

УДК 550.838; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-3.04>

<https://orcid.org/0000-0003-0483-2798>

<https://orcid.org/0000-0001-5185-3132>

<https://orcid.org/0000-0002-7214-8026>

<https://orcid.org/0000-0002-4940-3156>

ВЫСОКОТОЧНАЯ АЭРОМАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ВДОЛЬ ГЕОТРАВЕРСА В ШУ-САРЫСУЙСКОМ ГАЗОНОСНОМ БАССЕЙНЕ



А.К. ТЛЕУБЕРГЕНОВА¹,
докторант,
abdullinakrg@gmail.com



Г.К. УМИРОВА²,
PhD, ассоