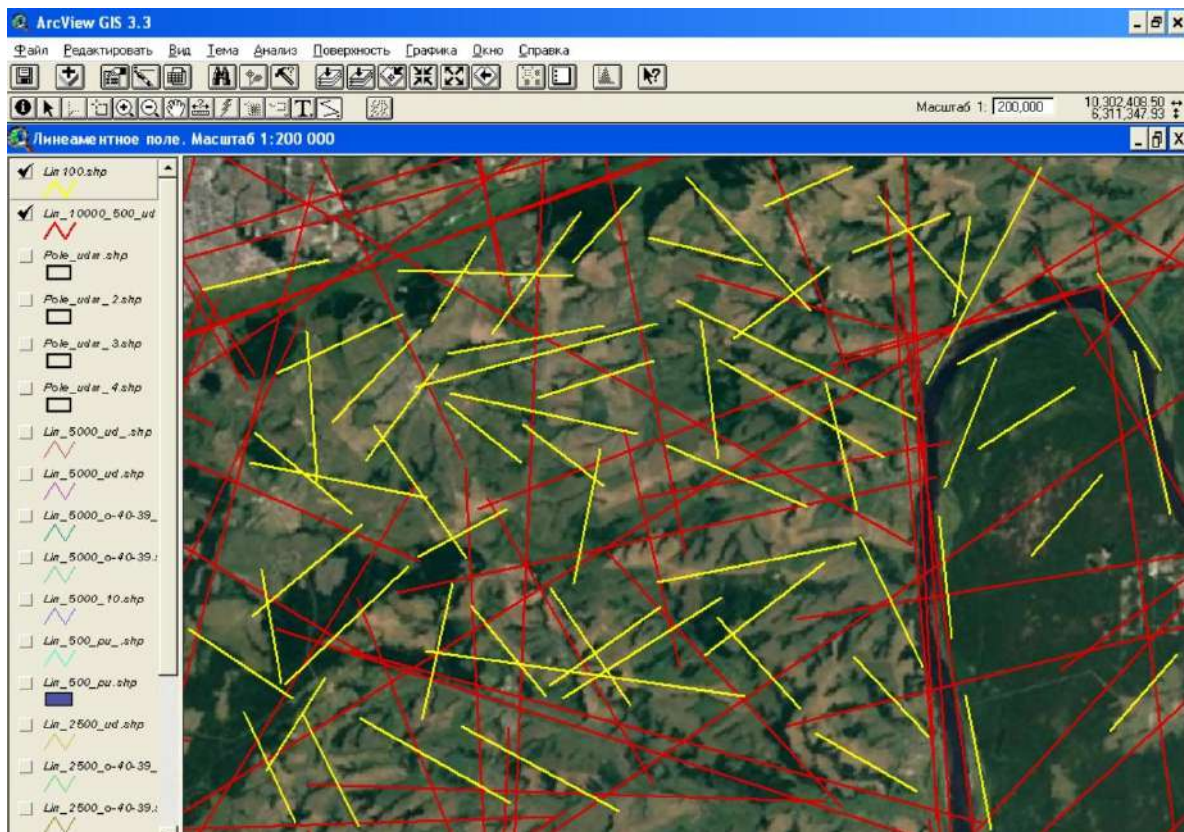


Рис. 2. Дешифрирование масштаба 1:200 000 (рабочее окно программы)

Данная методика нашла широкое применение при оценке геодинамической активности многих регионов (Урал, Поволжье, Российский Север, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток, Средняя Азия). Наиболее детально изучены Западный Урал и Приуралье, где методы АКГИ применяются более 50 лет, создана школа пермских аэрокосмогеологов [3, 7, 10, 17].

Методика дешифрирования КС базируется на принципе поэтапного анализа аэрокосмических материалов разных уровней генерализации. Технологически это выполняется путем системного анализа (дешифрирования) КС разного масштаба от мелкого – к крупному (с захватом прилегающих территорий – чем мельче масштаб, тем большая площадь изучалась) и чем меньше площадь, тем детальнее изучение. Дешифрирование проводилось по 6 уровням генерализации в следующей последовательности:

- обзорное дешифрирование Уральского региона КС 6 уровня (вырезка из площади 2000x1000 км);
- обзорно-региональное и региональное дешифрирование КС 4-5 уровней с охватом всей УР и прилегающей территории;
- регионально-зональное дешифрирование КС 3 уровня в юго-восточной части УР;
- зональное дешифрирование КС 2 уровня - территории Завьяловского и Сарапульского районов;

- детализированное дешифрирование КС 1 уровня территории проектируемого нефтепровода и отдельных участков в полосе побережий Воткинского водохранилища.

Для дешифрирования использованы цифровые КС среднего разрешения (Landsat-8). Для обработки данных применялись программы и модули на платформе ESRI Arc GIS (расширения Arc GIS Spatial Analyst, Arc GIS Geostatistical Analyst, Arc GIS 3D Analyst). Выходной информацией являлись геоинформационные картографические модели и карты геологического содержания.

По результатам структурного дешифрирования КС составлялись карты линеаментов и геодинамических активных зон в соответствующих масштабах работ.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате дешифрирования КС территории Удмуртии с прилегающей территорией и детализацией в районе в юго-восточной части выявлено 1,5 тыс. прямолинейных линеаментов, ранжированных по протяжённости на 8 таксономических рангов (табл. 1).

Таблица 1

Результаты дешифрирования территории Удмуртии

Уровень генерализации	Площадь изучения, км	Ранг изучения	Масштаб дешифрирования	Протяженность линеаментов, км	Количество линеаментов
1	30x4	зонально-детальный	1:50 000	2-5	182
2	60x40	зональный	1:100 000	5-10	94
3	145x90	регионально-зональный	1:200 000	10-25	312
4	300x200	региональный	1:500 000	25-100	681
5	300x200	обзорно-региональный	1:1 000 000	100-200	169
6	300x200	обзорный	1:2 500 000	200-300 и более	40
		обзорный	1:5 000 000		16
		обзорный	1:10 000 000		6

Линеаментное поле Удмуртского региона по дешифрированию КС разных масштабов отображено на рис. 3.

Установлены прямолинейные линеаменты восьми систем. В региональном и зональном линеаментных полях на КС (масштабы 1:1 000 000 и менее), наиболее четко выражена серия субмеридиональных, северо-восточных и северо-западных линеаментных зон, которые также отражены и в пределах локального линеаментного поля (масштабы 1:500 000) в районе трассы нефтегазопровода.

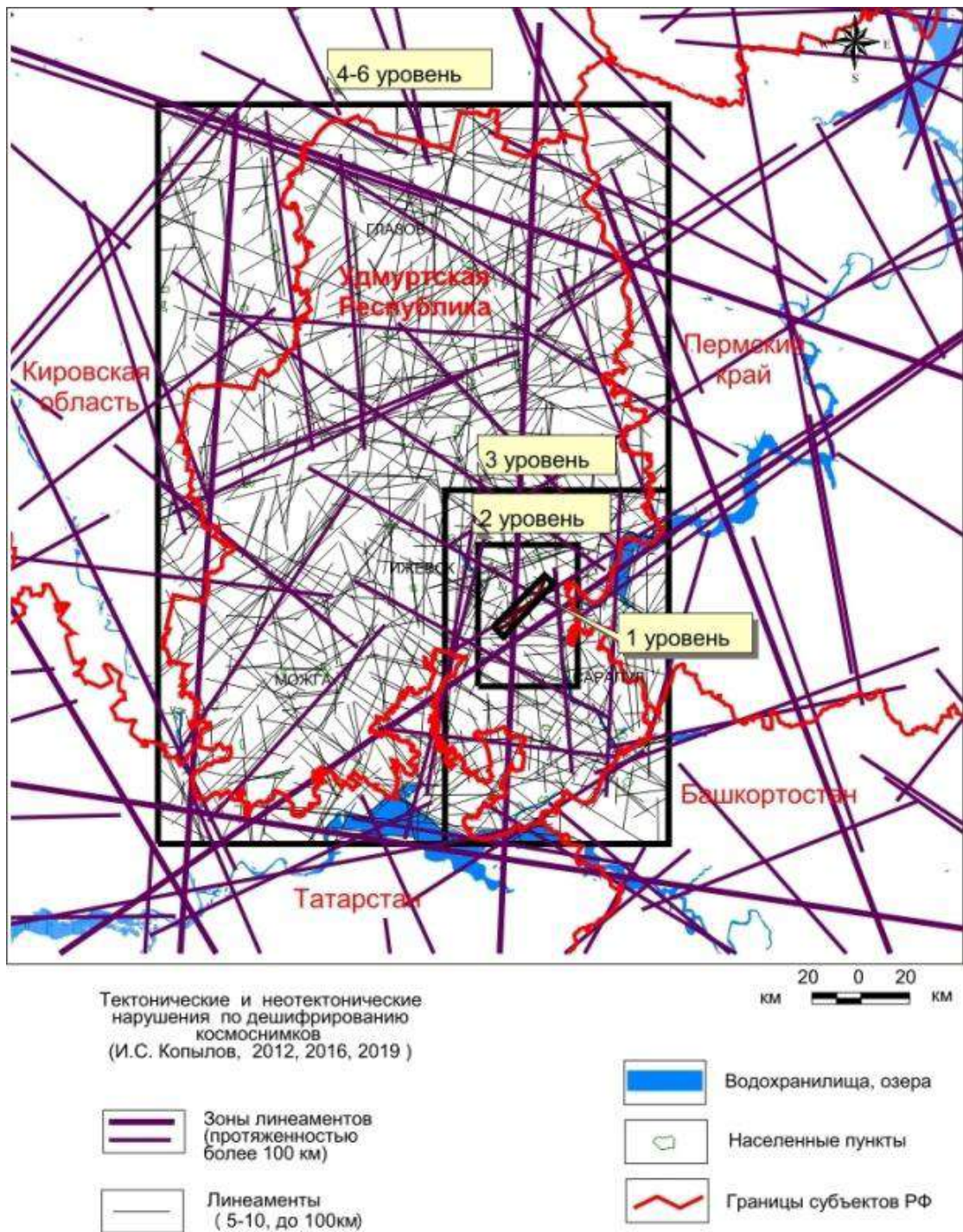


Рис. 3. Линеаментное поле Удмуртской Республики по разным уровням дешифрирования космоснимков

Реже проявляются субширотные линеаменты. Прямолинейные линеаменты предположительно отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных и флексурно-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. Региональные и зональные

линеаменты, как правило, контролируют элементы тектонического строения территории – первого и второго порядка (своды, валы, крупные складчатые структуры) и хорошо коррелируются с неотектоническими структурами. Наиболее тектонически ослабленными являются геодинамические зоны и участки на границах неотектонических блоковых структур.

Проведен анализ плотности линеаментов (основной показатель – суммарная протяженность на единицу площади по всем линеаментам) и по этим показателям выполнена оценка геодинамической (неотектонической) активности территории. Общий фон составляют значения с низкой ($0,2-0,4$ км/км² - 2 балл, зеленый цвет на картах, среди которых локально выделяются аномалии со значениями менее $0,2$ км/км² - 1 балла) и повышенной ($0,4-0,5$ км/км² - 3 балл, желтый цвет) степенью значений плотности линеаментов. Отмечается резкая неоднородность в распределении плотности линеаментов, обусловленная блоковой тектоникой и дифференцированными неотектоническими движениями – многочисленные, но небольшие по площади аномалии с высокой степенью ($0,5-0,6$ км/км² - 4 балл, розовый цвет) интенсивности, характерны для участков границ неотектонических блоковых структур.

Выделяется 5 геодинамических активных зон регионального уровня ($0,6-0,7$ км/км² - 5 балл, красный цвет, среди которых локально выделяются аномалии со значениями более $0,7-0,8$ км/км² - 6 балла) (рис. 4):

- Глазовская (размеры 100×15 км, площадь 1560 км²) – линейная зона СЗ простирания. Отмечаются аномалии плотности линеаментов до $0,82$ км/км²;

- Игринская (120×20 км, 2381 км²) – линейная зона СВ простирания. Отмечаются аномалии плотности линеаментов до $0,88$ км/км²;

- Ижевская (150×30 км, 4750 км²) – линейная зона ССВ простирания. Отмечаются аномалии плотности линеаментов до $1,44$ км/км²;

- Сарапульская (50×25 км, 1158 км²) – изометрично-линейная зона ССЗ простирания. Отмечаются аномалии плотности линеаментов до $1,50$ км/км²;

- Увинская (30×15 км, 542 км²) – изометрично-линейная зона ССЗ простирания. Отмечаются аномалии плотности линеаментов до $0,79$ км/км².

В пределах крупнейшей Ижевской региональной геоактивной зоны выделен участок детализационного изучения, где проектируется строительство нефтепровода. Для этого участка характерны высокие и очень высокие значения плотности линеаментов ($0,8-1,1$ км/км²) в юго-западной половине и средние и повышенные значения в северо-восточной части ($0,4-0,8$ км/км²), что обуславливает соответствующее развитие экзогенных геологических процессов с более интенсивным развитием в юго-западной части.

Ниже приводятся фрагменты геоинформационной карты геодинамической активности и неотектонических линеаментов территории Удмуртии на район юго-востока и участка нефтепровода (рис. 5, 6).

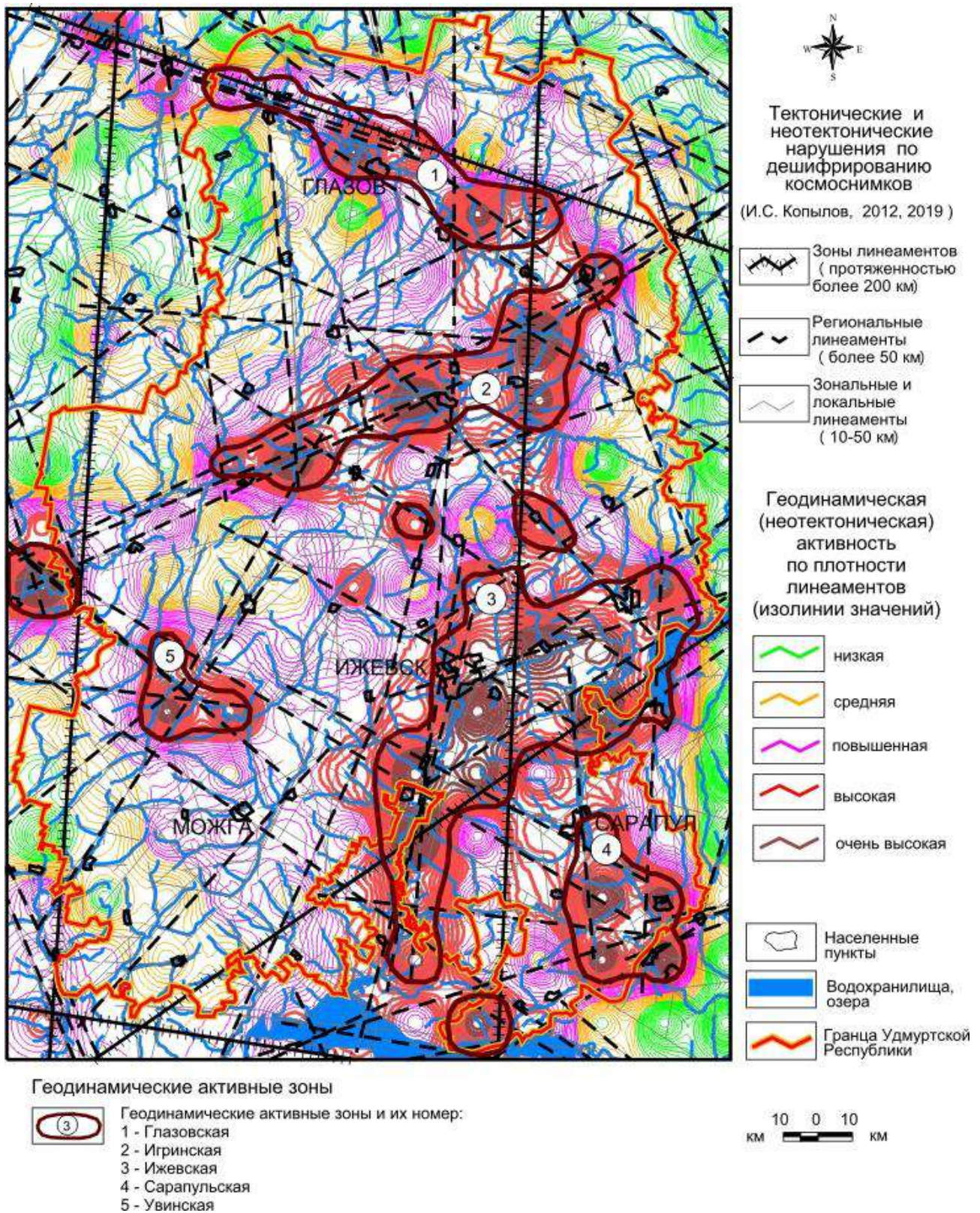


Рис. 4. Карта геодинамических активных зон Удмуртской Республики

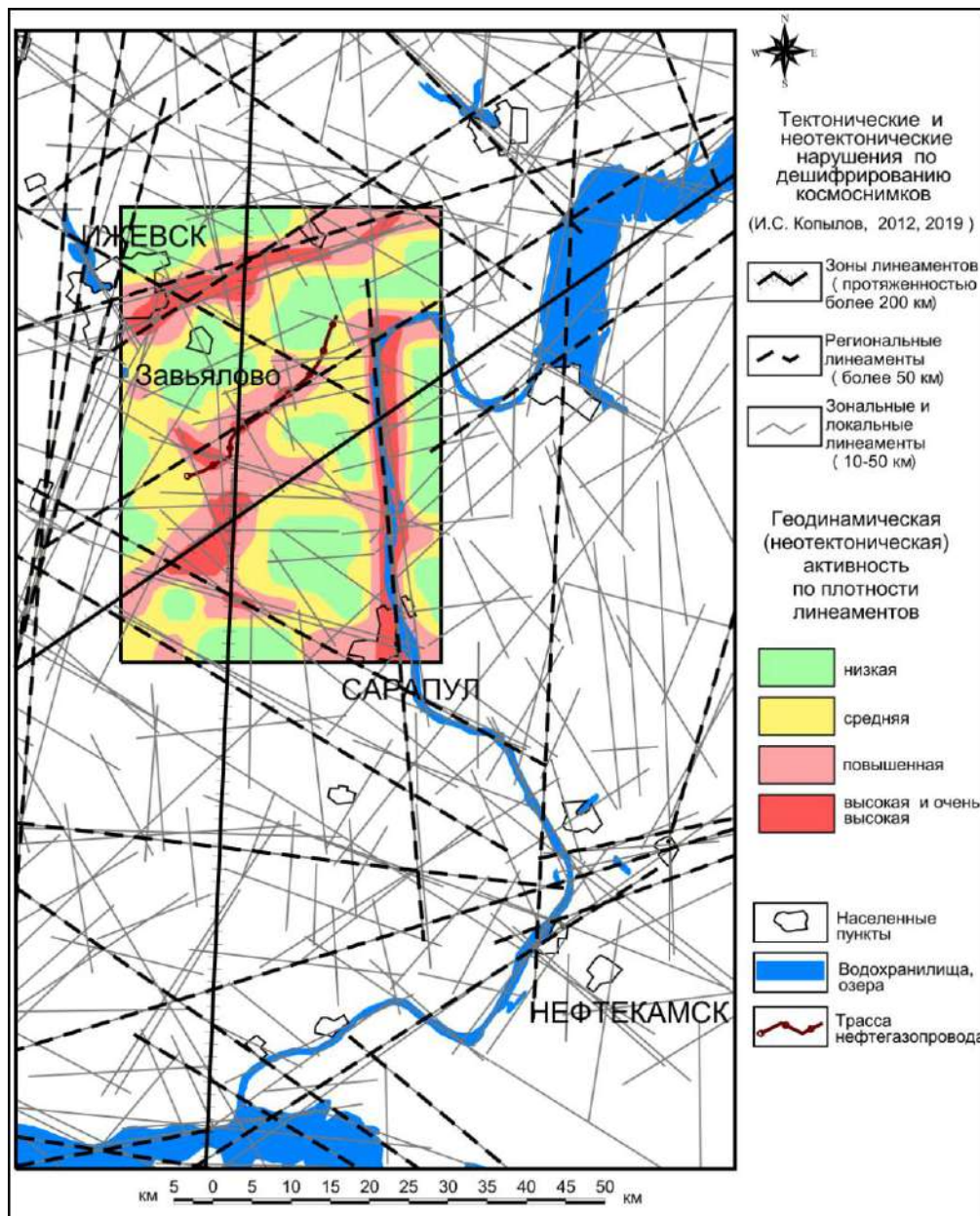


Рис. 5. Фрагмент карты геодинамической активности и неотектонических линеаментов территории Удмуртии (юго-восточная часть)

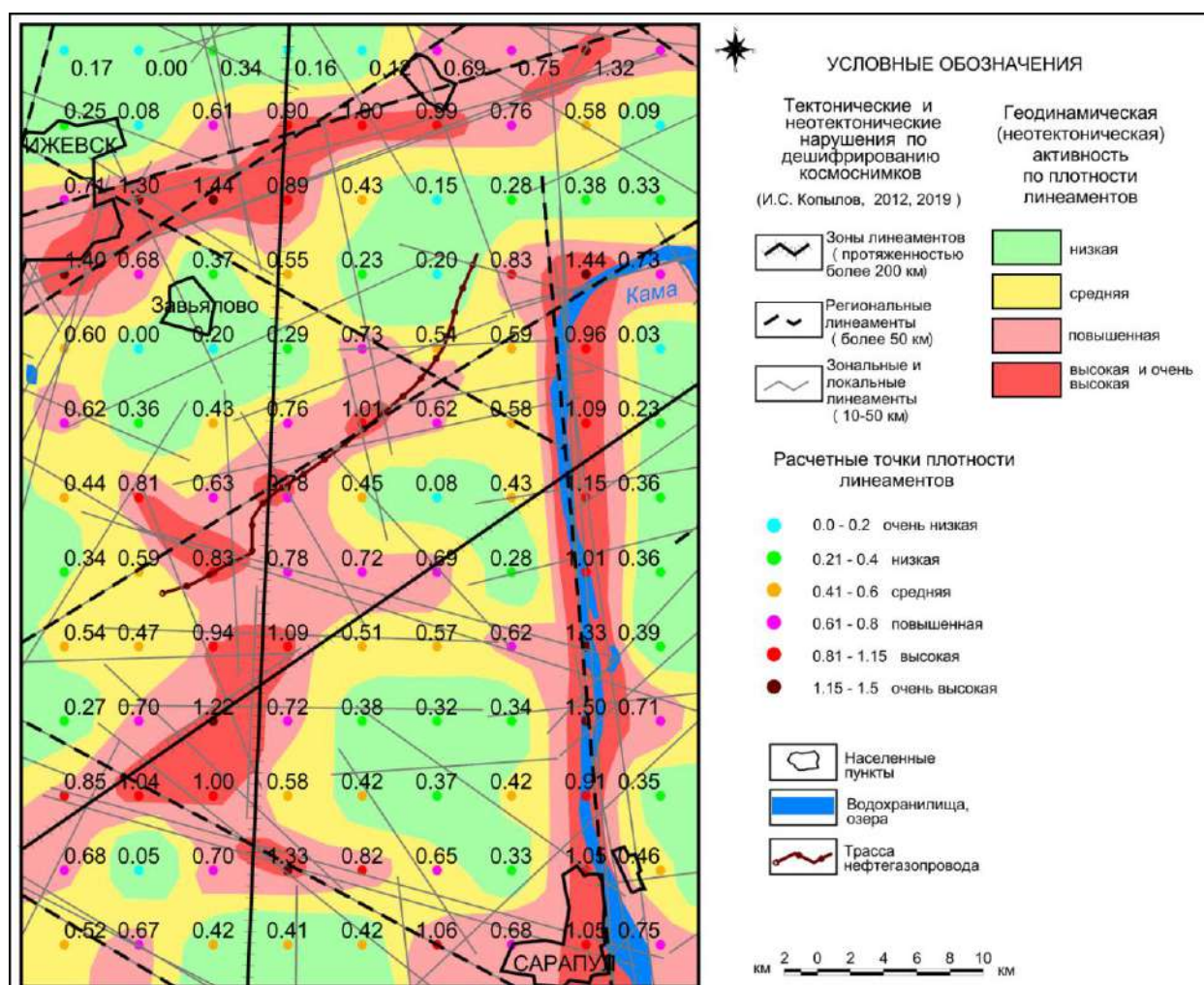


Рис. 6. Фрагмент карты геодинамической активности участка нефтегазопровода – расчетная схема плотности линеаментов (Завьяловский и Сарапульский районы)

Проведенный пространственный и статистический анализ (совместно с М.М. Санкло) [15, 16] по оценке влияния тектонической трещиноватости на распределение экзогенных геологических процессов и водопрооявлениями, показал существенные корреляционные связи между показателями (особенно между плотностью линеаментов и плотностью овражной эрозии и оползней). Пространственный анализ распространения известных водопрооявлений в зоне активного водообмена (по данным государственного гидрогеологического картирования масштаба 1:200 000 листа О-39-XXX, Еремеев В.А., 1973ф), как естественных (родники), так и искусственных (гидрогеологические скважины) показывает на приуроченность их к тектоническим нарушениям (линеаментам), выделенных по современным космическим снимкам. Большинство источников подземных вод находится на участках пересечения или сгущения линеаментов различных рангов. Участки перетоков солоноватых вод в скважинах связаны с региональными линеаментами глубокого заложения (рис. 7).

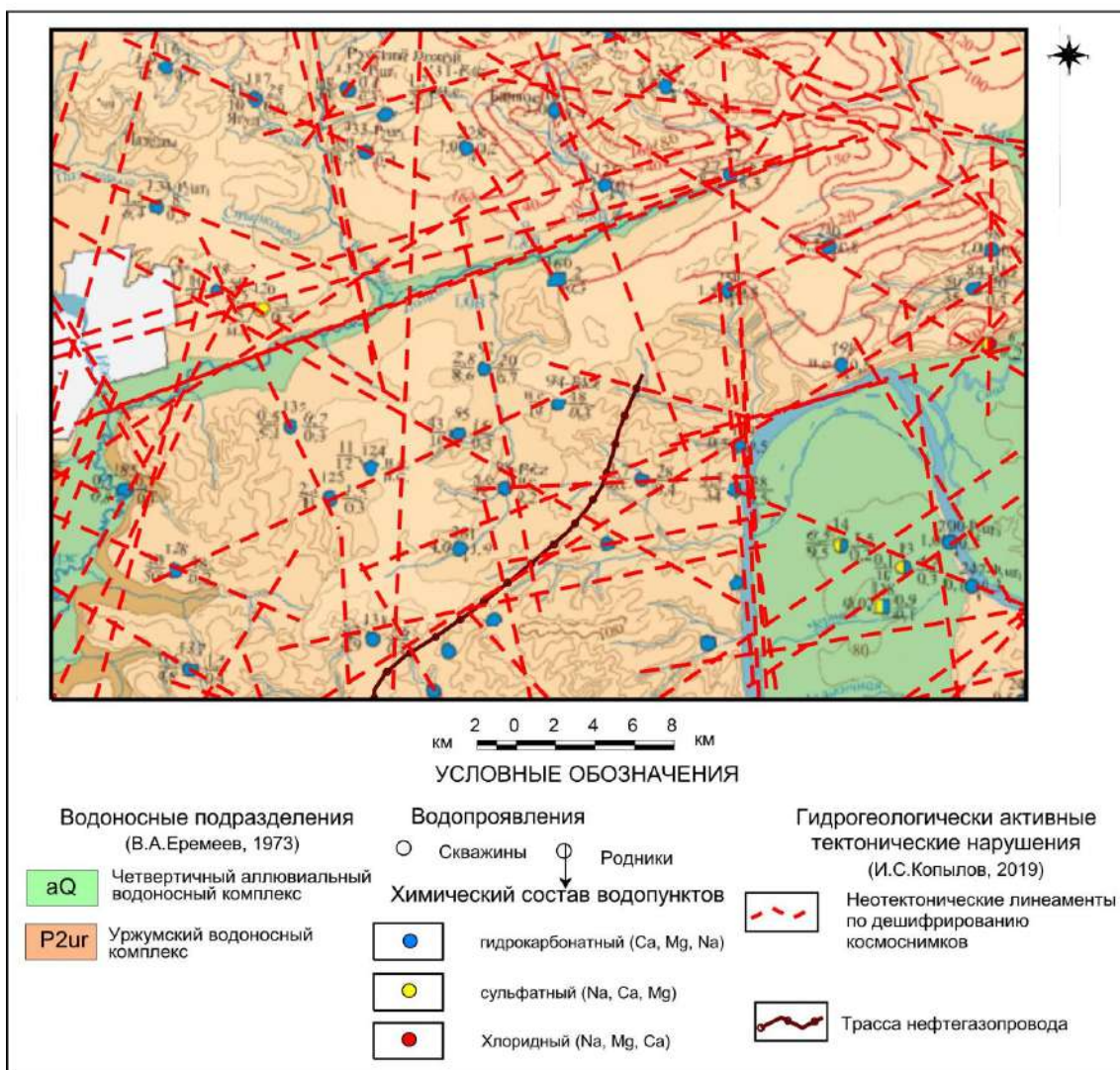


Рис. 7. Гидрогеологически активные неотектонические линейaments в междуречье Ижа и Сивы (фрагмент гидрогеологической карты масштаба 1:200 000 листа О-39-XXX. Еремеев В.А., 1973)

Заклучение

На территории Удмуртии дешифрированием космических снимков (масштаб 1:1 00 000-1:100 000), с детализацией в отдельных районах (масштаб 1:50 000) выделено 1,5 тыс. неотектонических линейaments. Установлено 5 геодинамических активных зон регионального уровня с очень высокой и чрезвычайно высокой плотностью тектонической трещиноватости: Глазовская (площадь 1560 км²), Игринская (2381 км²), Ижевская (4750 км²), Сарапульская (1158 км²), Увинская (542 км²).

Пространственный и статистический анализ по оценке влияния тектонической трещиноватости на распределение экзогенных геологических процессов и водопроявлений, показал существенные корреляционные связи между показателями, что свидетельствует о влиянии неотектоники и современной геодинамики на инженерно-геологические и гидрогеологические условия территории.

Библиографический список

1. Инженерная геология СССР. Том 1. Русская платформа. Ред. И.С. Комаров. М.: МГУ, 1978.
2. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 6. С. 14-19.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
4. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 67-71.
5. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
6. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 5-2. С. 110-114.
7. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
9. 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.
10. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.
11. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
12. 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.
13. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491 с.
14. Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. УдГУ, Ижевск, 1998. 232 с.
15. Санкло М.М. Неотектонические процессы в платформенных областях и их влияние на инженерно-геологические условия и динамику подземных вод (на примере Удмуртии) // *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Пермь, 2018*. С.254-268.
16. Санкло М.М., Копылов И.С. Влияние неотектоники на инженерно-геологические и гидрогеологические условия вод в пределах восточной части Балтийского щита // *В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019*. С. 219-231.
17. 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 // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2015. № 1-3. С. 305-311.

**РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В
ПРИМОРСКОМ КРАЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ ОТВОДАХ ШАХТ»
ОАО «ПРИМОРСКУГОЛЬ»**

Проведены разномасштабные инженерно-аэрокосмогеологические исследования и линеаментно-геодинамический анализ на территории Партизанского городского округа Приморского края. Дешифрированием космических снимков выделено более 1000 прямолинейных линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. Установлена геодинамическая активная зона в восточной части шахтных поселков Углекаменск и Казанка. Она связана с системой трещинных зон регионального Партизанского разлома и оказывает наибольшее влияние на водонасыщение горизонтов подземных вод и природно-техногенное подтопления населенных пунктов.

Ключевые слова: инженерная геология, инженерные аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование космоснимков, линеаменты, геодинамическая активность, оценка, подтопление, шахтные воды, Приморский край.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

**RESULTS OF AEROSPACE AND GEOLOGICAL RESEARCHES IN THE
PRIMORSKY KRAI FOR CARRYING OUT ENGINEERING MEASURES
TO PROTECT AGAINST WATERING OF BUILDINGS AND
CONSTRUCTIONS AT MINING ALLOCATIONS OF MINES "
OJSC "PRIMORSKUGOL"**

Multiscale engineering and aerospace geological studies and linear-geodynamic analysis were carried out on the territory of the Partizansky urban district of the Primorsky Territory. Deciphering satellite images identified more than 1000 rectilinear lineaments identified with tectonic disturbances of the sedimentary cover. A geodynamic active zone has been established in the eastern part of the mine villages of Uglekamensk and Kazanka. It is associated with the system of fissure zones of the regional Partisan fault and has the greatest impact on the saturation of groundwater horizons and the natural and technogenic flooding of settlements.

Key words: engineering geology, engineering aerospace and geological research, satellite image interpretation, lineaments, geodynamic activity, assessment, flooding, mine water, Primorsky Territory.

Введение

В составе инженерных изысканий для строительства одним их важнейших видом исследований является оценка опасности и риска от природных и техногенных процессов (СП 47.13330.2016), которая наиболее

наиболее объективно и качественно проводится на основе проведения инженерно-аэрокосмогеологических исследований (ИАКГИ).

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, которые выявляются при проведении линеаментно-геодинамического анализа [4, 7].

Объект исследований – здания и сооружения, расположенные на горных отводах шахт» ОАО «Приморскуголь» (ДОО «Шахтоуправление «Нагорное»), с. Углекаменск, с. Казанка, Партизанского городского округа Приморского края РФ.

Инженерно-аэрокосмогеологические исследования и линеаментно-геодинамический анализ территории выполнены автором в июле-августе 2019 г. в составе инженерно-геологических изысканий ООО «Экопроект» (г. Пермь) [1].

Природно-геологические условия района исследований описаны в работах [9-10].

Методика исследований

Основными методами исследований были комплексные инженерно-аэрокосмогеологические исследования (ИАКГИ) и линеаментно-геодинамический анализ с использованием материалов аэрокосмических съемок (МАКС) для оценки тектонической и неотектонической трещиноватости, геодинамической и сейсмотектонической активности, картирования трещинно-блокового строения, определение степени геодинамической опасности объекта исследования, а также для определения тектонических условий подтопления поселков.

Методика исследований включала: подготовку материалов дистанционных съемок, визуальное выделение геоиндикаторов, интерактивное компьютерное структурно-геологическое дешифрирование космических снимков (КС), автоматизированную обработку линеаментов, сопоставление данных с геофизическими и другими полями и оценку достоверности результатов, создание итоговых карт районирования, оценки и прогноза. Критериями оценки геодинамической активности являются различные расчетные показатели.

Структурно-геологическое дешифрирование и линеаментно-геодинамический анализ на рассматриваемой территории проводились с применением компьютерных технологий в соответствии с методиками [2-11] стадийной последовательности от мелкого масштаба – к крупному (рис. 1).

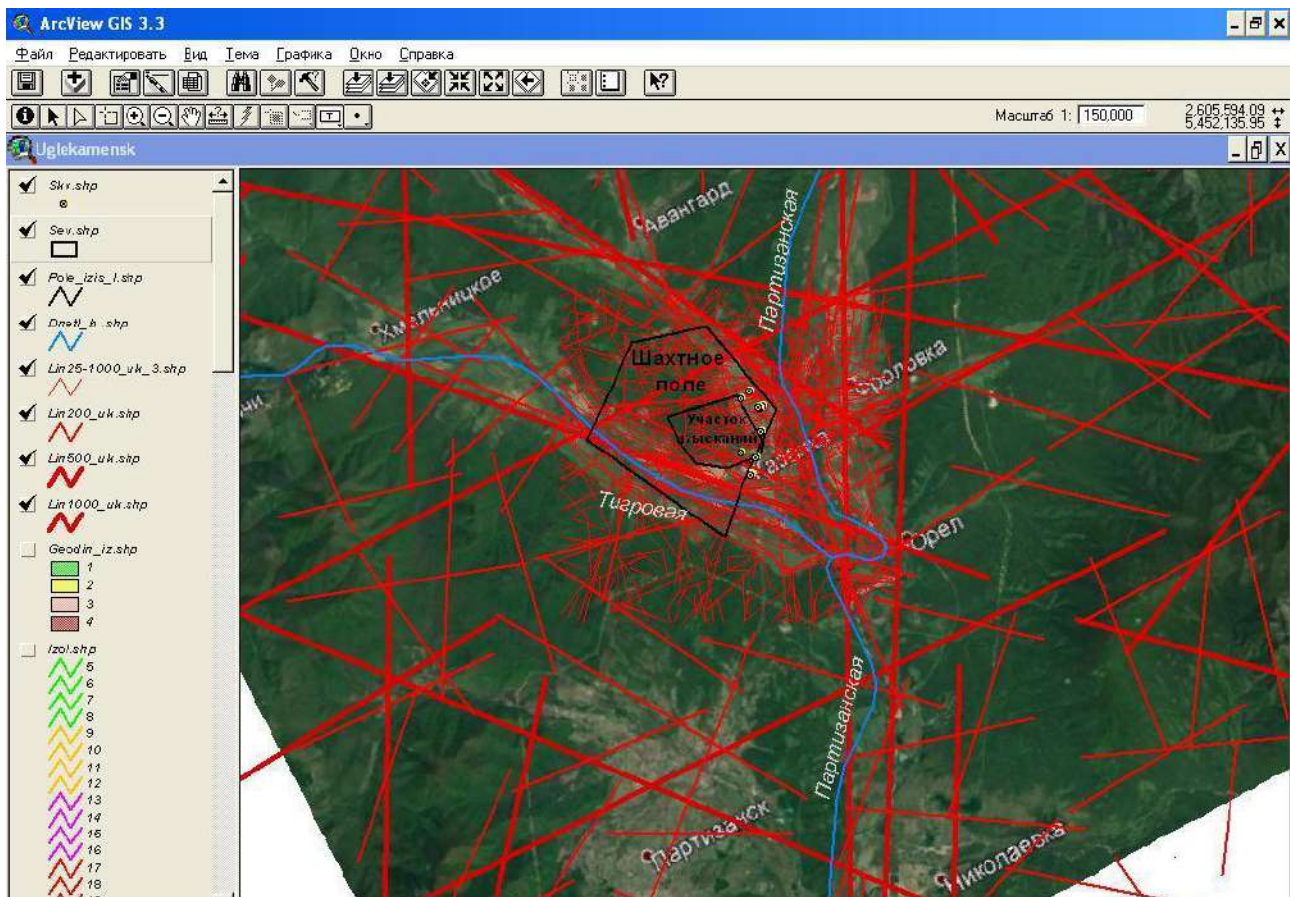


Рис. 1. Фрагмент рабочей программы компьютерного космогеологического разномасштабного дешифрирования Партизанского городского округа

Дешифрирование проводилось по трем уровням детальности: региональному – мелкомасштабному (1:1 000 000-1:500 000), регионально-зональному – среднемасштабному (1:200 000-1:100 000) и детальному – крупномасштабному (1:50 000, 1:25 000, 1:10 000).

Линеаментно-геодинамический анализ заключается в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования космических снимков (КС), далее – в аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности и построение ее картографических моделей разного уровня детальности.

При обработке данных дешифрирования применялись различные технологии, одной из основных являлось определение плотности линеаментов. Обработка линеаментов, расчет их плотности производился в Arc Map (Spatial Analyst Tools, Line Density).

Одним их важнейших показателей является плотность разломов, линеаментов, мегатрещин, выраженная по суммарной их протяженности на единицу площади. 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 геоактивным зонам относятся участки с очень высокой и чрезвычайно высокой трещиноватостью и в отдельных случаях – участки с высокой трещиноватостью, отличающиеся высокой контрастностью относительно фона.

Результаты исследований и их обсуждение

По дешифрированию космических снимков на рассматриваемой территории выделены тектонические нарушения (линеаменты различных размеров и направлений). Наиболее четко на снимках выражена серия ортогональной системы региональных линеаментов (меридиональных и широтных) и диагональная система (рис. 2).

Выделено более 1000 прямолинейных линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. По протяженности они ранжированы на 5 градаций – региональные (более 100 км), зональные 1 порядка (50-100), зональные 2 порядка (15-50), локальные (5-15) км и короткие разных порядков (первые сотни м – 5 км).

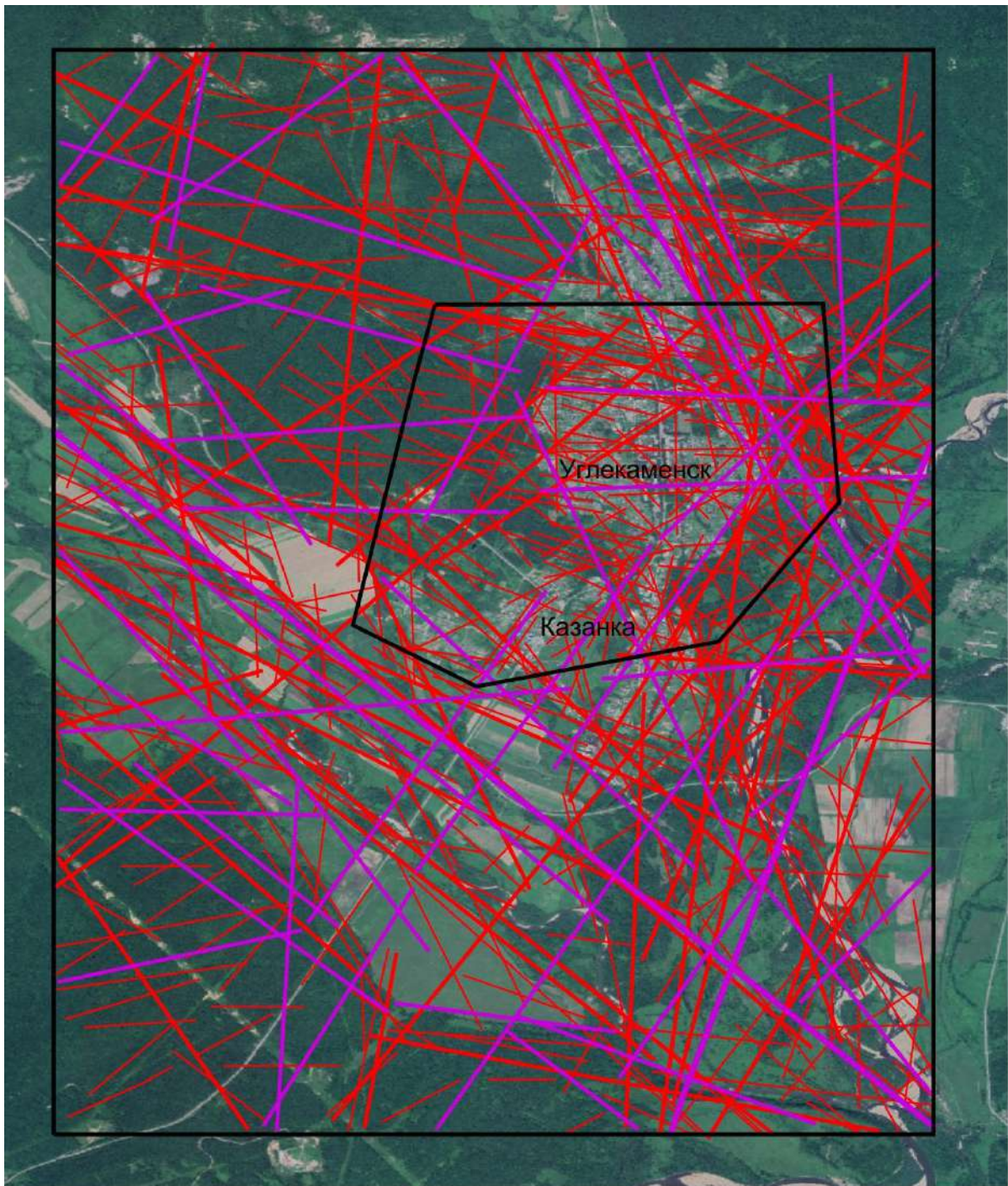
На территории, площадью 120 x 90 км (1 уровень – территория, охватывающая значительную часть Приморского края), проведено дешифрирование КС масштабов: 1:1 000 000-1:500 000 и выделено 27 региональных и 73 зональных линеаментов.

На площади 30 x 30 км (2 уровень – территория, охватывающая значительную часть Партизанского городского округа), проведено дешифрирование КС масштаба: 1:200 000-1:100 000 и выделено 87 локальных линеаментов.

На площади 10 x 10 км (3 уровень – непосредственно территория инженерных изысканий с центром – п. Углекаменский) проведено дешифрирование КС масштабов: 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000. Всего здесь выделено 822 прямолинейных линеаментов, из них – 652 коротких и очень коротких линеаментов, составляющих основной объем линеаментного поля.

Проведена оценка геодинамической активности района. Выделены участки: с низкой и средней плотностью линеаментов (геодинамической активностью), составляющие фон района и участки с повышенной, высокой и очень высокой плотностью линеаментов, которые преобладают в районе поселков Углекаменский и Казанка. Наиболее высокие значения плотности линеаментов установлены в центральной части п. Углекаменский и восточной части п. Казанка (рис. 3).

По результатам инженерно-аэрокосмогеологических исследований и комплексного линеаментно-геодинамического анализа составлена тектоническая карта района изысканий (рис.4).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Тектоническая трещиноватость.
по дешифрированию космических снимков.
Тектонические линеаменты протяженностью:



Площадь участка
инженерных изысканий


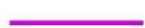


-  более 15 км (масштаб дешифрирования 1:500 000 и мельче)
-  5-15 км (масштаб дешифрирования 1:200 000)
-  0,5-1,5 км (масштаб дешифрирования 1:50 000 - 100 000)
-  0,5 км и менее (масштаб дешифрирования 1:25 000 и крупнее)

Рис. 2. Карта тектонической трещиноватости района п.Углекаменский и с.Казанка по дешифрированию космических снимков (масштабы 1:50 000-1:10 000)

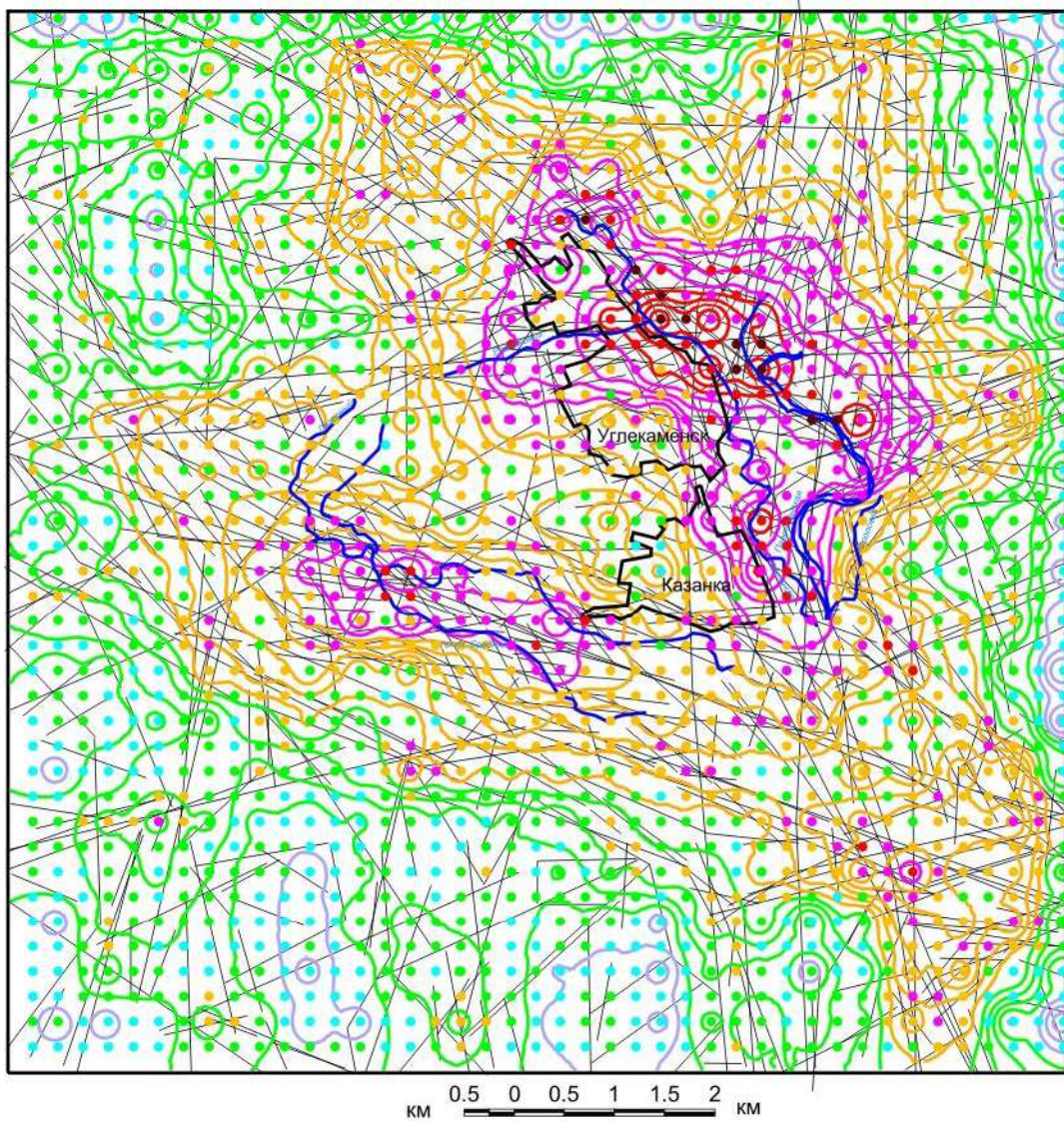
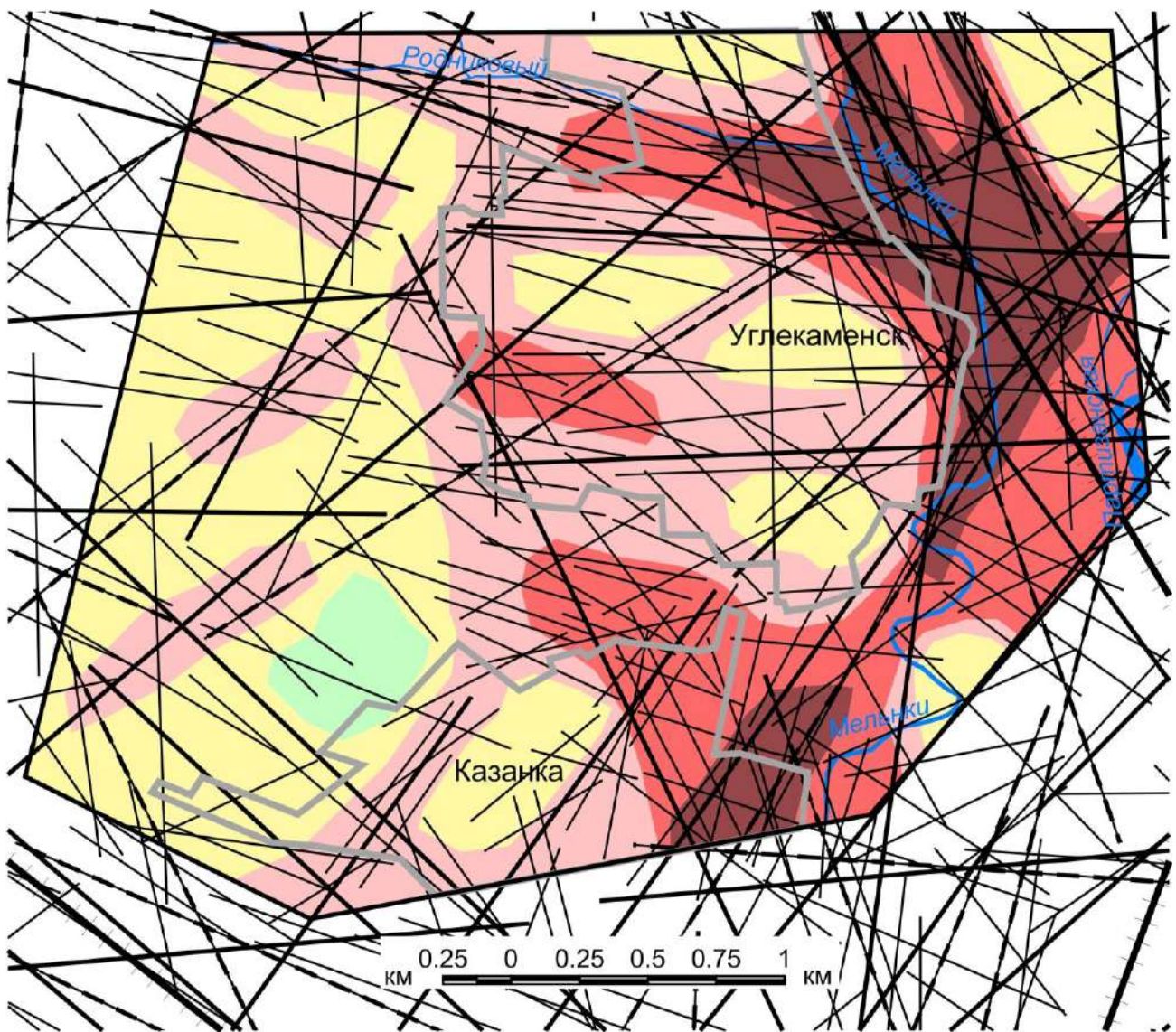


Рис. 3. Расчетная схема геодинамической активности района п.Углекаменский и с.Казанка масштаба 1:50 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Тектоническое районирование

Сихотэ-Алинский тектонический регион:
Партизанско-Яковлевская наложенная впадина

**Тектоническая трещиноватость по
дешифрированию космических снимков**

- зональные и региональные линеаменты протяженностью 15-50 и более км
- локальные линеаменты 5-15 км
- короткие линеаменты 1,5-5 км
- короткие линеаменты 0,5-1,5 км

**Геодинамическая активность
(по плотности линеаментов)**

- низкая
- средняя (повышенная)
- высокая
- очень высокая
- чрезвычайно высокая
- Площадь участка инженерных изысканий
- Населенные пункты
- Гидросеть

Рис. 4. Тектоническая карта с оценкой геодинамической активности района

На основе комплексных инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий [1] установлено, что наибольшее влияние на водонасыщение

горизонтов подземных вод в районе поселков оказывают две мобильные линейные зоны тектонической трещиноватости субширотного направления. Первая зона проходит по обоим склонам долины ручья Родниковый в п. Углекаменский. Вторая зона прослеживается в северной и южной частях п. Казанка. В пределах этих зон находятся участки жилых строений, наиболее подверженные процессам подтопления. На восточной окраине поселков обе зоны пересекаются системой тектонической трещиноватости субмеридионального направления по долине р.Мельники, где отмечается наиболее сильная геодинамическая активность.

Выводы

1. В результате разномасштабных аэрокосмогеологических исследований на территории Партизанского городского округа Приморского края выделено более 1000 прямолинейных линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла, которые концентрируются в ряде мобильных линейных трещинных зонах с повышенной геодинамической активностью.

2. В результате детального аэрокосмогеологического и линеаментно-геодинамического_анализов, инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий в восточной части н.п. Углекаменск и Казанка установлена геодинамическая активная зона, связанная с системой трещинных зон регионального Партизанского разлома, которая оказывает наибольшее влияние на водонасыщение горизонтов подземных вод.

3. Сопоставление результатов инженерных аэрокосмогеологических исследований и геофизики показало на хорошую сходимость результатов дешифрирования космоснимков с данными электроразведки (подтверждение геоактивных участков зонами повышенной проницаемости пород электроразведочными работами на участках их проведения).

4. Разработаны рекомендации по комплексу специальных мероприятий, обеспечивающих снижение рисков природно-техногенного подтопления населенных пунктов.

Библиографический список

1. *Инженерные мероприятия по защите от подтопления зданий и сооружений, расположенных на горных отводах шахт ОАО «Приморскуголь» (ДАО «Шахтоуправление «Нагорное») / Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации. 18/0402.3050790019.244/11/98-ИГИ. Том 2 / И.С. Копылов, В.В. Оборин, Т.В. Овчинникова и др. ООО «ЭКОПРОЕКТ», Пермь, 2019. 179 с.*

2. *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.*

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. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.*

5. *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.

6. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12. С. 172-177.

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

8. 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. Главный редактор И.С. Копылов. 2019. С. 218-227.

9. Копылов И.С., Оборин В.В. Инженерно-геоморфологические условия на подтопляемых территориях Приморского края в Партизанском угольном бассейне // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. № 20. 2020.

10. Оборин В.В., Копылов И.С. О проблеме подтопления шахтными водами населенных пунктов угледобывающих территорий в Приморском крае: факторы, причины, пути решения // *Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2020. С.127-136.*

11. 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 // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2015. № 1-3. С. 305-311.

И.С. Копылов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОКОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПОИСКОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ТРЕЩИННЫХ ЗОНАХ

Проведены аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) в центральной части Кировской области в общем комплексе гидрогеологических работ с целью выделения водообильных зон на двух изолированных участках. Выделено 194 прямолинейных линеаментов различных систем, которые предположительно отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в осадочном чехле и фундаменте. По детальным АКГИ на двух изученных площадях (р. Бахтинки и р. Мутницы) установлено 12 локальных участков с повышенной тектонической трещиноватостью, которые являются наиболее благоприятными участками для формирования скоплений подземных вод на данных площадях.

Ключевые слова: подземные воды, водообильные зоны, аэрокосмогеологические исследования, линеаментно-геодинамический анализ, Кировская область.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

RESULTS OF AEROSMO-GEOLOGICAL STUDIES IN THE CENTRAL PART OF THE KIROV REGION FOR SEARCHING FOR UNDERGROUND WATER IN CRACKED ZONES

Aerospace geological studies were carried out in the central part of the Kirov region in the general complex of hydrogeological works in order to distinguish water-rich zones into two isolated ones. 194 rectilinear lineaments of various systems have been identified, which presumably represent recently activated narrow subvertical linear zones of fracture-rupture structures and zones of tectonic fracturing in the sedimentary cover and basement. According to detailed aerospace geological studies in the two studied areas (Bakhtinka River and Mutnitsa River), 12 local areas with increased tectonic fracturing were identified, which are the most favorable areas for the formation of groundwater accumulations in these areas.

Key words: groundwater, water-abundant zones, aerospace-geological research, lineament-geodynamic analysis, Kirov region.

Введение

Один из основных методов поисков подземных вод являются аэрокосмические методы. Особенно большое значение имеет установление зон крупных разрывных дислокаций, к которым приурочены концентрированные потоки трещинно-жильных вод. Большое значение имеют линеаменты для уточнения границ распространения глубокозалегающих водоносных комплексов [1, 2].

Положение, согласно, которому, в формировании гидрогеологической обстановки в зоне активного водообмена, ведущую роль играют состояние структурно-геологических условий и неотектонические движения, которые формируют водообильные трещинные зоны, является закономерностью, для многих регионов мира и подтверждено нами в разных регионах [4-7, 11-13, 17]. Для выявления водообильных трещинных зон, обусловленных неотектонической (геодинамической) активностью целесообразно проводить линеаментно-геодинамический анализ. Геодинамические активные зоны, как правило, хорошо проявляются в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях [3, 8-10, 14, 15].

Методика и результаты исследований

Целью аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) являлось обеспечение в общем комплексе гидрогеологических работ аэрокосмогеологическими данными для выделения водообильных зон на двух изолированных участках (в районах рр. Бахтинки и Мутницы) в центральной части Кировской области.

Основными задачами были:

- проведение регионального дешифрирования космических снимков (КС) на территории Кировской области, охватывающей детальные участки для выявления и ранжирования протяженных линеаментов и изучения параметров регионального поля мегатрещиноватости;
- проведение анализа мегатрещиноватости (линеаментно-геодинамического анализа) по плотности мегатрещин и линеаментов для выявления зон повышенной трещиноватости и неотектонической активности.
- проведение детального дешифрирования аэрокосмических материалов (МАКС) для выявления сети прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента на двух изолированных участках в центральной части Кировской области;
- выявление зон повышенной трещиноватости и неотектонической активности для картирования водообильных зон.

Для решения задач проведены региональные и детальные АКГИ, произведено компьютерное структурно-геологическое дешифрирование КС разных масштабов: мелко-среднемасштабное (1:1 000 000-1:100 000) и крупномасштабное на детальных участках (1:25 000) [16] (рис. 1).

Всего на рассматриваемой территории, выделено 194 прямолинейных линеаментов. По размеру они подразделены на следующие таксономические ранги:

- региональные линеаменты большой протяженностью (> 200-300 км) – 1 линеамент,
- региональные линеаменты значительной протяженностью (100-200 км) – 3 линеамента,
- зональные линеаменты (30-50, до 100 км) – 18 линеаментов,
- локальные линеаменты (5-15, до 30 км) – 172 линеамента.

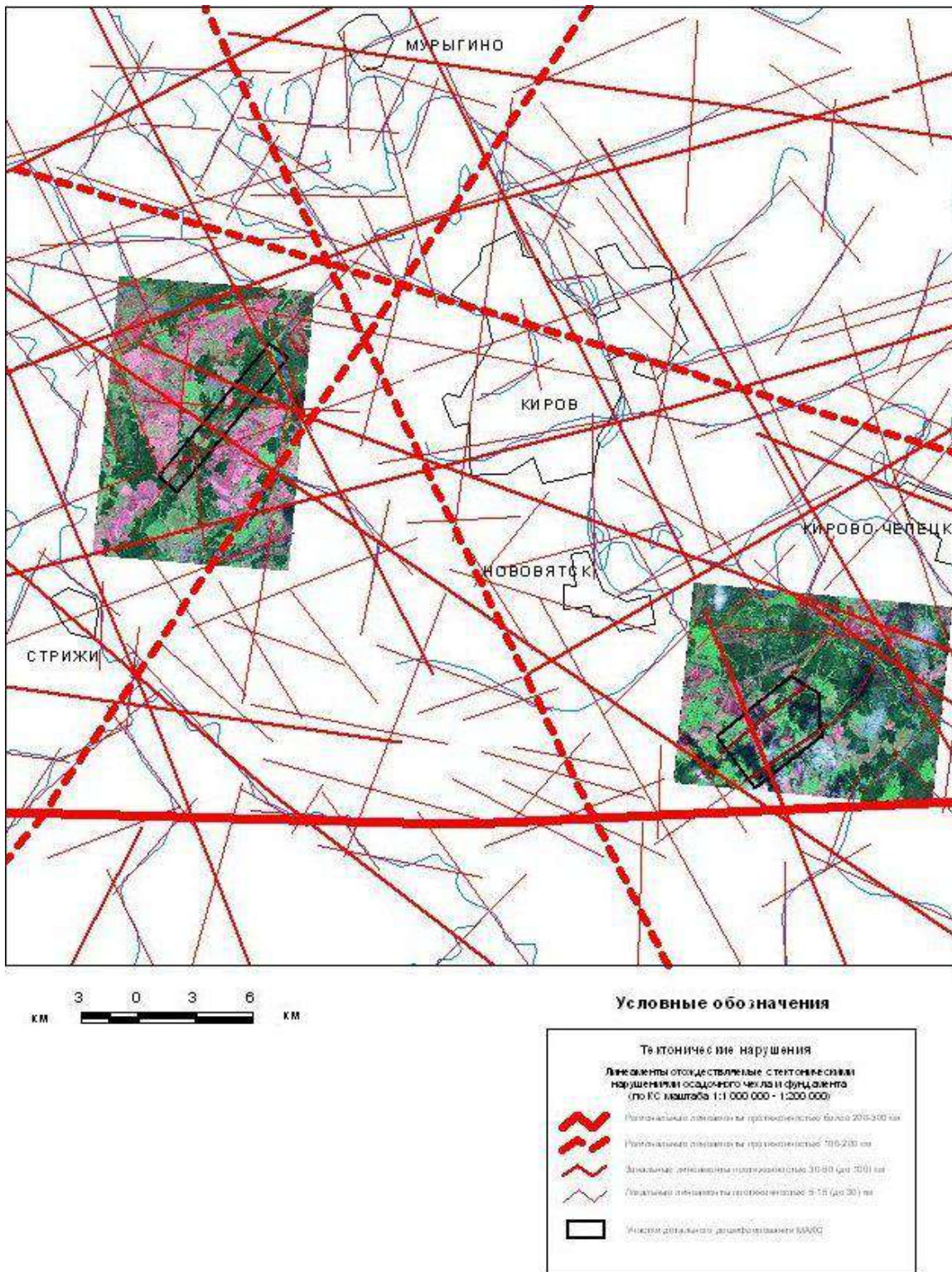


Рис. 1. Обзорная карта аэрокосмогеологических исследований в Кировской области

Установлены прямолинейные линеаменты различных систем, при этом, наиболее четко на КС выражена серия северо-западных и северо-восточных линеаментов. В южной части района (в 18 км южнее г. Киров) проходит наиболее крупный (глобального ранга) линеамент широтного простираения, протяженностью более 1 тыс. км.

Прямолинейные линеаменты предположительно отображают активизированные в новейшее время узкие субвертикальные линейные зоны трещинно-разрывных структур и зоны тектонической трещиноватости в осадочном чехле и фундаменте.

Наиболее тектоническими ослабленными являются геодинамические зоны и участки на границах неотектонических блоковых структур, и их осевых линиях, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение 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. Обработка проводилась с применением модуля Spatial Analyst. Геоинформационное картографирование проводилось программными средствами Arc View GIS и Arc GIS.

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 – многочисленные, но небольшие по площади аномалии с повышенной и высокой степенью интенсивности, характерны для участков границ неотектонических блоковых структур.

Региональными АКГИ на территории Кировской области выделяется более 10 геодинамических активных зон (размерами 3-7 x 2-3 км) с очень высокими (5-6 балл) значениями плотности линеаментов (рис. 2).

В пределы рассматриваемых площадей детальных АКГИ эти зоны не попадают. Также в пределы рассматриваемых площадей детальных АКГИ не попадают региональные линеаменты большой (более 100 км) протяженностью.

На участке р. Бахтинки, притока р. Чахловицы (площадь 12 км²) картируется 3 зональных и 5 локальных линеаментов, выделенных региональным дешифрированием КС и 180 коротких линеаментов (мегатрещин) выделенных детальным дешифрированием КС масштаба 1:25 000, протяженностью 0,5-1 (до 2) км. По плотности мегатрещиноватости в пределах участка р. Бахтинки выделяется 6 локальных участков (размеры 0,3-0,5 x 1-1,2 км) с повышенными значениями плотности мегатрещиноватости. Из них 3 участка в центральной и северной частях с наибольшими значениями (5-6 балл) (рис. 3, 4).

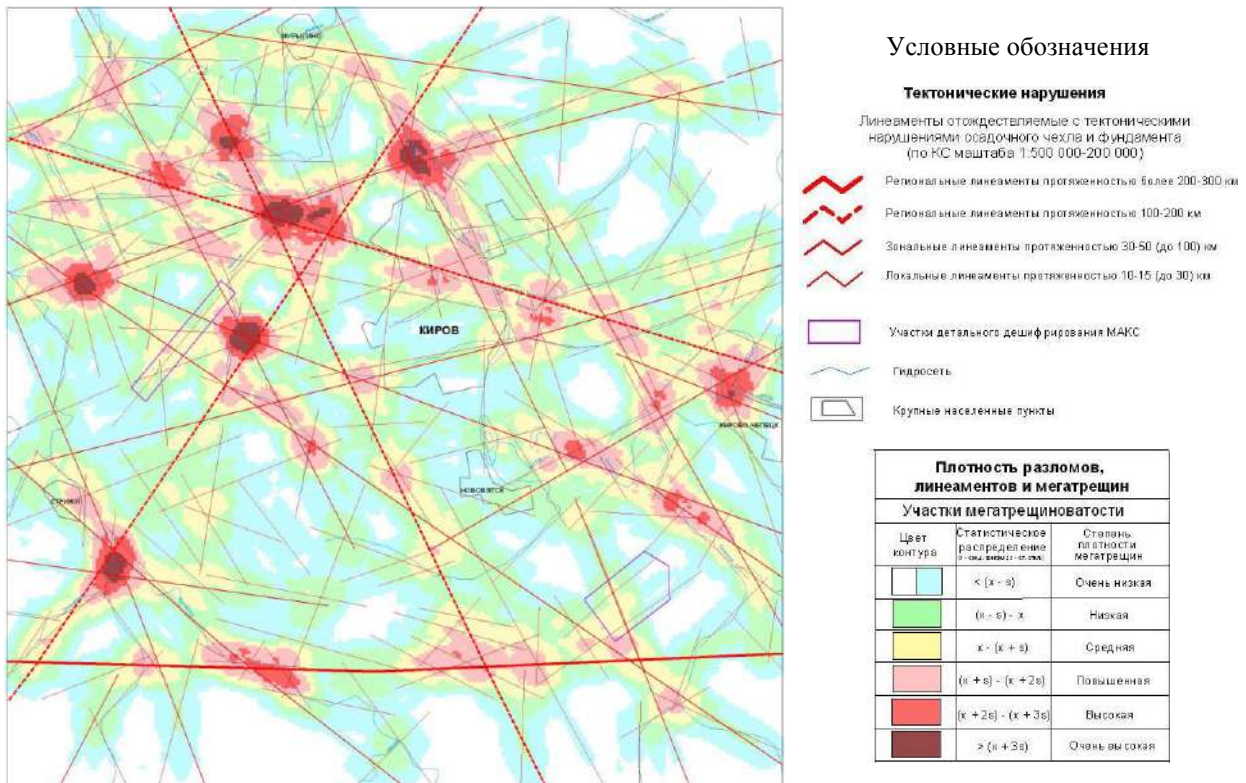


Рис. 2. Региональное линеаментное поле и геодинамические активные зоны Кировской области

На участке рр. Мутницы и Бердяги, притоков р. Бол. Просницы (площадь 18 км²) картируется 1 зональный и 3 локальных линеамента, выделенных региональным дешифрированием КС и 134 коротких линеаментов (мегатрещин) выделенных детальным дешифрированием КС масштаба 1:25 000, протяженностью 0,5-1 (до 2) км. По плотности мегатрещиноватости в пределах данного участка выделяется 6 локальных участков (размеры 0,2-0,4 x 1-1,6 км) с повышенными значениями плотности мегатрещиноватости. Из них 2 участка в южной части (на ручьях Мутницы и Плоски) с наибольшими значениями (5-6 балл) (рис. 5, 6).

В результате детального дешифрирования МАКС и согласно проведенному линеаментно-геодинамическому анализу и анализу мегатрещиноватости на изученных площадях установлено 12 локальных участков повышенной тектонической трещиноватостью. Они являются наиболее благоприятными участками для формирования скоплений подземных вод.

В результате детального дешифрирования МАКС и согласно проведенному линеаментно-геодинамическому анализу и анализу мегатрещиноватости на изученных площадях установлено 12 локальных участков повышенной тектонической трещиноватостью. Они являются наиболее благоприятными участками для формирования скоплений подземных вод.

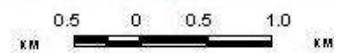
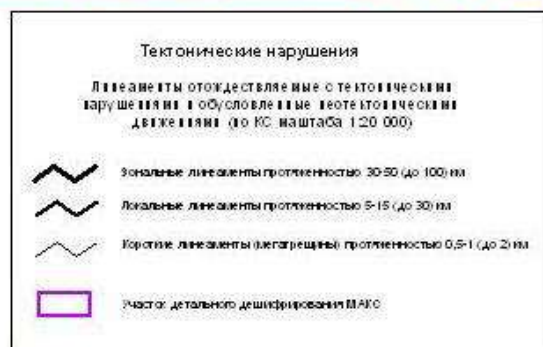
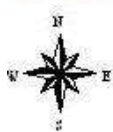


Рис. 3. Карта детального дешифрирования космоснимков участка р. Бахтинки

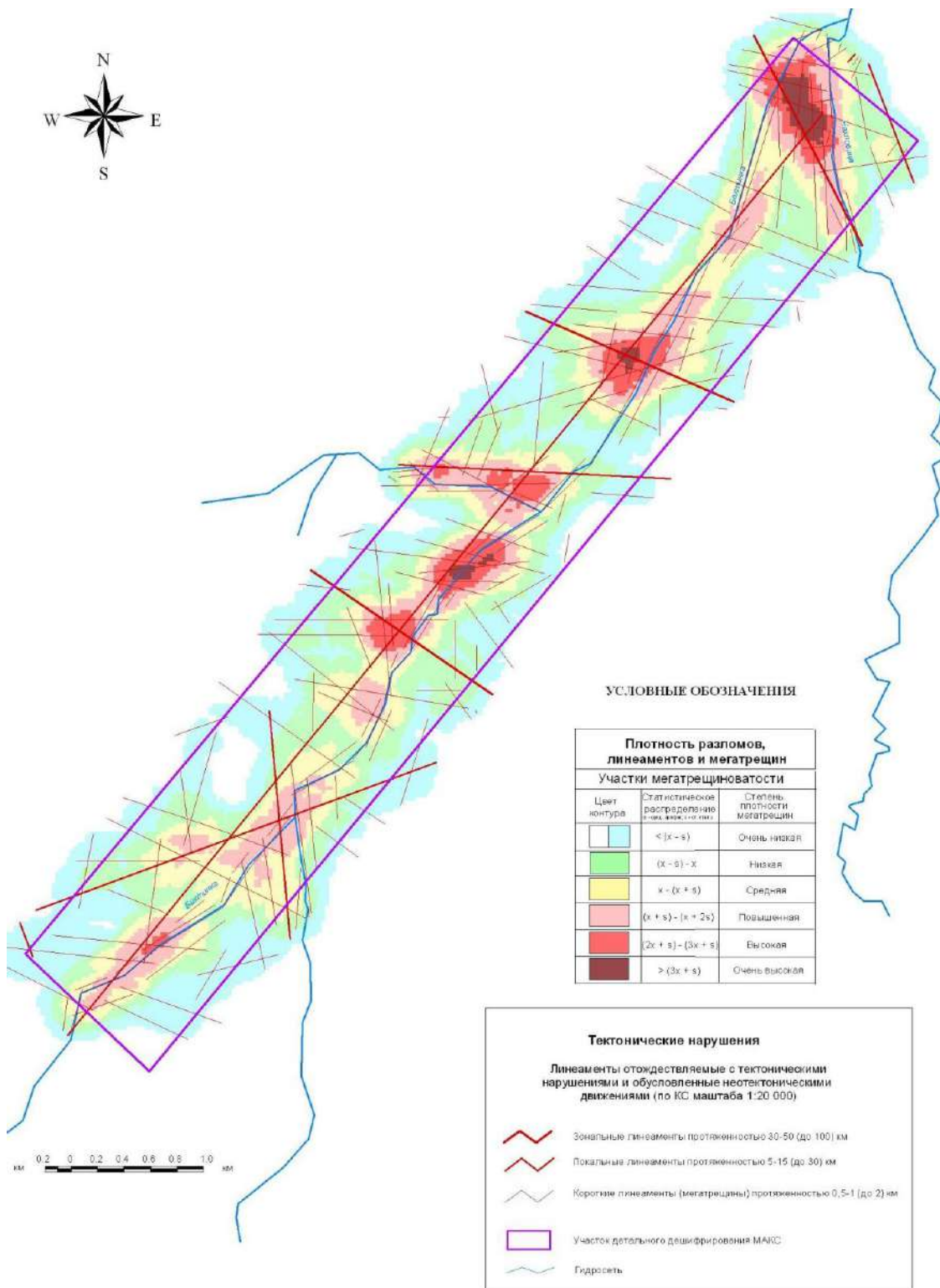


Рис. 4. Карта тектонической трещиноватости по дешифрированию космоснимков участка р. Бахтинки

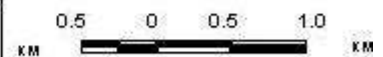
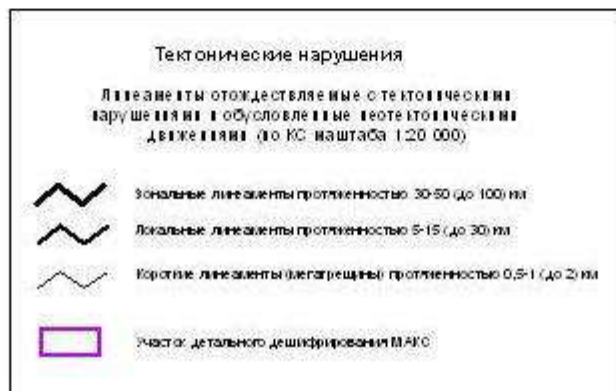


Рис. 5. Карта детального дешифрирования космоснимков участка р. Мутницы

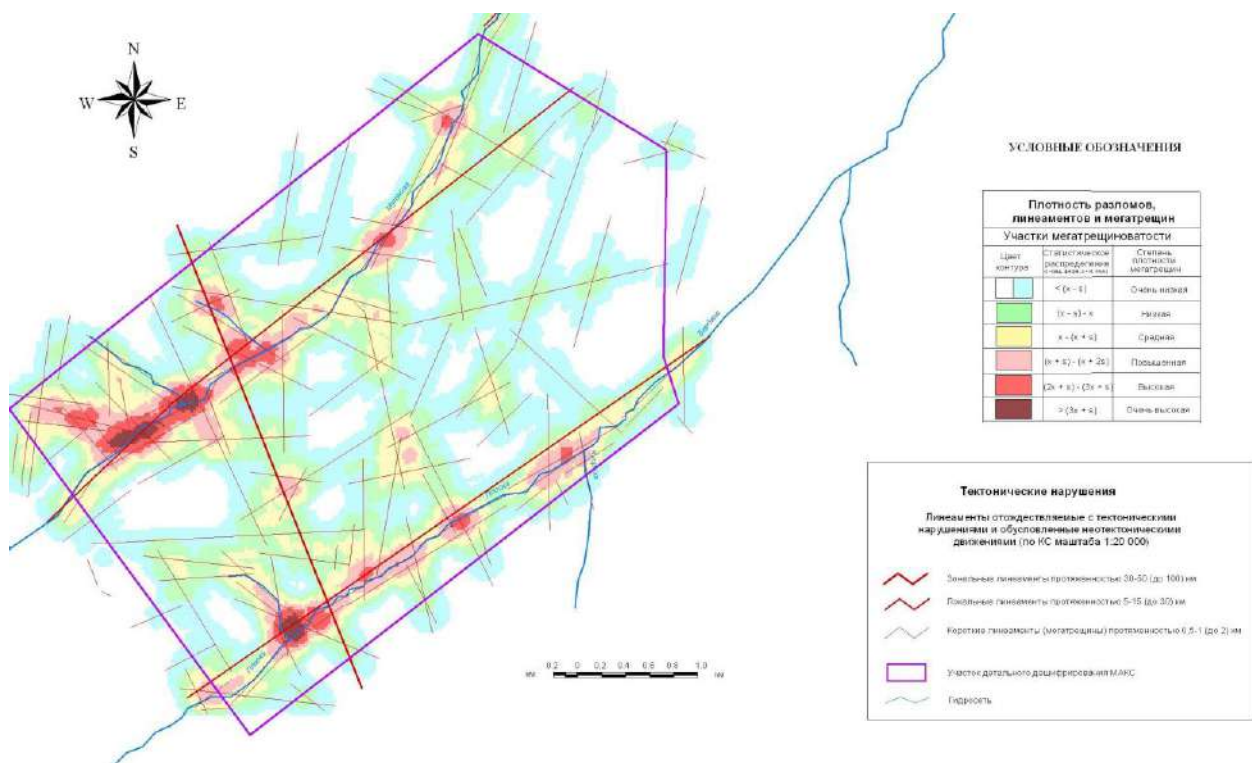


Рис. 6. Карта тектонической трещиноватости по дешифрированию космоснимков участка р. Мутницы

Заключение

По результатам АКГИ в Кировской области составлены следующие графические приложения:

- карта региональной тектонической трещиноватости по дешифрированию космических снимков центральной части Кировской области. Масштаб 1:100 000.
- карта детального дешифрирования космоснимков участка р. Бахтинки. Масштаб 1:50 000.
- карта детального дешифрирования космоснимков участка р. Мутницы. Масштаб 1:50 000.
- карта тектонической трещиноватости по дешифрированию космоснимков участка р. Бахтинки. Масштаб 1:20 000.
- карта тектонической трещиноватости по дешифрированию космоснимков участка р. Мутницы. Масштаб 1:20 000.

По региональным АКГИ на территории Кировской области выделено более 10 геодинамических активных зон, которые являются неблагоприятными территориями с потенциально повышенной 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.

По детальным АКГИ на двух изученных площадях (р. Бахтинки и р. Мутницы) установлено 12 локальных участков с повышенной тектонической

трещиноватостью, которые являются наиболее благоприятными участками для формирования скоплений подземных вод на данных площадях.

Однако для поисков водообильных зон в трещинных зонах более благоприятными являются участки к северо-востоку от р. Бахтинки и к северу от р. Мутницы.

Библиографический список

1. *Аэрокосмические методы поисков подземных вод* / А.В. Садов, М.И. Бурлешин, А.С. Викторов. М.: Недра, 1985. 144 с.
2. *Дистанционные методы исследований в гидрогеологии* / А.В. Садов // *Основы гидрогеологии. Методы гидрогеологических исследований*. Новосибирск: Наука, 1984. С. 8-18.
3. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 4. С. 69-74.
4. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 9-3. С. 86-90.
5. *Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области* // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 7-2. С. 241-246.
6. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // *Успехи современного естествознания*. 2014. № 9-2. С. 105-110.
7. 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.
8. 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.
9. Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // *Аэрокосмические методы в геологии: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 210-217.*
10. 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 ПГНИУ. Пермь, 2013. С. 34-40.*
11. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 12-1. С. 172-177.
12. 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.
13. 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.
14. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
15. 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.
16. Копылов И.С., Хурсик В.З. Результаты детальных аэрокосмогеологических исследований в центральной части Кировской области / В отчете: «Разработка методики гидрогеологического картирования зон повышенной трещиноватости и разработка рекомендаций по оценке запасов подземных вод, приуроченных к зонам повышенной трещиноватости». Кировнедра. 2010.
17. 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).

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕТАЛЬНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ КАРСТОВЫХ УЧАСТКОВ ГОРОДА КЕНТАУ (ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН)

Проведены разномасштабные аэрокосмогеологические исследования и линеаментно-геодинамический анализ в Южном Казахстане. Выполнено детальное дешифрирование космических снимков северной части города Кентау. Выделено большое количество линеаментов отождествляемых с тектоническими нарушениями осадочного чехла. Выделена геодинамическая активная зона 2,7 x 0,6 км (с высокой степенью геодинамической активности) с концентрацией на участке 1,3 x 0,4 км (с очень высокой степенью геодинамической активности). Эта зона является наиболее потенциально опасной для развития карстовых и суффозионных процессов в пределах города Кентау по структурно-тектоническим и геодинамическим условиям. В ее пределах установлены (по материалам геофизических и маршрутных исследований) различные техногенные деформации земной поверхности, провалы, трещины в домах.

Ключевые слова: Аэрокосмогеологические исследования, дешифрирование космических снимков, линеаменты, геодинамическая активность, оценка, потенциально опасные карстовые участки, город Кентау, Казахстан.

I.S. Kopylov

Perm State University, Perm, Russia

RESULTS OF DETAILED DECODING OF SPACE IMAGES FOR ASSESSMENT OF GEODYNAMIC ACTIVITY AND IDENTIFICATION OF POTENTIALLY HAZARDOUS KARST AREAS OF KENTAU CITY (SOUTH KAZAKHSTAN)

Various-scale aerospace studies and lineament-geodynamic analysis were carried out in South Kazakhstan. Detailed interpretation of satellite images of the northern part of the city of Kentau has been completed. A large number of lineaments identified with tectonic disturbances of the sedimentary cover have been identified. A geodynamic active zone of 2.7 x 0.6 km (with a high degree of geodynamic activity) with a concentration of 1.3 x 0.4 km (with a very high degree of geodynamic activity) was identified. This zone is the most potentially dangerous for the development of karst and suffusion processes within the city of Kentau in terms of structural-tectonic and geodynamic conditions. Within its limits (based on the materials of geophysical and route studies) various technogenic deformations of the earth's surface, sinkholes, cracks in houses have been established.

Key words: Aerospace geological research, interpretation of space images, lineaments, geodynamic activity, assessment, potentially dangerous karst areas, Kentau, Kazakhstan.

Для изучения опасных геологических процессов, в т.ч. – особо опасных – карстовых процессов одним из важнейших методов являются аэрокосмические методы, позволяющие дистанционно устанавливать тектонические нарушения (ведущий фактор карстоопасности) и геодинамическую активность, как крупных территорий, так и локальных потенциально опасных участков [2, 6].

Проблема карстовой опасности, существующая для территории города Кентау, в последнее время становится все более серьезной, в связи с развитием техногенных процессов (деформации земной поверхности, изменения режима подземных вод), вызванных последствиями разработки свинцово-цинковых месторождений. Как отмечает Г.В. Федоров (по исследованиям ТОО «ЭКОСЕРВИС-С») «территория города характеризуется тектонической напряженностью, интенсивными процессами карстообразования, подтвержденными и подземными горными выработками отработанного месторождения Миргалимсай, расположенного к северу от территории города и провалами на поверхности на территории шахтного поля и территории северной и северо-восточной части города (вне контура горных выработок). На территории города проявлены значительные деформации поверхности, которые привели к разрушению фундаментов и образованию трещин в стенах нескольких домов, часть из которых пришлось снести. Причинами деформации являются: 1) процессы карстообразования в кристаллических карбонатных породах нижнего карбона (в северной и северо-восточной частях города) и 2) просадки грунта в связи с вымыванием скоплений гипса из меловых глин, которые перекрывают палеозойские породы, являются фундаментом зданий, содержат до 30% гипса на некоторых участках и практически на всей площади обводнены в связи с поднятием грунтовых вод после прекращения водоотлива и затоплением шахт по причине прекращения добычи руд».

Основной объект исследований – северная часть города Кентау, Туркестанской области Казахстана (рис. 1).



Рис. 1. Объект исследований (северная часть города Кентау) на топокарте (а) и космоснимке (б). Масштаб 1: 200 000

В геологическом отношении г. Кентау расположен в пределах Казахстанской складчатой системы (Кокшетау - Северо- Тянь-Шаньская складчатая область) на стыке с Туранской плитой; в географическом отношении – на стыке Туранской низменности и западных отрогов Тянь-Шаня, у подножия хребта Каратау [16].

Целью исследований являлось выделение потенциально опасных карстовых участков, обусловленных структурно-тектоническим и геодинамическим факторами на основе применения аэрокосмических методов структурно-тектонического дешифрирования и линеаментно-геодинамического анализа.

Основные задачи дешифрирования космических снимков (КС) – выявление сети прямолинейных линеаментов трещинно-разрывных структур осадочного чехла и фундамента, необходимых для установления их вероятной контролирующей роли в развития карстовых и суффозионных процессов, а также выявления зон геодинамической (неотектонической) активности с повышенной тектонической трещиноватостью пород – потенциально опасных карстовых участков.

Методика исследований

Методология исследований базируется на теоретических основах учения о геодинамических активных зонах, играющих ведущую геологическую и инженерно-геологическую роль в гесферах Земли; линеаментно-геодинамическом, ландшафтно-геодинамическом, морфонеотектоническом анализах и комплексных аэрокосмогеологических исследованиях земной поверхности и геологического пространства [2-11, 15].

Основной метод – структурно-тектоническое дешифрирование проводился в компьютерном варианте с применением ГИС-технологий по авторской методике с учетом опыта дешифрирования КС в карстовых районах [2, 6] и опыта дешифрирования КС территории Казахстана [1, 4, 12-14]. Использовались цифровые спектральнозональные КС (Landsat 8) (рис. 2).

Применялось разномасштабное дешифрирование КС по разным уровням генерализации. Масштаб дешифрирования от менее 1:1 000 000 до 1:25 000 и крупнее. По различным дешифровочным признакам выделялись прямолинейные линеаменты тектонического генезиса.

На первом предварительном этапе, на территориях, охватывающих площади за пределами г. Кентау проведено разномасштабное дешифрирование КС с целью выявления и ранжирования протяженных линеаментов и изучения параметров регионального поля мегатрещиноватости:

- обзорное (площадь 200 x 200 км, М.1:1 000 000),
- региональное (площадь 100 x 100 км, М.1:500 000),
- регионально-зональное (площадь 50 x 50 км, М.1:200 000),
- зональное (площадь 20 x 20 км, М.1:100 000)

Крупномасштабное дешифрирование КС (площадь 10 x 10 км, М.1:50 000) выполнено по территории г. Кентау.

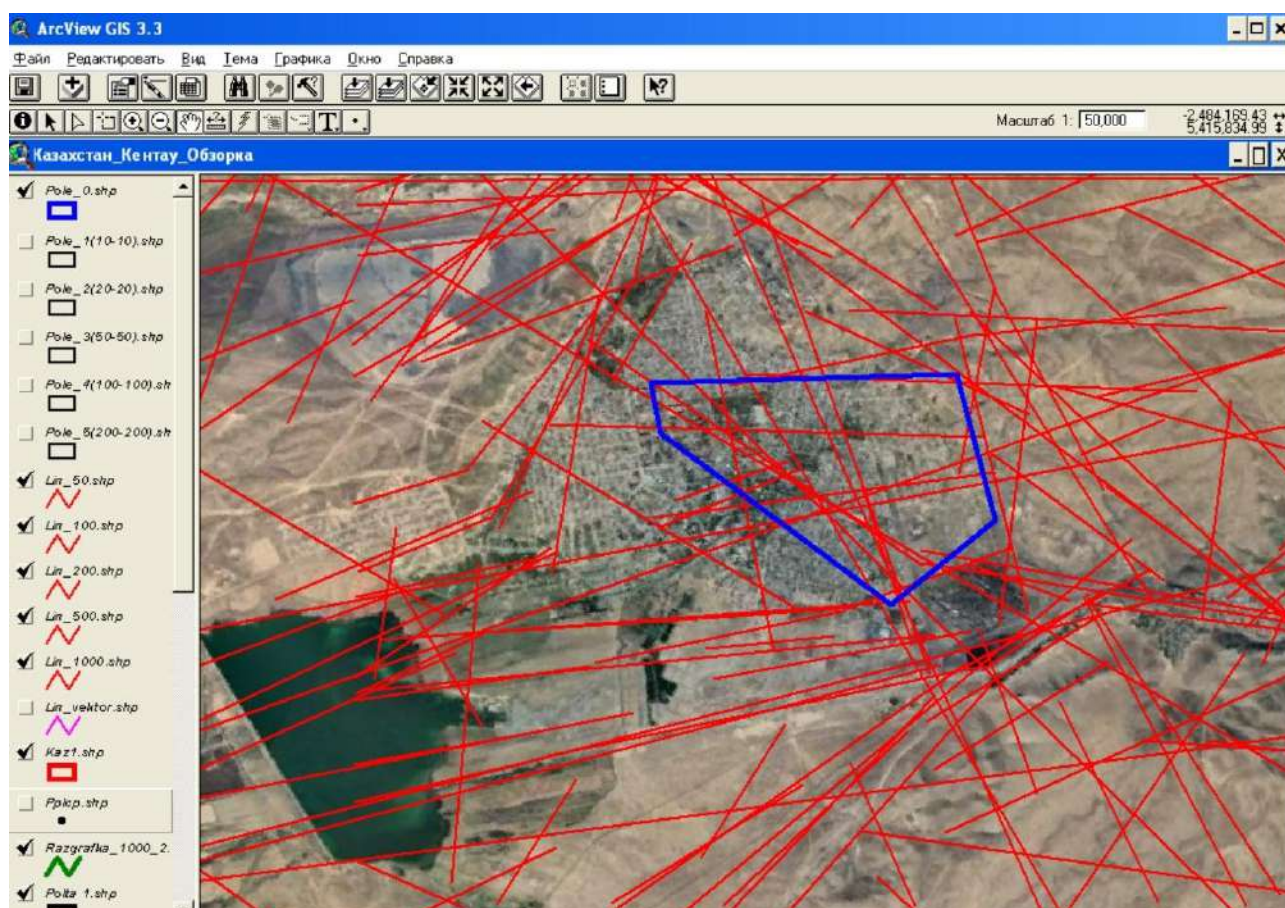


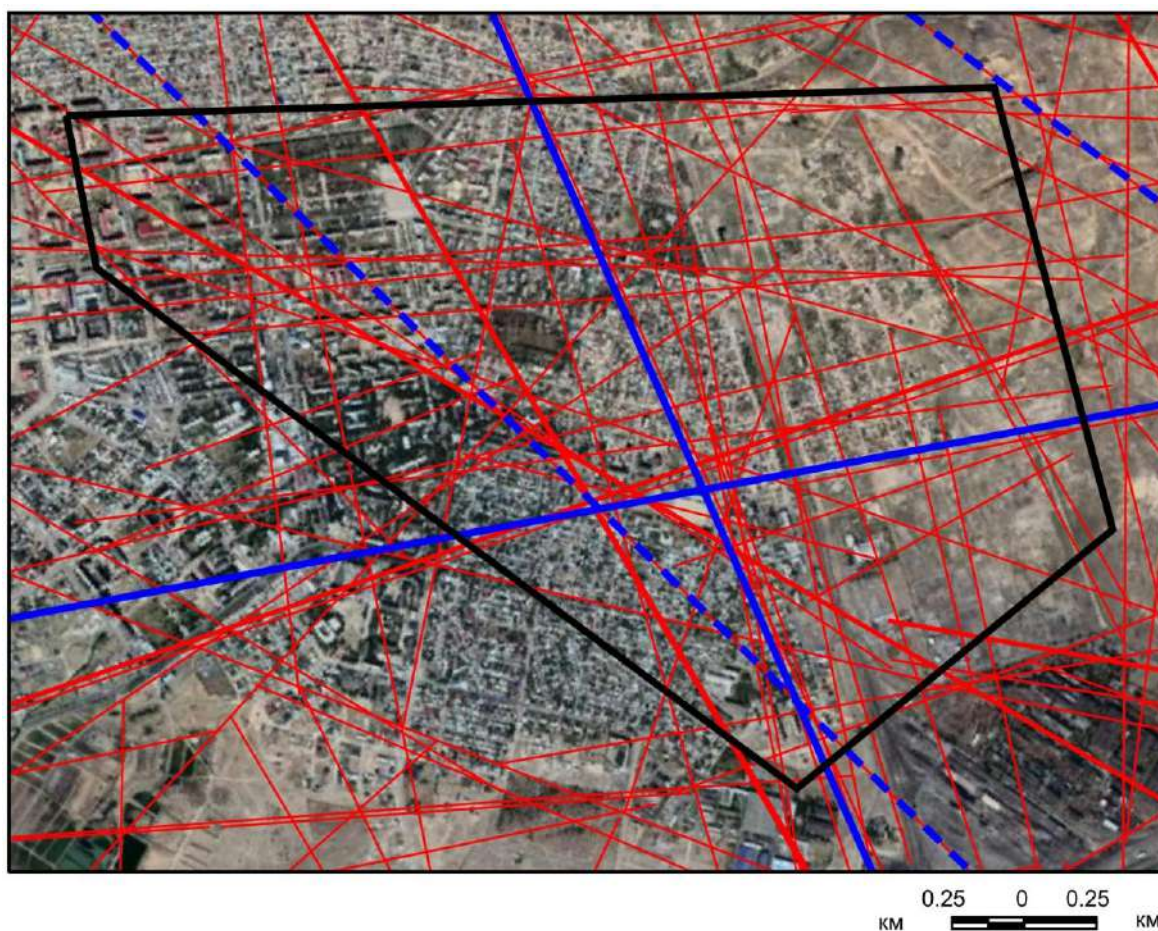
Рис. 2. Фрагмент рабочей программы компьютерного космогеологического дешифрирования города Кентау. Масштаб 1: 50 000

На втором – основном этапе проведено детальное дешифрирование КС (площадь 4 x 3 км, М.1:25 000) по основному объекту – в северной части г. Кентау. Произведена вырезка крупных линеаментов по данной площади; общий объем линеаментов в ее пределах составил 355 неотектонических линеаментов.

Геоинформационное картографирование проводилось программными средствами Arc View GIS и Arc GIS. Обработка проводилась с применением модуля Spatial Analyst.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам разномасштабного дешифрирования построена карта структурно-тектонического дешифрирования г. Кентау (рис. 3), на которой отражены: 3 региональных линеамента значительной протяженности (более 100 км) – субмеридионального (по главному Туркестанскому разлому, разделяющему два основных геоблока в регионе Южного Казахстана), субширотного и северо-западного направлений; 8 зональных линеаментов (15-50 км); 10 локальных линеаментов (5-15 км); 132 коротких линеаментов (2-5 км); 202 коротких линеаментов (1-2 км).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Неотектонические линеаменты по дешифрированию космических снимков

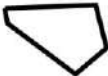
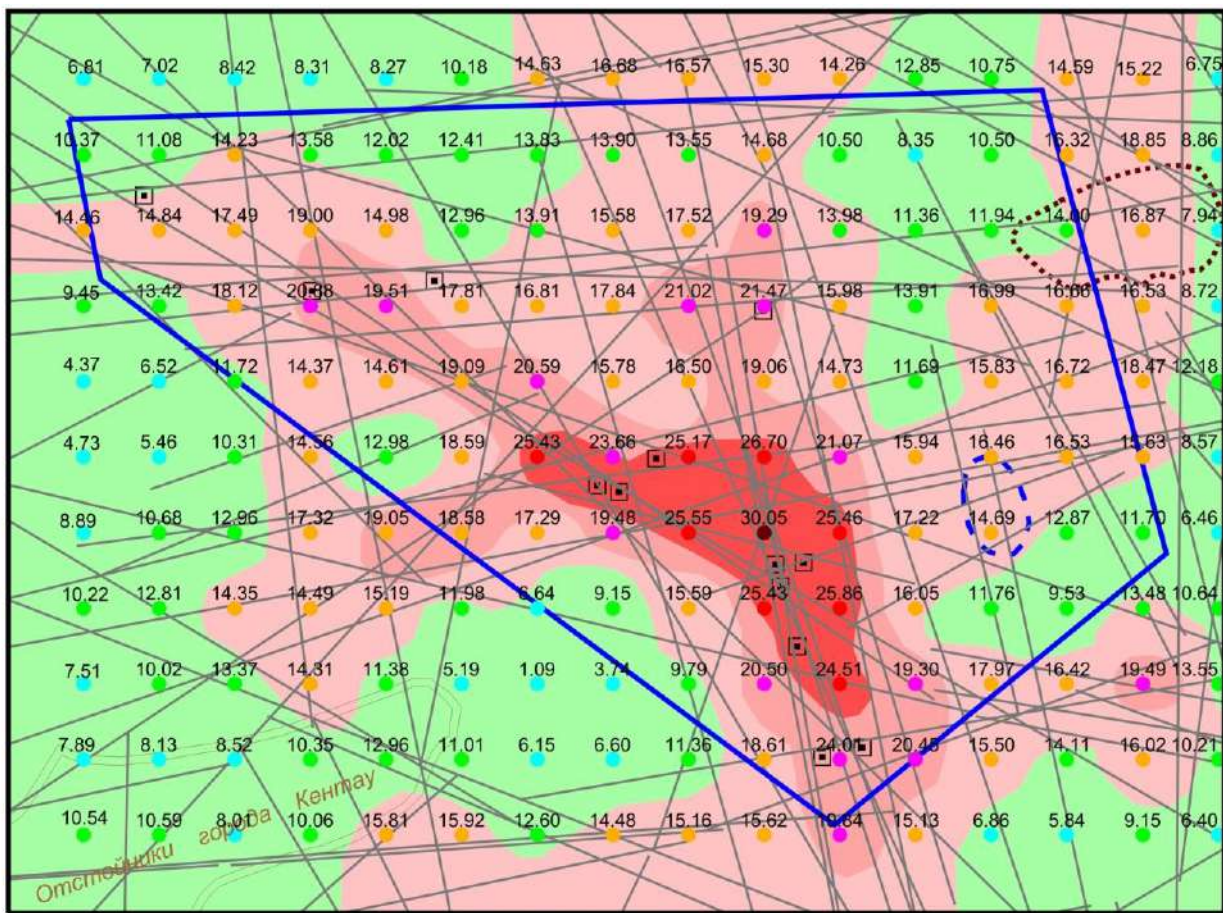
- региональные (протяженностью 50-100 и более км)
 - - - зональные (протяженностью 25-50 км)
 - локальные (протяженностью 5-25 км)
 - - - короткие (протяженностью 1-5 и менее км)
-  Площадь изучения

Рис. 3. Карта структурно-тектонического дешифрирования г. Кентау.
Масштаб 1:25 000

Для данной территории проведен линеаментно-геодинамический анализ методом определения плотности линеаментов (по их протяженности на единицу площади) и по этому показателю проведена оценка геодинамической (неотектонической) активности территории (рис. 4).

В результате линеаментно-геодинамического анализа установлено: фон значений линеаментного поля составляют значения, соответствующие повышенным и пониженным значениям геодинамической активности.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Геодинамическая активность по степени плотности разломов, линеаментов и мегатрещин			Степень опасности развития карстовых процессов по структурно-тектоническому и геодинамическому факторам
Участки геодинамической активности	Статистическое распределение (x - сред. значение, s - ст. откл.)	Геодинамическая активность (степень плотности линеаментов)	
	(x - s) - x	Пониженная	Пониженная
	x - (x + s)	Повышенная	Повышенная
	(x + s) - (x + 2s)	Высокая	Высокая
	(2x + s) - (3x + s)	Очень высокая	Очень высокая

Расчетные точки геодинамической активности (по плотности линеаментов и их значения, км/км²)

- < 9,0
- 9,1 - 14,1
- 14,2 - 19,2
- 19,3 - 24,3
- 24,4 - 29,3
- 29,4 - 30,1

Техногенные деформации

- трещины в домах и снесенные дома
- отвалы горных пород
- провалы земной поверхности
- отстойники г.Кентау

Неотектонические линеаменты разных рангов по дешифрированию космических снимков

Площадь изучения

Рис. 4. Карта геодинамической активности и карстовой опасности г. Кентау. Масштаб 1:25 000

Повышенная плотность линеаментов отмечается в центральной и центрально-южной части изученной площади, где картируется геодинамическая активная зона 2,7 x 0,6 км (с высокой степенью геодинамической активности) с концентрацией на участке 1,3 x 0,4 км (с очень высокой степенью геодинамической активности).

Эта зона является наиболее потенциально опасной для развития карстовых и суффозионных процессов в пределах изученной части г.Кентау по структурно-тектоническим и геодинамическим условиям. В ее пределах установлены (по материалам геофизических и маршрутных исследований ТОО «Экосервис С», ТОО «Азимут-Геология» и др.) различные техногенные деформации земной поверхности, провалы, трещины в домах.

Заключение

По результатам проведенных аэрокосмогеологических исследований изучено региональное линеamentное поле Южного Казахстана, линеamentное поле локального уровня города Кентау и составлены следующие графические приложения:

- карта структурно-тектонического дешифрирования г. Кентау масштаба 25 000.

- карта геодинамической активности и карстовой опасности г.Кентау масштаба 1:25 000.

Для детализации необходим комплексный детальный геолого-геофизический и аэрокосмогеологический анализ.

Библиографический список

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

3. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.

4. Копылов И.С. Детальное дешифрирование космоснимков в пределах северной части города Кентау для оценки геодинамической активности и выделения потенциально опасных карстовых участков (отчет о НИР). Пермь, ПГНИУ.2020.

5. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.

6. Копылов И.С. Линеamentно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-2. С. 241-246.

7. 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.

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

9. 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.

10. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177.

11. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических

активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.

12. 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* Пермь, 2019. С. 197-203.

13. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5.

14. 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.

15. 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 // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2015. № 1-3. С. 305-311.

16. <https://wiki2.org/ru/Кентау>. Казахстан. *Национальная энциклопедия* / Алматы: Қазақ энциклопедиясы.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ «ПРЕДУРАЛЬСКОЙ СТЕПИ» ОРЕНБУРГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Статья посвящена изучению влияния популяции лошадей Пржевальского, пирогенного фактора и рекреации на состояние «Предуральской степи» Оренбургского заповедника. Дается краткая характеристика «Предуральской степи» и Оренбургского заповедника с использованием современных космических снимков. Оценивается воздействие популяции лошадей Пржевальского на степь, а также степень подверженности «Предуральской степи» влиянию пирогенного фактора и рекреации.

Ключевые слова: экология, лошадь Пржевальского, пирогенный фактор, влияние лошадей, постпирогенное состояние степей, рекреация, космические снимки., Предуральская степь, Оренбургский заповедник.

A.S. Lekoncev

Faculty of Geography, Perm State University, Perm, Russia

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE "PREDURAL STEPPE" OF THE ORENBURG RESERVE USING MODERN SPACE IMAGES

The article is devoted to the study of the influence of the Przewalsky horse population, the pyrogenic factor and recreation on the state of the "Pre-Ural steppe" of the Orenburg reserve. A brief description of the "Pre-Ural steppe" and the Orenburg reserve is given using modern satellite images. The impact of the Przewalski horse population on the steppe is assessed, as well as the degree of susceptibility of the "Pre-Ural Steppe" to the influence of the pyrogenic factor and recreation.

Key words: ecology, Przewalski's horse, pyrogenic factor, influence of horses, post-pyrogenic state of the steppes, recreation, space images., Pre-Ural steppe, Orenburg reserve.

Введение

«Предуральская степь» – один из немногих крупных участков целинной типичной ковыльной степи в России, сохранившийся в естественных условиях и требующий сохранения для будущих поколений. Этот участок представляет собой уникальный природный объект, где сохранились компактные массивы зональных ареалов степной растительности. Оценка современного состояния крайне важна, она помогает увидеть объективную картину происходящих на участке процессов, что в результате помогает сохранить ценные степные экосистемы, поддерживать их биологическое разнообразие путём разработки и проведения необходимых природоохранных мероприятий [5, 7].

Цель работы – характеристика современного состояния «Предуральской степи» Оренбургского заповедника.

Для достижения цели решались задачи:

- дать характеристику «Предуральской степи» Оренбургского заповедника с использованием современных космических снимков;
- описать воздействие лошадей Пржевальского, пирогенного фактора и рекреации на «Предуральскую степь» Оренбургского заповедника;
- предложить рекомендации для улучшения состояния «Предуральской степи» Оренбургского заповедника.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленных цели и задач были применены теоретические и эмпирические методы:

- метод наблюдения. «Предуральская степь» – часть единственного в России степного заповедника. Метод построен на визуальной оценке.
- метод интервьюирования. За небольшой срок пребывания в заповеднике состоялись встречи с научными сотрудниками заповедника, которые ответили на важные для исследования вопросы, провели обзорные экскурсии по территории заповедника, предоставили доступ к научным архивам заповедника.
- метод литературного обзора. Проанализированы теоретические источники [1-10].
- проанализированы ресурсы космических снимков по рассматриваемой территории и использован источник: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community; последнее обновление: 23 сентября 2020 г.

Оренбургский государственный природный заповедник учреждён 12 мая 1989 г. В состав заповедника входит пять участков, которые расположены в пяти муниципальных районах Оренбургской области: «Предуральская степь», «Ащисайская степь», «Айтуарская степь», «Буртинская степь», «Таловская степь». Общая площадь заповедника составляет 38191 га [5] (рис. 1).

Результаты и их обсуждение

Участок «Предуральская степь» – место проведения исследования – уникальный природный объект, последний в России сохранившийся единый крупный естественный участок не распаханной типичной ковыльной степи. Он расположен на стыке Беляевского и Акбулакского районов Оренбургской области. Был присоединён к Оренбургскому заповеднику постановлением Правительства РФ № 700 от 13 июля 2015 года. Площадь участка составляет 16538 га. В настоящее время «Предуральская степь» является местом реинтродукции лошади Пржевальского [5].

«Предуральская степь», как и любая другая степь, имеет предрасположенность к возникновению пожаров, что связано с её спецификой (значительная протяжённость фронта и площадь выгорания, высокая скорость распространения при сильном ветре и т.д.) [5].

Пожар – сильнейший фактор, влияние которого отражается на всех компонентах степных экосистем, вызывая их преобразование и инициируя процессы пирогенных флуктуаций и сукцессий [3].



Рис.1. Расположение участков «Оренбургского заповедника» на космоснимке

В «Предуральской степи» пожары являются редким явлением, их удаётся своевременно предотвратить. На участке проводятся специальные противопожарные мероприятия, такие как сенокосение или опашка. Ссылаясь на летопись природы 2016-2017 гг., можно отметить лишь один случай возникновения пожара, который произошёл в 2016 году в пожароопасный период. Площадь, пройденная огнём, при этом не установлена [5].

«Предуральская степь» как отмечено В.М. Павлейчиком [8] была подвержена влиянию пирогенного фактора до создания здесь особо охраняемой природной территории. Согласно приведенному в работе графику можно заметить, что с 2004 по 2014 годы территория нынешнего заповедного участка выгорала на 10-90% (рис. 2) [8].

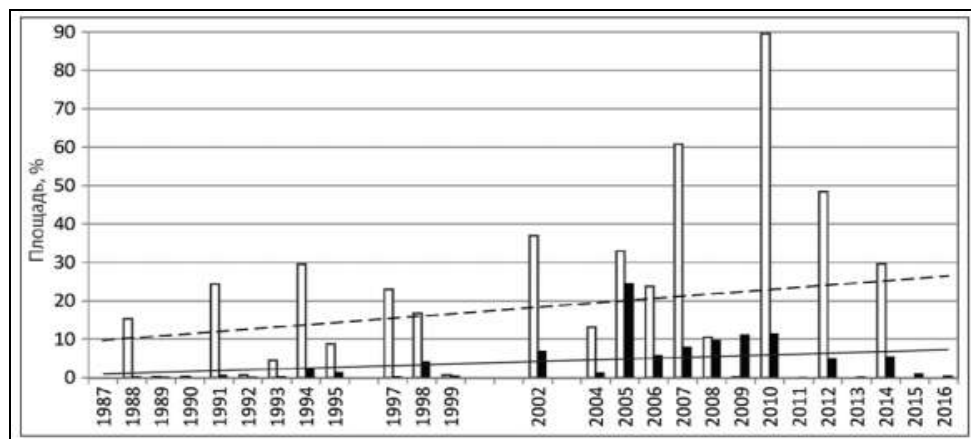


Рис.2. Многолетняя динамика пожаров в долях площади (%) заповедного участка (белые столбцы) и территории за его пределами (черные столбцы) [8]

Проект по созданию полувольной популяции лошадей Пржевальского «Оренбургская Тарпания» был запущен 4 года назад, первый же выпуск лошадей на территорию непосредственно «Предуральской степи» был осуществлён 3 октября 2016 года [4].

Лошадь Пржевальского явилась первым звеном реинтродукции степных животных в их естественные местообитания, путем возвращения лошадей в степи планировалось восстановить экосистему степей. Вытаптывание почв лошадьми Пржевальского вызывает ее уплотнение, что приводит к недостаточному обеспечению корней кислородом. Также путем вытаптывания лошади оказывают разрушающее механическое воздействие на надземные органы растений и частично на их корневые системы. Лошади откусывают растения, сохраняя корни в почве и перемещая семена, что способствует распространению и восстановлению травяного покрова степи, снижению эрозии почв и их пересыхания в засушливый период. Увеличение численности популяции лошадей и ее расселение по территории заповедника приводит к увеличению популяции хищников, регуляции численности травоядных, появлению на территории других животных и птиц, питающихся мелкими насекомыми и червями, что способствует восстановлению биогеоценоза ковыльных степей [4].

О.Н. Барышниковой отмечено негативное воздействие рекреации на почвенный степной покров, растения и животных происходит в несколько стадий. В соответствии с каждой из стадий, дигрессия видовой изменяет состав степных экосистем – чем выше стадия, тем больше выражена нарушенность экосистемы (табл. 1). Выбор данной шкалы стадий дигрессии основан на том, что она направлена на оценку именно степных экосистем [2].

В данном случае рекреационное воздействие носит сезонный характер, вытаптывание происходит лишь в местах расположения экологических троп, поэтому наибольший урон наносится видам растений и животных, жизненный цикл которых приходится на середину июля – середину августа, когда наблюдается пик туристского сезона. Согласно летописи природы 2018-2019 гг. территорию всего заповедника в экскурсионных целях посетили 387 человек. В заповеднике при этом 9 экскурсионных маршрутов. Таким образом, можно предположить, что участок «Предуральская степь» посетили порядка 129 человек. Вне этого периода происходит восстановление растительного покрова. Наиболее распространёнными растениями являются: *Festuca valesiaca* (типчак), *Stipa lessingiana* (ковыль Лессинга), при этом согласно синтаксономическому анализу присутствуют территории, со степенью синантропизации фитоценозов – 45 %. Это напрямую связано с антропогенным воздействием. Визуально, экологические тропы, иные маршруты занимают не более 5 % территории участка (рис. 3). На участке наблюдается первая стадия дигрессии [2, 5, 6].

Антропогенное вмешательство в природу заповедного участка происходит в виде антропогенной (при научно-исследовательских работах) и рекреационной деятельности. Использование тракторной техники приводит к увеличению плотности почвы, что влияет на её урожайность, также техникой могут быть уничтожены некоторые виды растений и животных.

Стадии дигрессии степных экосистем от рекреационного воздействия [2]

Стадия дигрессии	Характеристика дигрессии
1	Наблюдается не более 5% площади, занятой тропинками, на прилегающих участках заметно уплотнение ветоши. На остальной территории в растительном покрове доминируют дерновинные злаки и степное разнотравье. В травостое преобладают типчак, житняк, ковыль.
2	Наблюдается увеличение площади, занятой тропинками, до 10% от площади рекреационной территории. На участках между тропинками происходит разрушение естественной структуры ветоши и угнетение разнотравья.
3	Наблюдается формирование разреженной сети тропинок. Наблюдается дальнейшее уплотнение почвы, в растительном покрове появляются молочай и двулетние и однолетние виды.
4	Наблюдается густая сеть тропинок. На участках между тропинками происходит разрушение дерновинных злаков, которые к завершению этой стадии практически полностью исчезают. Преобладают полыни и степное разнотравье.
5	Наблюдается формирование густой сети тропинок, на участках между ними наблюдается поверхностное распыление суглинистых или песчаных отложений. Сохраняются отдельные экземпляры ковылей, и появляются злаки, характерные для сыпучих и слабо заросших песков: песчаный пырей, вейник, пастушья сумка.
6	Наблюдается сбой на участках между широкими тропинками, образующими густую сеть, характерны оголенные поверхности песков, на которых формируются сильно разреженные заросли псаммофитов или сильно уплотненных суглинков с несомкнутым покровом сорных видов.
7	Наблюдается абсолютный сбой между широкими тропинками, образующими густую сеть. Оголенные участки составляют более 60% от площади рекреационной территории. Растительный покров образуют отдельные экземпляры сорных видов или полыни.

Под влиянием рекреации случайным образом могут быть уничтожены некоторые ценные виды растений. В результате деятельности происходит безвозвратное извлечение некоторых видов фауны для лабораторных исследований и флоры для гербаризации [2, 5, 6].

Изучая летопись природы, можно заметить, что каждому отдельному фактору посвящен свой раздел. Это присуще каждому участку заповедника кроме «Предуральской степи», о которой информации намного меньше, чем об остальных участках. Вероятно, это связано с большой площадью заповедного участка (16538 га) и невозможностью зафиксировать все протекающие процессы и явления из-за большого размера территории. Так, например, в летописи природы отсутствует подробная информация о процессах, происходящих с почвами участка, информация о ландшафтах, об активности некоторых животных, присущих степным экосистемам [5].

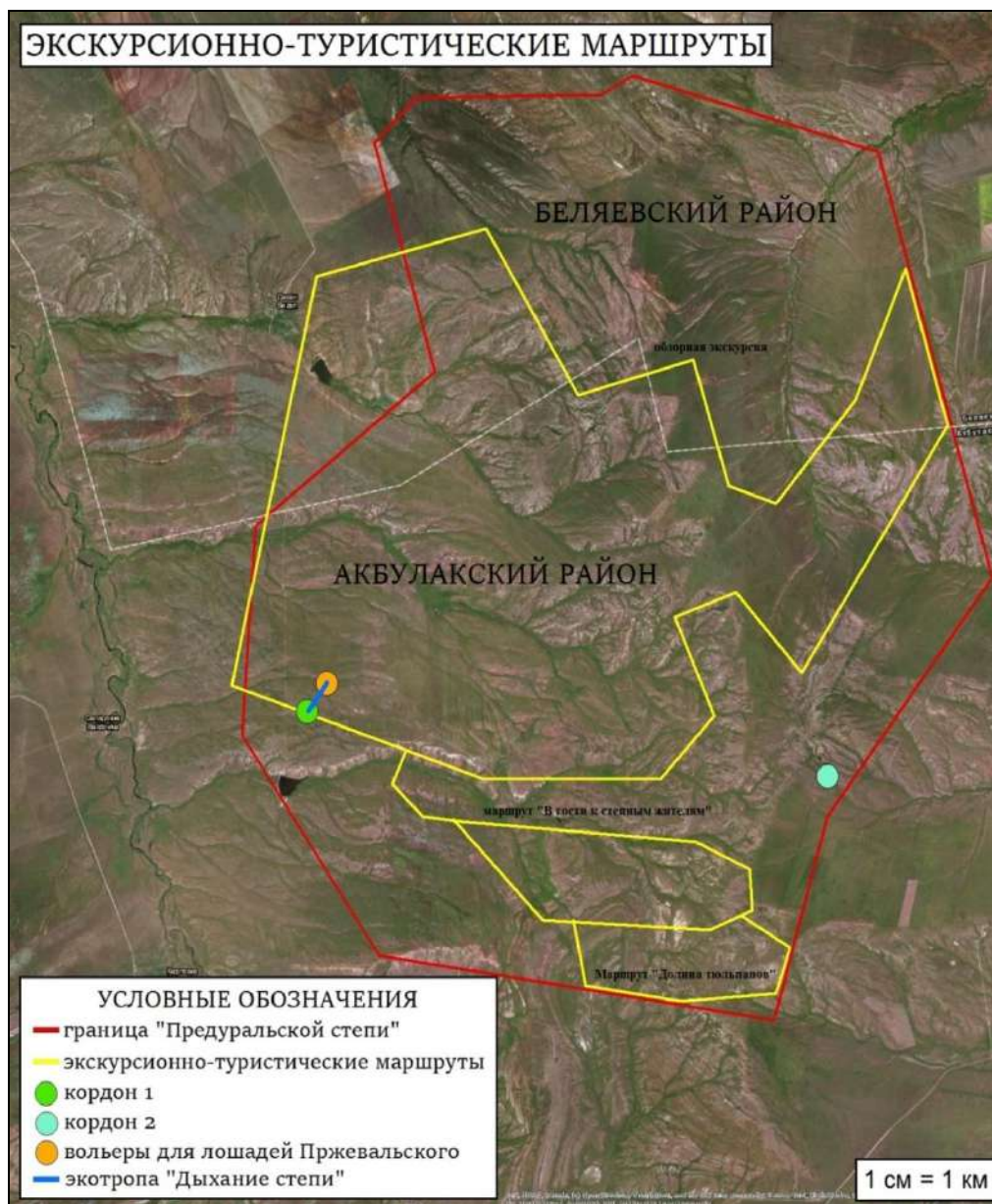


Рис.3. Схема расположения экскурсионно-туристических маршрутов на участке «Предуральская степь» Оренбургского заповедника на космоснимке

Для решения этих проблем возможно увеличение количества кордонов, специальных стационарных постов, существующих для исследовательских и охранных целей, которые в «Предуральской степи» располагаются лишь в южной части резервата, в Акбулакском районе.

На карте (рис. 4) представлены места расположения существующих кордонов, обозначенные зелёным цветом и места предлагаемого расположения новых кордонов, отмеченные синим цветом, которые, вероятно, улучшили бы природоохранную функцию заповедника, внесли вклад в изучение множества факторов, их постоянных динамик. Расположение стационарных постов таким образом помогло бы вести наблюдения непосредственно за северной частью особо охраняемой территории, внесло вклад в охрану заповедника, в его защиту от неблагоприятных антропогенных воздействий, в том числе пожаров, поспособствовало их быстрому устранению (рис. 4).

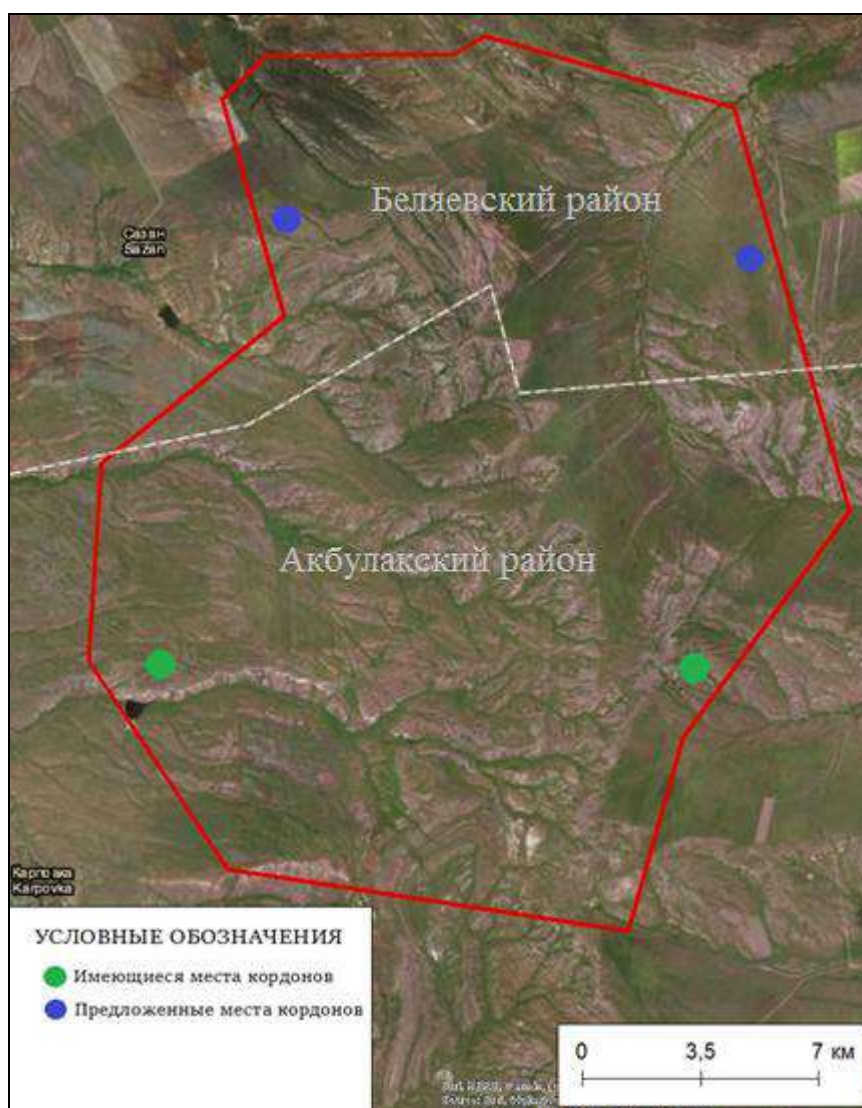


Рис.4.Расположение кордонов на участке «Предуральская степь» на космоснимке

«Предуральская степь», как отмечено выше В.М. Павлейчиком [8] была подвержена влиянию пирогенного фактора до создания здесь особо охраняемой природной территории. Также в этой работе указывается, что умеренная пастбищная нагрузка благоприятно влияет на степь, восстанавливает почвенный покров, препятствует появлению пожаров [8].

Исходя из закономерности снижения действия пирогенного фактора при умеренном выпасе копытных животных и вытаптывании ими верхнего почвенного слоя и произрастающей на нем растительности, учитывая, также, тот факт, что под влиянием длительного выпаса животных одного вида происходит негативное преобразование видового состава растительности правильным вариантом было бы заселить «Предуральскую степь» новыми копытными животными.

Например, как ранее планировалось степными бизонами, маралами и куланами, ведь, как известно, проект «Оренбургская Тарпания» направлен на

возвращение в степь не только лошадей Пржевальского, но и других её коренных обитателей, главным образом, степных копытных.

Это поспособствовало бы повсеместному восстановлению степей благодаря умеренному выпасу, поскольку имеющиеся на сегодняшний день 39 лошадей Пржевальского не способны в полной мере осуществлять эту функцию исходя из общей площади участка – 16538 га. Также это непременно отразилось бы и на социально-экономической стороне: способствовало развитию экологического туризма, экологическому просвещению населения, увеличению потока туристов [1, 7].

Заключение

На сегодняшний день воздействие на заповедный участок со стороны популяции лошадей Пржевальского есть, но оно незначительно и непродолжительно, что не позволяет сделать обоснованный вывод о влиянии популяции лошадей Пржевальского на состоянии «Предуральской степи» [4].

«Предуральская степь» была подвержена влиянию пирогенного фактора до создания здесь особо охраняемой природной территории и на сегодняшний день находится в состоянии постпирогенных сукцессий.

Рекреационное воздействие носит сезонный характер, вытаптывание происходит лишь в местах расположения экологических троп.

Было предложено два природоохранных мероприятия: увеличение количества кордонов – специальных стационарных постов, существующих для исследовательских и охранных целей, которые в «Предуральской степи» располагаются лишь в южной части резервата, что, вероятно, улучшило бы природоохранную функцию заповедного участка, внесло вклад в изучение множества факторов, их постоянных динамик. Исходя из закономерности снижения действия пирогенного фактора при умеренном выпасе копытных животных и вытаптывании ими верхнего почвенного слоя и произрастающей на нем растительности, заселить «Предуральскую степь» новыми копытными животными. Это поспособствовало бы повсеместному восстановлению степей благодаря умеренному выпасу, отразилось бы на социально-экономической стороне: способствовало развитию экологического туризма, экологическому просвещению населения, увеличению потока туристов [1, 7].

Библиографический список

1. Бакиев А.Г., Балкин А.С., Барбазюк Е.В и др. Опыт организации мониторинговых исследований изменений степных экосистем после пожара: подходы и методы. Оренбург: ИС УрО РАН, 2017. 108 с.

2. Барышникова О.Н. Рекреационная дигрессия степных природно-территориальных комплексов озёрных террас // География и природопользование Сибири, 2014. № 18. С.15-24.

3. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Введение в экологический мониторинг: учеб. пособие. Пермь: Перм.гос.ун-т, 2009. 178 с.

4. Левыкин С.В., Казачков Г.В. Оренбургская тарпания как основной элемент социально-экологической реабилитации степей // Социально-экологические технологии, 2017. №3. С. 42-46.

5. *Летопись природы. 2018-2019 фенологический год. Книга 25. Оренбург: ФГБУ «Заповедники Оренбуржья», 2018. 210 с.*
6. *Макрый Т.В. Предварительные данные о лишайниках «Предуральской степи» (государственный природный заповедник «Оренбургский») // Известия Иркутского государственного университета. 2017. Т. 22. С. 59-67.*
7. *Отчет по научно-исследовательской работе по договору № 5/ИБ от 20 мая 2016 г. «Картирование растительности и определение запасов пастбищного корма для создаваемой популяции лошадей Пржевальского на участке «Предуральская степь» государственного природного заповедника «Оренбургский». Уфа: УИБ РАН, 2016. 60 с.*
8. *Павлейчик В.М. Степные пожары как угроза экологической безопасности заповедных территорий (на примере участка «Предуральская степь» заповедника «Оренбургский») // Вопросы степеведения, 2019. №15. С.245-249.*
9. *Самигуллин Г.М. Птицы // Степной заповедник «Оренбургский»: Физико-географическая и экологическая характеристика. Екатеринбург: УрО РАН. 1996. № 7. С. 23-28.*
10. *Чибилев А.А., Вельмовский П.В., Левыкин С.В. О перспективах организации новой ООПТ в Оренбургском Предуралье // Оренбургский заповедник: значение для сохранения степных экосистем России и перспективы развития. Оренбург, 2014. № 16. С. 72-77.*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ В ГОРОДЕ КРАСНОКАМСКЕ

В статье рассматривается воздействие противогололедных реагентов (ПГР) на некоторые химические и биологические свойства почв. Приведены результаты исследования ряда химических показателей почвы на территории, вблизи мест производства, складирования реагентов и проведены лабораторные эксперименты по изучению влияния различных доз ПГР «Бионорд» на свойства почв.

Ключевые слова: почвы, противогололедные реагенты, засоление, целлюлозолитическая активность, почвогрунты, «Бионорд», г.Краснокамск, Пермский край.

V.N. Chekmenev

Faculty of Geography, Perm State University, Perm, Russia

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF ANTI-ICING AGENTS ON SOME PROPERTIES OF SOILS AND GROUND

The article discusses the impact of anti-icing agents on some chemical and biological properties of soils. The results of the study of a number of chemical parameters of the soil on the territory, near the places of production, storage of reagents are presented, and laboratory experiments were carried out to study the effect of various doses anti-icing agents on the properties of soils.

Key words: soil, anti-icing agents, salinization, cellulolytic activity, ground, «Bionord, Krasnokamsk, Perm region».

Введение

При борьбе с зимней скользкостью в настоящее время наибольшее распространение получил химический метод, заключающийся в распределении по дорожному покрытию химических противогололедных реагентов (ПГР) [4]. Основным компонентом ПГР является хлорид натрия. Это широко используемое химическое вещество, которое применяется в России и ряде других стран с целью предотвращения образования и удаления льда с дорожного покрытия. Использование реагентов крайне негативно сказывается на физико-химическом состоянии почв. Применение химических ПГР приводит к подщелачиванию и засолению почв. Происходит увеличение миграции тяжелых металлов, меняется физическая структура почв, снижается доступность элементов питания для растительных организмов [5, 8-10]. Изменение химических и биологических свойств почвы приводит к кардинальным переменам в эколого-геохимическом состоянии экосистемы как на микро-, так на макроуровне.

В отечественной литературе проблема влияние ПГР на почвы изучена недостаточно комплексно и представлена работами, в которых анализируются только химические показатели почв и мало уделяется внимания исследованию воздействия на микробиологические показатели.

В г. Краснокамске расположен один из крупнейших заводов России по производству ПГР – Уральский завод противогололёдных материалов (УЗПМ). Деятельность УЗПМ направлена на разработку новых видов эффективных экологически безопасных ПГР марки «Бионорд», использование которых обеспечивает транспортную безопасность на дорогах.

Целью работы является изучение воздействия противогололёдных реагентов на свойства почвы вблизи мест его производства, а также влияния различных доз «Бионорд» на некоторые свойства почвогрунтов.

Объекты и методы

Объектами исследования были выбраны почвы в г. Краснокамске вблизи предприятия УЗПМ.

По почвенным и ландшафтно-геохимическим условиям участок исследований относится к району Среднекамской низменной равнины денудационной равнины Среднего Прикамья с распространением подзолистых и дерново-подзолистых почв с площадным и локальным распространением: Zr, Ga, Cu, P, Mn, Pb, Be, Ni, Ti, Ba, Cr, с локальным и точечным: V, Zn, Cd, Ni, Sn, Mo [3, 4].

Пробы почвы были отобраны 21 октября 2018 г. и 15 сентября 2019 г. в местах предполагаемого загрязнения, на разном удалении от производства и складирования ПГР. Образцы почвы были отобраны с пробных площадок, заложенных в 5 местах, вдоль границы территории предприятия (рис. 1).

Влияние различных доз ПГР на свойства почв изучали в условиях лабораторного эксперимента. Эксперимент был заложен в пластиковых контейнерах с торфяным почвогрунтом универсальным ФАСКО «Огородник». Контролем являлся почвогрунт без внесения ПГР. В качестве вносимого реагента был выбран многокомпонентный ПГР «Бионорд» – универсальный и наиболее часто используемый продукт УЗПМ. В соответствии с «Технологией зимней уборки проезжей части...», 2011», согласованной специализированными службами г. Москва, максимальная регламентируемая плотность обработки жидкими, твердыми и комбинированными ПГР составляет 200 г/м². Эта доза рассматривалась как норма внесения.

Согласно этим данным были выбраны следующие варианты:

- вариант №1 – контроль (незагрязненный грунт);
- вариант №2 – 200 г/м², 4 г/контейнер (норма внесения);
- вариант №3 – 400 г/м², 8 г/контейнер (двукратная норма);
- вариант №4 – 1000 г/м², 20 г/контейнер (пятикратная норма).

Вносили реагент один раз. В почвогрунтах поддерживалась влажность на уровне 60% от полной влагоемкости. Инкубировали при комнатной температуре, в течение эксперимента.

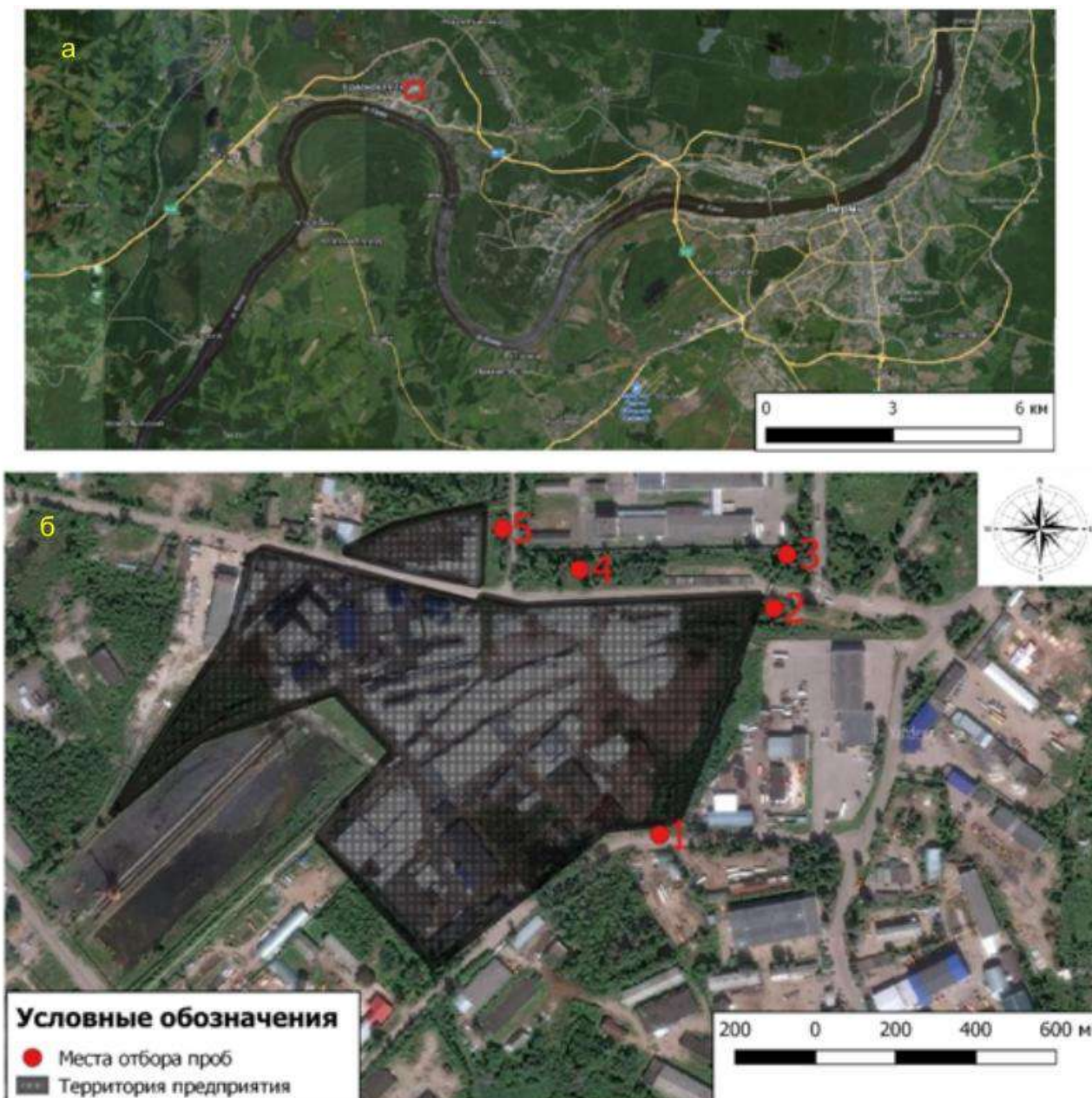


Рис. 1. Места отбора проб почвы в г. Краснокамске на обзорном (а) и детальном (б) космоснимках

Методы исследований

Аналізу были подвергнуты почва и почвогрунт. Методика исследования состояла в определении следующих показателей:

- определение рН водной вытяжки почвы по методу ЦИНАО потенциметрическим методом, на приборе Анион-4100;
- титриметрическое определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО;
- определение удельной электрической проводимости и минерализации в пересчете на NaCl кондуктометрическим методом, на приборе Анион-4100;

- титриметрическое определение хлорид-иона аргентометрическим методом по Мору;
- определение целлюлозолитической активности аппликационным методом, в лабораторных условиях [5].

Результаты исследования

Исследование почв, отобранных вблизи завода УЗПМ

Почвы урбанизированных территорий характеризуются вертикальной и горизонтальной гетерогенностью. Представляют собой симбиоз природных и техногенных почвенных образований, на одинаковых почвообразующих породах, преобразованных антропогенной деятельностью в пределах определенной функциональной зоны [2].

В соответствии с почвенно-географическим районированием основой для урбанизированных почв послужили дерново-подзолистые почвы. Исследования почвенного профиля проводились до 15 см, с дифференциацией на два горизонта: 0-5 см и 5-15 см.

Актуальная кислотность является важной характеристикой при исследовании деградационных изменений почв урбанизированных территорий. Значение pH_{H_2O} зависит от множества взаимодействующих природных и техногенных факторов и служит информативным показателем возможного содержания питательных веществ в почве.

Результаты исследований проб почвы, отобранной осенью 2018-2019 года, представлены на рис. 2.

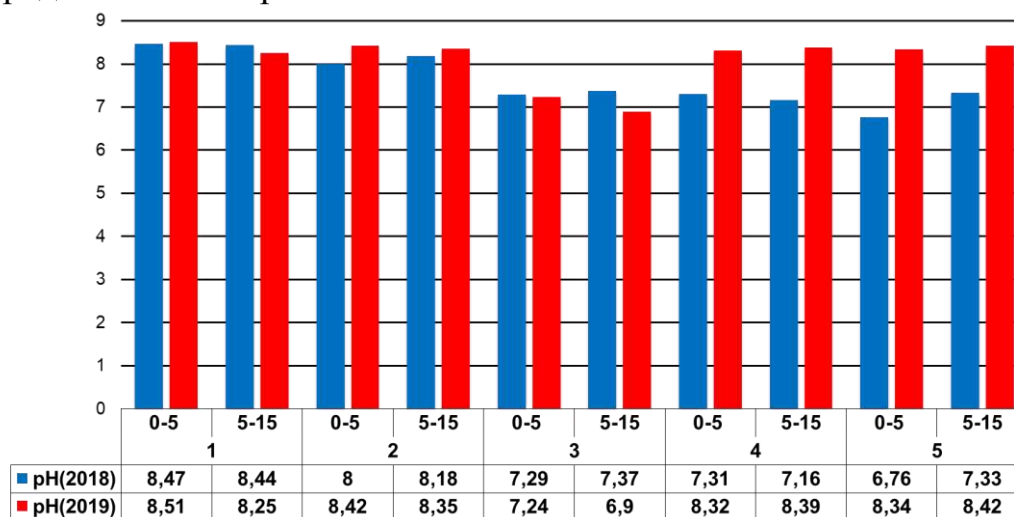


Рис.2. Динамика изменения $pH_{водн}$ почвы, 2018-2019 гг.

В 2018 году в 40% исследованных проб обнаруживается среднешелочная реакция среды. Максимальное значение pH_{H_2O} почвы – 8,5, минимальное – 6,8. Также была выявлена закономерность, которая заключается в том, что верхний горизонт (0-5 см) отличается меньшей кислотностью по сравнению с нижним. Эффект подщелачивания верхних слоев почвенного покрова достигается, вероятно, в результате попадания в почву через поверхностный сток хлоридов кальция и натрия, а также других солей, которые составляют основу

противогололедных средств. Гидролитическая кислотность для всех проб составила меньше 0,23 ммоль/100 г. Результаты исследований за 2019 год показали определенные изменения параметров почв по сравнению с прошлым годом. На точках №4 и №5 почвы имеют среднещелочную реакцию среды. Максимальное значение рН_{H2O} почвы – 8,5, минимальное – 6,9.

Кроме этого были изучены показатели почв, связанные с их возможным техногенным осолонцеванием. Были определены удельная электропроводность (УЭП), содержание хлорид-ионов и степень засоленности почвы.

В 2018 году УЭП минерализация почв в пересчете на NaCl составила от 123 до 233 мг/кг. Максимальная минерализация отмечена на участках №1 и №2, здесь же были отмечены самые высокие значения рН. Минерализация верхнего слоя почв на этих участках была в 1,3-1,1 выше, чем нижнего. В 2019 году наблюдалась тенденция по снижению уровня минерализации почвы. УЭП минерализация почв в пересчете на NaCl составила от 90 до 250 мг/кг. Особенно сильно уменьшилась минерализация в точке №2 (рис. 3).

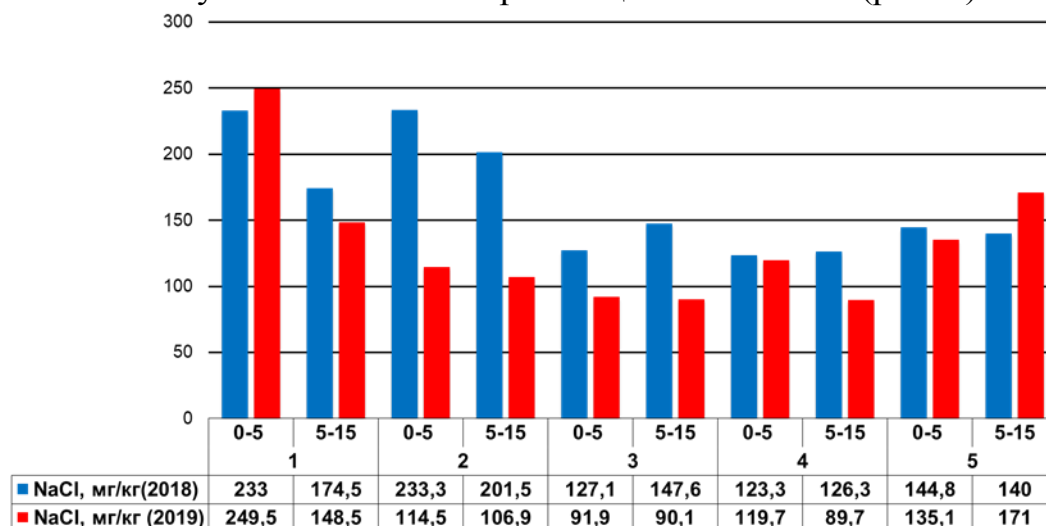


Рис.3. Динамика изменения минерализации почвы, 2018-2019 гг.

Анализ проб №1, №2, №5 на содержание хлоридов в 2018 году показал, что наибольшая концентрация в пробах №1 и №2 (рис. 4), причем на участке №1 их концентрация в верхнем горизонте выше. В 2019 году фиксировалось увеличение хлорид-ионов. Максимальное содержание хлорид-ионов отмечено на участке №5, которое составило 340 мг/кг, это больше прошлогодних результатов практически в 2 раза. Незасоленные почвы должны содержать хлоридов не более 0,01% [5]. Все пробы почв оказались слабозасоленными.

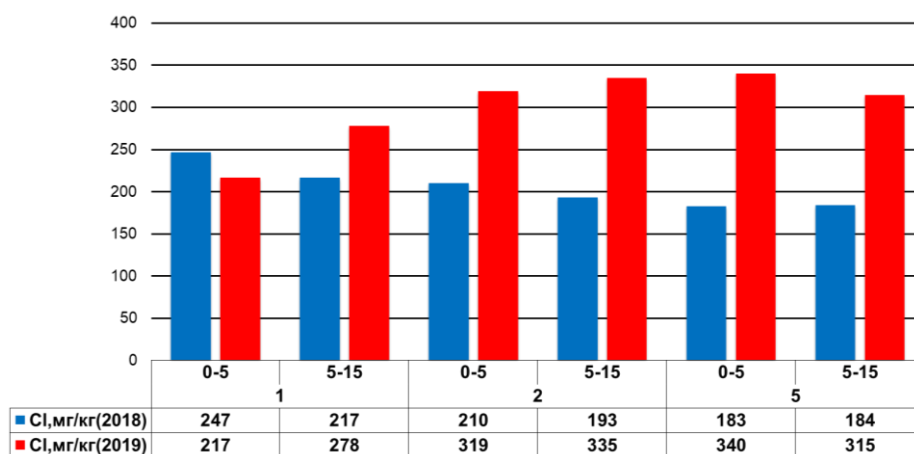


Рис. 4. Динамика изменения содержания хлорид-ионов в почве, 2018-2019 гг.

В связи с экологической спецификой химических реагентов, их накопление в почве может серьезно сказаться на жизнедеятельности растений, вследствие изменения осмотических механизмов действия рассолов и дисбаланса потребления элементов. Поэтому увеличение в почве содержания подвижного хлорид-иона, который не свойственен дерново-подзолистым почвам, вызывает существенную опасность. Наибольшую опасность для человека в городской среде элементы представляют в виде пыли, рассеиваемой преимущественно из верхнего почвенного слоя.

Лабораторный опыт по влиянию разных доз ПГР «Бионорд» на свойства почвогрунта

Анализ почв на химические и биологические составляющие можно отнести к наиболее важным аспектам изучения природы, генезиса и качества почв. Химические и биологические показатели почвы характеризуют состояние объекта и направленность процессов протекающих в нем. Для полного и всестороннего анализа воздействия ПГР, нами был заложен лабораторный опыт, который позволяет в искусственных условиях изучить влияния комплекса факторов на биологическую активность.

Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства почвогрунтов

№	Вариант	рН _{Н₂О}	Минерализация	
			УЭП, мСм/см	в пересчете на NaCl, мг/кг
1	Контроль	6,77±0,01	1,9±0,2	4841±638
2	200 г/м ²	6,74±0,09	7,1±0,5	20587±1574
3	400 г/м ²	6,73±0,09	10±2	27625±5479
4	1000 г/м ²	7,04±0,04	22±3	62175±9495

Почвы характеризуются нейтральной реакцией среды в диапазоне 6,77-7,01. Наблюдается слабое подщелачивание почв при внесении ПГР в дозе 1000г/м². Минерализация существенно меняется при внесении 200 г/м², при дальнейшем увеличении дозы наблюдается повышение минерализации, но кратность увеличения не пропорциональна кратности изменения дозы.

В качестве показателя микробиологического состояния почвы, загрязненной ПГР, в условиях лабораторного эксперимента использовали интенсивность целлюлозолитической активности (табл. 2). Она является одним из наиболее важных индикаторов состояния микробиоценоза и оценивает способность почвы к самоочищению [1].

Таблица 2

Целлюлозолитическая активность почвогрунта

№	Вариант	% разложения целлюлозы	Активность почвы
1	Контроль	100	Очень сильная
2	200 г/м ²	74±4	Сильная
3	400 г/м ²	71±10	Сильная
4	1000 г/м ²	48±21	Средняя

Результаты исследований показали, что при концентрациях 200 и 400 г/м² происходит значительное снижение активности по сравнению с контролем. Фактически отсутствует разница во влияние на активность данных концентраций (200 и 400 г/м²). Однако можно сказать, что формируется тенденция – с увеличением концентрации ПГР, биологическая активность начинает снижаться.

При максимальной концентрации в 1000 г/м² фиксируется сильное ингибирование целлюлозолитических микроорганизмов – это может свидетельствовать о токсичности для микроорганизмов ПГР в данной концентрации. Эти изменения могут негативно сказаться на способности почв выполнять экологические функции.

Заключение

Таким образом, исследования показали, что противогололедные реагенты, оказывают комплексное воздействие химические показатели почвы – происходит подщелачивание (до рН_{н2о}=8,5), повышается минерализации и увеличивается содержание хлорид-ионов, и как следствие наблюдается слабое техногенное засоление почв. Лабораторный опыт показал, что чистый грунт и варианты со всеми дозами реагента характеризуются нейтральной реакцией среды и имеют рН_{н2о} 6,77–7,01, фиксируется слабое подщелачивание почв при концентрации ПГР 1000 г/м². Для целлюлозолитических микроорганизмов ПГР начинает оказывать выраженное токсичное действие при максимальной концентрации в 1000 г/м², в результате происходит снижение биологической активности до среднего уровня – 48%.

Библиографический список

1. Гаврилова В.И., Герасимова М.И. Целлюлозолитическая активность почв: методы измерения, факторы и эколого-географическая изменчивость // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2019. №1. С. 23-27.
2. Еремченко О.З., Шестаков И. Е., Москвина Н. В. Преобладающие и сопутствующие почвы урбопедокомплексов урбанизированных территорий Пермского Прикамья // Антропогенная трансформация природной среды. 2016. № 2. С. 195-199.
3. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4.
4. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 772.
5. Малышева А.Г., Шелепова О.В., Водянова М.А., Донерьян Л.Г., Ушакова О.В., Юдин С.М. Эколого-гигиенические проблемы применения противогололёдных реагентов в условиях крупного мегаполиса (на примере территории города Москвы) // Гигиена и санитария. 2018. №11. С. 1032-1035.
6. Наместникова О.В., Бузаева М.В. Мониторинг засоления почв в системе обеспечения экологической безопасности крупного города // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. №1. С. 44-52.
7. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. Москва: МГУ, 2001. 689 с.
8. Романова И.А., Королев В.А. Мониторинг содержания в дорожных остатках противогололёдных реагентов в ЮЗАО города Москвы // Инженерные изыскания в строительстве. 2019. № 1. С. 99-103.
9. Kim S.-Y., Koretsky C. Effects of road salt deicers on sediment biogeochemistry // Biogeochemistry. 2013. V. 112. № 1/3. P. 343–358.
10. Krenova Z., Chocholouskova Z., Zýval V. Effects of applying deicing salt to roads in protected areas: a preliminary study in the Bavarian Forest National Park // European Journal of Environmental Sciences. 2012. V2. № 1. P. 56-61.

Н.С. Шадрин, Ю.А. Новикова, Е.Н. Барсуков

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОМАНОВСКОГО УЧАСТКА ВЕРХНЕКАМСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье приводится линеаментно-геодинамический анализ юго-западной части Верхнекамского месторождения калийных солей на основе космогеологических исследований для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения. Крупномасштабным дешифрированием цифровых космических снимков выделены линеаменты, отождествляемые с линейными зонами тектонической трещиноватости.

Ключевые слова: космогеологические исследования, дешифрирование, линеаменты, геодинамические активные зоны, Верхнекамское месторождение калийных солей.

N.S. Shadrin, Y.A. Novikova, E.G. Barsukov

Perm State University, Perm, Russia

ASSESSMENT OF THE GEODYNAMIC STATE OF THE ROMANOVSKY AREA OF THE VERKHNKAMSKY POTASH SALTS DEPOSIT ON THE BASIS OF SPACE-GEOLOGICAL RESEARCH

The article provides a lineament-geodynamic analysis of the southwestern part of the Verkhnekamskoe potassium salt deposit based on space-geological studies to substantiate the safe conduct of mining operations and industrial development. Lineaments identified with linear zones of tectonic fracturing have been identified by large-scale interpretation of digital satellite images.

Key words: space-geological research, interpretation, lineaments, geodynamic active zones, Verkhnekamskoe potassium salt deposit.

Введение. Романовский участок Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) расположен на территории подчинения г. Березники и Усольского муниципального района Пермского края, в юго-западной краевой части ВКМКС. На севере он примыкает к разведываемому Белопашнинскому участку (лицензия ПЕМ 02489 ТР ООО «ЕвроХим-УКК»), на северо-востоке – к Палашерскому участку (лицензия ПЕМ 20226 ТЭ ООО «ЕвроХим-УКК»), на юге граничит с Вогульским участком. Вблизи западной границы рассматриваемого участка, примерно в 1,5 км на восток, проходит контур распространения калийно-магниевых солей. С востока лицензионный участок примыкает к Уньвинскому месторождению нефти (лицензия ПЕМ 12390 НЭ ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»). Максимальные размеры участка в широтном направлении составляют 13,4 км, в меридиональном – 4,9 км. Площадь лицензионного участка составляет 58,07 км² (рис. 1.)

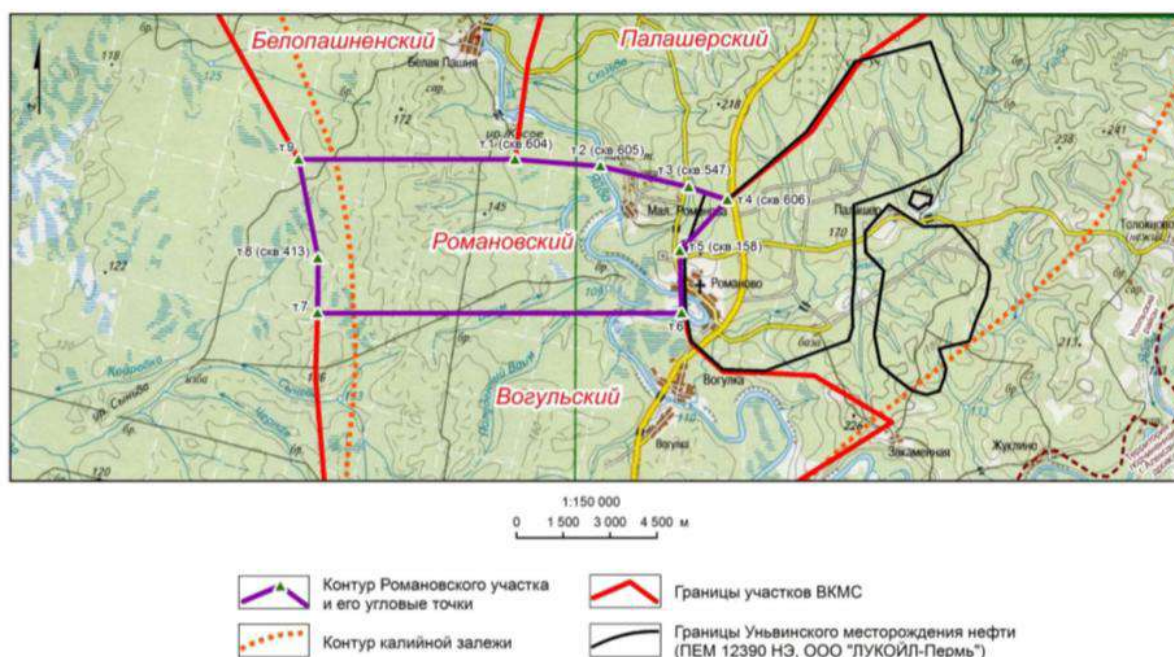


Рис.1. Обзорная схема расположения Романовского участка [1]

Рельеф района – равнинный и холмисто-увалистый. Площадь участка представляет собой всхолмленную равнину, изрезанную сетью речных долин, ручьев, оврагов. Абсолютные отметки рельефа меняются от +109 м на востоке (урез воды р. Яйва) до +175 м на западе (водораздел рек Кама и Яйва).

В пределах площади лицензионного участка отсутствуют особо охраняемые природные территории федерального значения. На севере участка в пойме р. Яйва расположен охраняемый ландшафт регионального значения – Яйвинское болото. В нижнем течении р. Яйва распространена популяция обыкновенной красноперки (приложение к Красной книге Пермского края) и также выявлены места обитания объектов животного мира (скопа, филин), занесенных в Красную книгу РФ. На юго-востоке лицензионного участка расположены памятники археологии регионального значения: «Всеволодский Луг 1, селище», «Крестовое Поле 1, селище» и «Подчудское Место 1, селище», подлежащие сохранению при освоении участка недр [1].

Верхнекамское месторождение характеризуется повышенной сейсмичностью, геодинамической активностью, глубинными разломами. Новейшая тектоника и геодинамика (геодинамические активные зоны, разрывные дислокации и структуры) в совокупности с соляным карстом, определяют основные факторы инженерно-геологических и горно-геологических условий обусловленные повышенной степенью трещиноватости) ведения добычных работ на калийных рудниках ВКМС. Мощный комплексный техногенез приводит к техногенной трансформации геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна [5, 17, 18, 20, 21].

Аэрокосмическая изученность

Рассматриваемая территория в 80-90-е годы XX в. изучалась аэрокосмогеологическими исследованиями (АКГИ) различных масштабов

(1:500 000-1:25 000) с целью поисков нефти и газа. Было выделено большое количество тектонических линеаментов. Обобщение этих исследований проведено в работах [4, 7, 8, 12, 15].

В 2010 г. И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком проведена геодинамическая оценка ВКМКС (масштаб 1:100 000), были выделены геодинамические активные зоны регионального, зонального и локального уровней. Весь Романовский участок входит в пределы крупной геоактивной зоны регионального уровня [6]. В пределы Романовского участка попадают 3 локальные геоактивные зоны [5] (рис. 2).

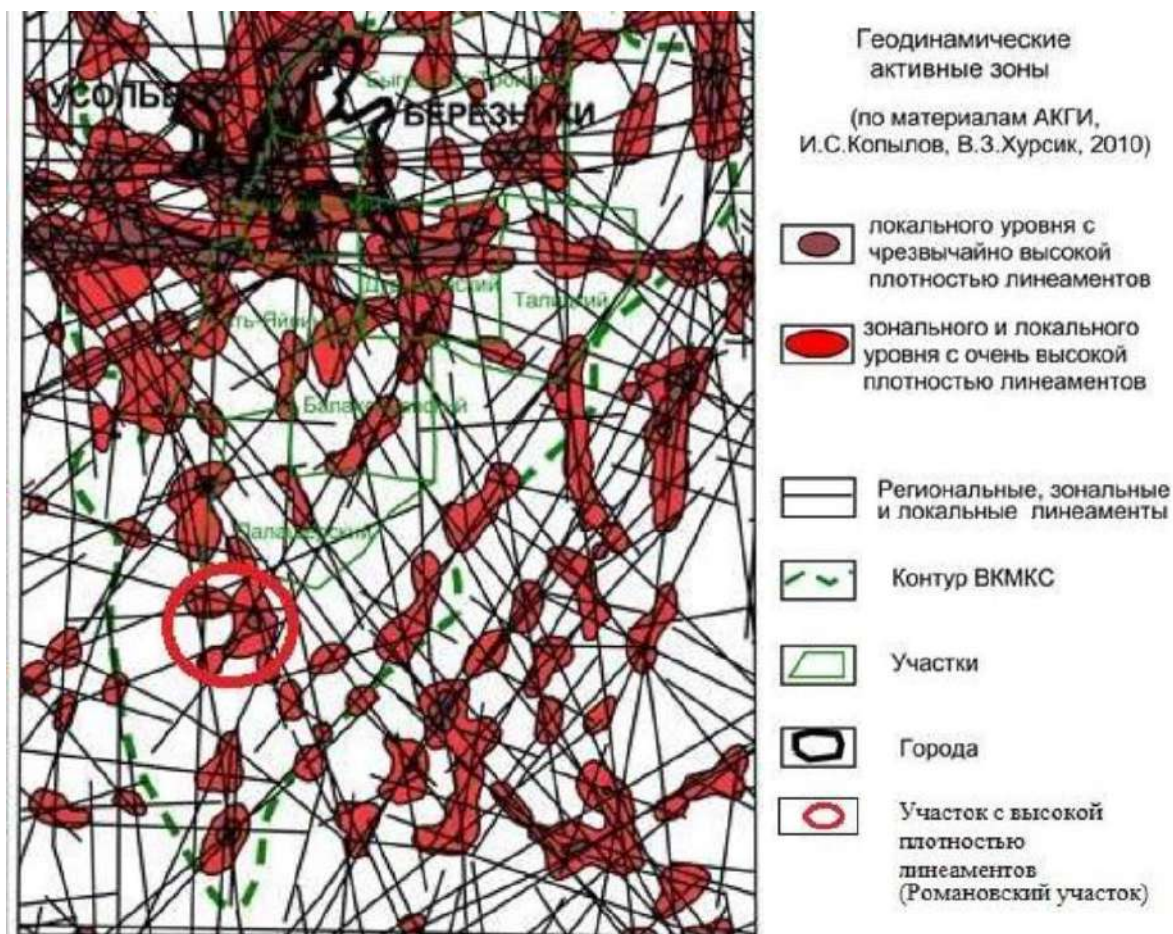


Рис. 3. Фрагмент карты геодинамических активных зон Верхнекамского месторождения калийных солей (южной части) с контуром Романовского участка [5]

Методика работ

Основным видом работ в комплексе космогеологических исследований является структурное (линеаментное) дешифрирование – выделение на материалах аэрокосмических съемок (МАКС) с помощью геоиндикационных признаков (геоморфологических, ландшафтных, гидрогеологических и др.) элементов структурно-тектонического строения и неотектонических особенностей изучаемой территории. При структурном дешифрировании на снимках выделяются линейные и кольцевые образования.

Для обозначения линейных объектов, выделенных по снимкам закрытых территорий, используется термин «линеамент» – прямолинейный индикатор тектонических нарушений, проявленный на земной поверхности прямо (разрывами) или опосредованно геологическими и ландшафтными аномалиями.

Дешифрирование линеаментов состояла из следующей последовательности: выделение линейных объектов и составление схем линеаментов; обработка схем линеаментов; установление закономерностей в распределении линеаментов.

Методика компьютерного космогеологического дешифрирования заключалась в выявлении по характеру фотоизображения различно ориентированных линеаментов, применением ГИС-технологий. Технология компьютерного дешифрирования КС и обработки данных реализована на базе программного обеспечения ESRI – ARC GIS и его модулей. Методологически это выполнялось путем системного анализа (дешифрирования) МАКС разного масштаба от мелкого – к крупному [2, 19].

Был проведён анализ космогеологических материалов для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения. В ходе выполнения этой работы решались задачи:

- подготовка аэрокосмогеологических материалов;
- крупномасштабное дешифрирование масштаба 1:50 000 и 1:25 000 цифровых космических снимков разного разрешения для выявления тектонических линеаментов;
- проведение линеаментно-геодинамического анализа и выделение геодинамических активных зон с высокой тектонической трещиноватостью [9-11, 13, 14, 16, 22];
- геоинформационное моделирование и обработка данных в Arc GIS, создание ГИС-проекта [3].

Результаты работ

В результате дешифрирования МАКС на территории Романовского участка, выявлена сеть основных прямолинейных линеаментов различных направлений. Всего выделено 108 линеаментов. Выделено 2 ранга по протяженности: региональные и зональные протяженностью 15-50 более км (23) и локальные и короткие – от 3-5 до 10-15 км (85). Выделено 7 участков с повышенной трещиноватостью размером 1-3 км.

По результатам линеаментно-геодинамического анализа была составлена карта тектонической трещиноватости (линеаментов) – предполагаемых геодинамических активных зон и участков, где были выделены участки повышенной трещиноватости (предполагаемых геодинамических активных зон и участков) для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Романовского участка ВКМКС (рис. 3). Если сравнить результаты с фрагментом карты геодинамических активных зон ВКМКС (рис. 2) [1], то Романовский участок можно соотнести с геодинамической активной зоной зонального и локального уровня с очень высокой плотностью линеаментов.

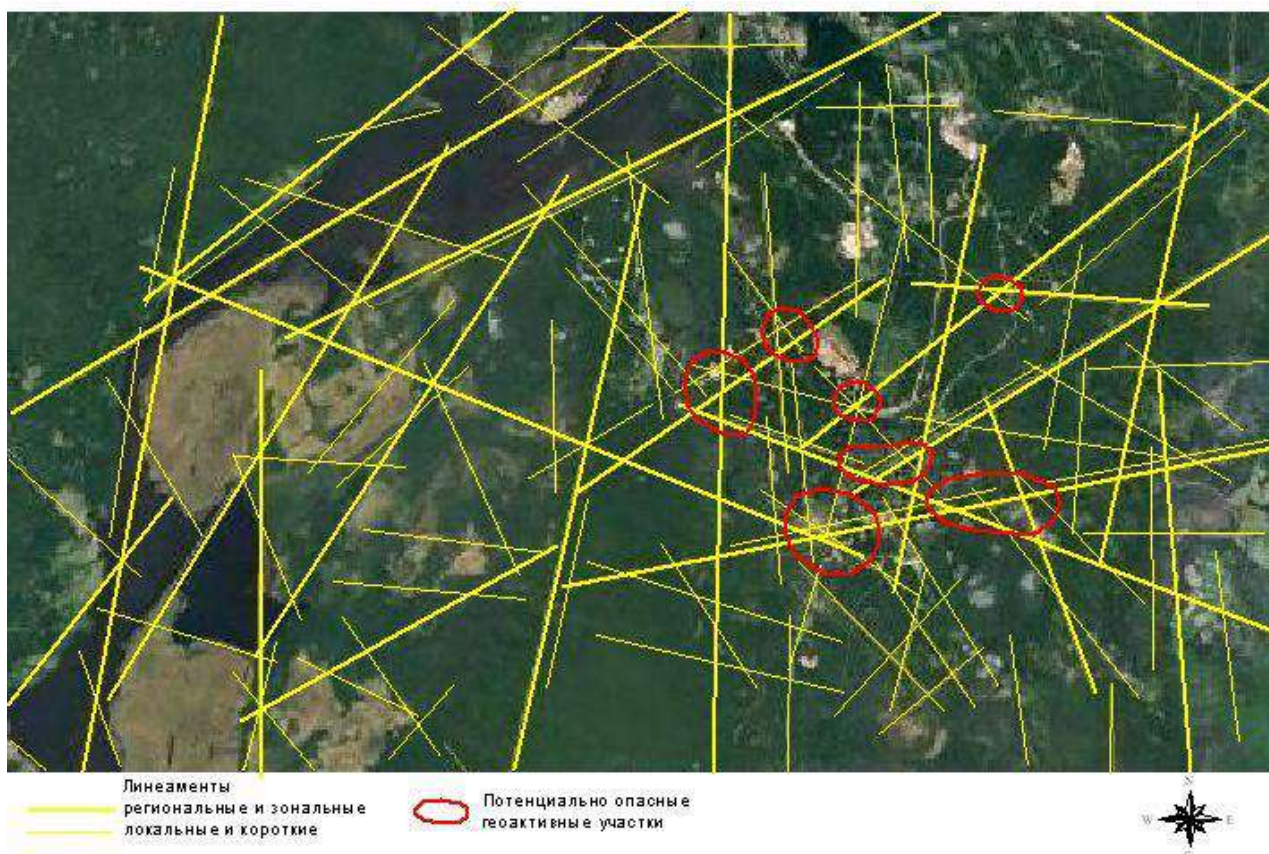


Рис. 3. Карта тектонической трещиноватости (линеаментов) Романовского участка ВКМКС (предполагаемых геодинамических активных зон и участков)

Выводы

По проведенным исследованиям установлено, что наиболее геодинамически активным и поэтому геодинамически опасным для ведения горных работ и промышленного освоения, является участок рядом с с. Романово, правее на Уньвинском месторождении нефти. Другие, небольшие локальные аномалии, расположены, левее Романовского участка. Для детализации необходимо проведение детальных аэрокосмогеологических и геофизических исследований.

Библиографический список

1. Баяндина Э.О. и др. Проект на проведение поисково-оценочных работ на Романовском участке Верхнекамского месторождения солей. ООО «НПФ «Геопрогноз». Пермь, 2015.
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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Пермский государственный национальный исследовательский университет, Естественнонаучный институт (ЕНИ ПГНИУ). 2016. С. 48-51.
3. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края Сборник научных трудов. Пермь, 2012. С. 5-14.
4. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

5. 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.
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. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь, 2011. № 3. С. 18-32.
8. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
9. 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.
10. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.
11. 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.
12. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа - история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: *Аэрокосмические методы в геологии Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. 2019. С. 13-24.
13. 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.
14. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. № 4.
15. 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.
16. 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.
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., 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.
19. 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 Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции*. 2019. С. 63-76.
20. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь, ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
21. 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.
22. 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.

ПРОВЕДЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТБО НА ТЕРРИТОРИИ Г. КАЗАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Рассмотрены вопросы мониторинга размещения полигонов твердых бытовых отходов с использованием методов дистанционного зондирования Земли и ГИС технологий на основе разновременных изображений.

Ключевые слова: геоинформационные системы, мониторинг, твердые бытовые отходы, данные дистанционного зондирования.

C.E. Shcherbakova

Kazan State Energy University, Kazan, Russia

SPATIAL ANALYSIS OF SOLID WASTE DISPOSAL FACILITIES ON THE TERRITORY OF KAZAN USING SATELLITE IMAGES

The issues of monitoring the placement of solid waste landfills using remote sensing methods of the Earth and GIS technologies based on multi-time images are considered.

Keywords: geographic information systems, monitoring, municipal solid waste, remote sensing data.

Введение

Успешное функционирование и проблема размещения объектов твердых бытовых отходов (ТБО) является одной из важнейших экологических проблем в мире. В Российской Федерации утилизация отходов продолжает оставаться крайне острой. Постановления правительства РФ в решении этой проблемы являются своевременной и необходимой инициативой [5]. Правильность выбора участка размещения полигона твердых бытовых отходов в условиях городской среды и оценка качества его функционирования является важнейшим вопросом городского планирования [1, 6].

Актуальные и современные методы дистанционного мониторинга полигонов твердых бытовых отходов, в комплексе с наземной оценкой имеют большее практическое значение. Применение спутниковых данных среднего и высокого разрешения в комплексе с геоинформационными технологиями позволяют создавать готовые картографические продукты, которые широко применяются для решения задач, связанных с оценкой состояния площадей размещения отходов и их управлением на урбанизированных территориях» [2, 3]. Источниками образования ТБО на территории Республики Татарстан являются организации, промышленные предприятия, население, объекты инфраструктуры.

На объемы образования отходов влияет плотность населения, которая превышает среднероссийский показатель в три раза. Таким образом, актуальность работы связана фактической оценкой участка, выбранного ТБО, определением основных пространственных характеристик полигонов и оценкой их влияния на компоненты ландшафта прилегающей территории с использованием спутниковых снимков среднего и высокого пространственного разрешения [4].

Материалы и методы

Объектом исследования явились полигоны размещения ТБО на территории г. Казани, Республики Татарстан (рис. 1).

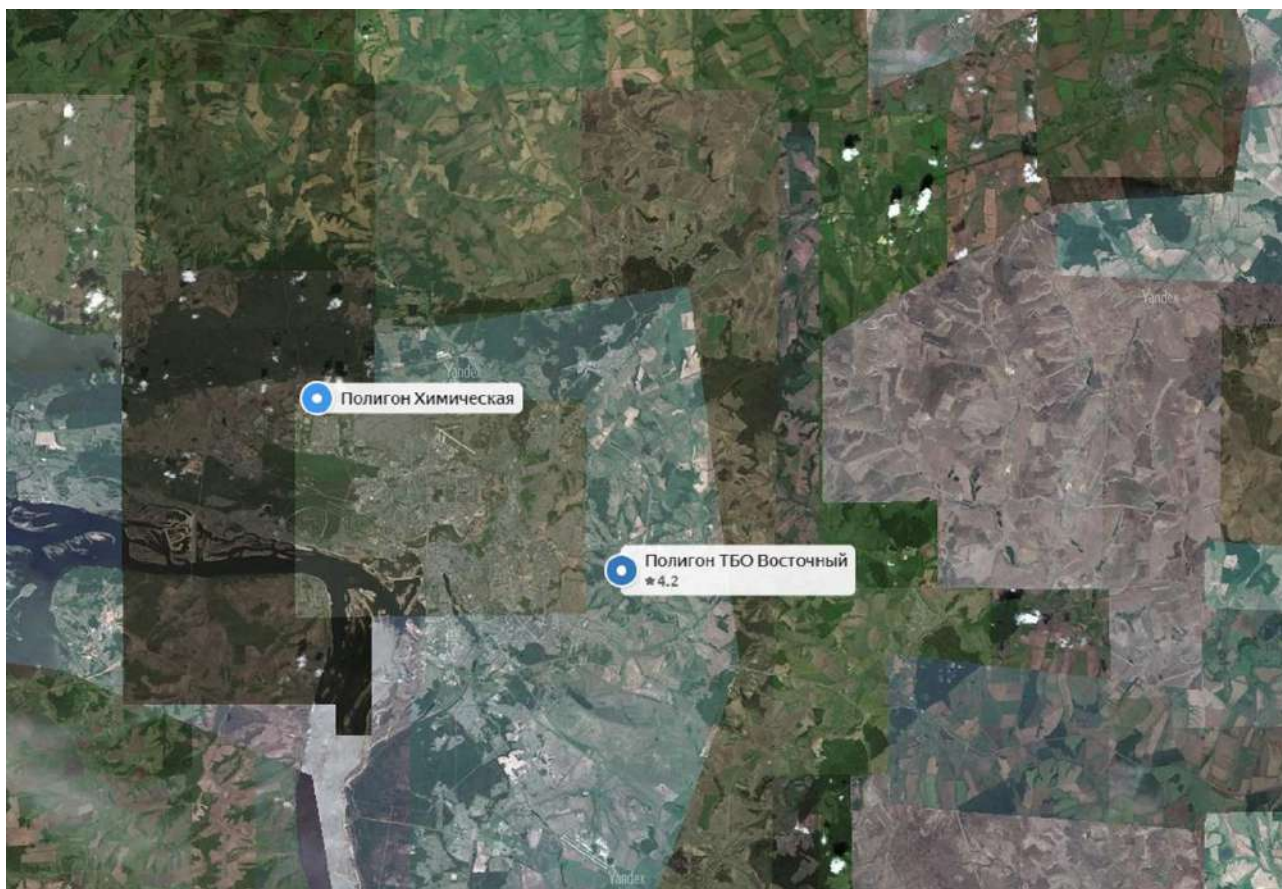


Рис. 1. Полигоны ТБО г. Казани ТБО Химический и ТБО Восточный (Ресурс Yandex)

Целью работы явилось проведение пространственного анализа объектов размещения ТБО на территории г. Казани с использованием спутниковых снимков и ГИС-технологий. Для достижения данной цели были использованы спутниковые изображения Landsat 8 и Sentinel 2 за летний период времени с пространственным разрешением 30 и 10 м, соответственно, полученные с ресурсов NASA и ESA (Европейское космическое агентство), (рис. 2).



Рис. 2. Наложение на снимок, а - Sentinel-2 снимков б - Landsat -8, с полным покрытием территории расположения оцениваемых объектов ТБО

Работа основывалась на комплексном использовании дистанционных, полевых и камеральных методов исследований для выявления участков складирования твердых бытовых отходов. Были использованы методы дешифрирования и пошаговой классификации спутниковых снимков, а также пространственного анализа с применением программ ENVI и ArcGIS.

Результаты обработки спутниковых данных

В результате предварительной обработки спутниковых данных и последующей классификации изображений Landsat-8 с помощью неуправляемой классификации IsoData (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique), а также управляемой классификации для Sentinel-2 были созданы тематические карты на территорию исследования и выделен единый тематический слой объектов ТБО (рис. 3).

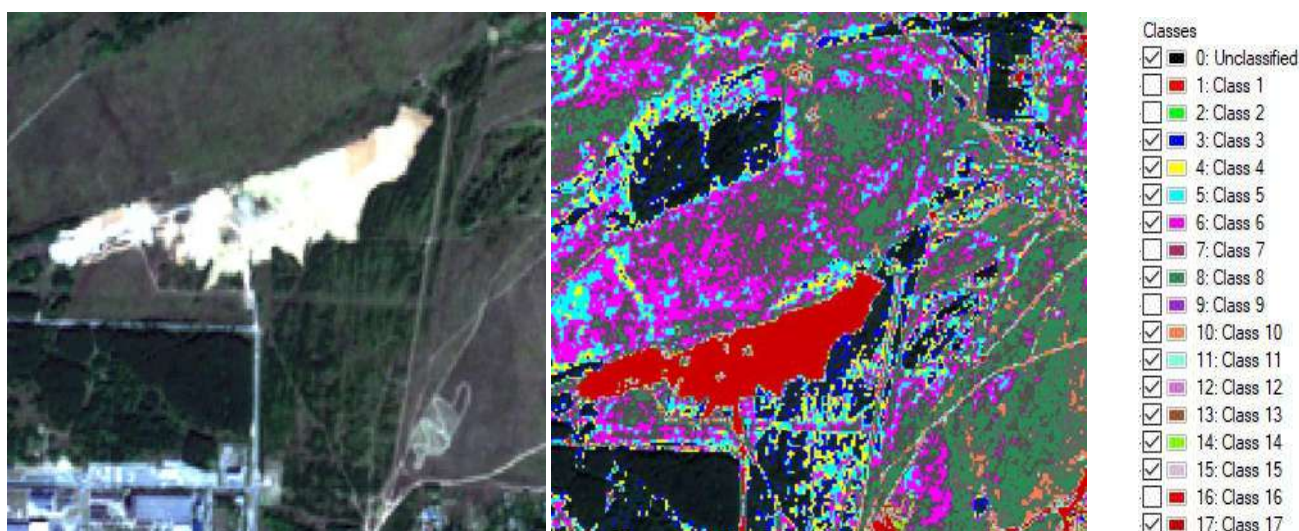


Рис. 3. Результаты классификации изображения Sentinel-2 на примере ТБО Химический. Исходный фрагмент RGB естественные цвета (слева), результат классификации – тематическая карта (справа, фрагмент). Слой ТБО – тематический класс №17

Заключение

В результате, были выделены тематические классы наземного покрова, по которым, используя экспертный анализ, определялись участки территории ТБО Химический и ТБО Восточный.

Для непрерывного контроля за динамикой структуры объектов ТБО необходимо использование комплексного анализа спутниковых данных разного пространственного и временного разрешения как Landsat-8, так и Sentinel-2, что позволит существенно увеличить качество проводимого мониторинга оцениваемых объектов ТБО.

Результаты картографирования объектов ТБО по спутниковым данным могут быть использованы для проведения многофакторного анализа при экологической оценке степени влияния объекта на окружающую территорию.

Библиографический список

1. Абросимов Н.Ш. Использование космических снимков и геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов // *Геоматика*. 2013. № 1. С. 68-74.
2. Гарифзянов Р.Д., Батракова Г.М. Идентификация и оценка экологического состояния территорий размещения отходов методом дешифрирования космических снимков // *Вестник ПНИПУ, Прикладная экология. Урбанистика*. 2014. № 3. С. 86-95.
3. Липилин Д.А. Распределение и динамика объектов размещения твердых бытовых отходов на территории Краснодарского края // *Географические исследования Краснодарского края: сб. науч. тр. Краснодар: Кубанский гос. ун-т*. 2012. Вып.7. С.12-33.
4. Мутугуллина И.А. Ахмедзянова Ф.К. Комплексный подход к решению проблемы твердых бытовых отходов (ТБО) // *Вестник Казанского технологического университета*. 2013. №9. С. 246-250.
5. Постановление Правительства РФ от 22 сентября 2018 г. № 1130 [Electronic resource] URL: <http://www.solidwaste.ru/docs/view/1205.html>.
6. Shoba B., Rasappan K. Application of GIS in Solid Waste Management for Coimbatore City // *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2013. Volume 3, Issue 10. P. 2250-3153.

Научное издание

Аэрокосмические методы в геологии

Сборник научных статей

Выпуск 2

Под общей редакцией *И. С. Копылова*

Выпускается в авторской редакции

Техническая подготовка материалов: *И. С. Копылов*

Объем данных 31,5 Мб

Подписано к использованию 30.10.2020

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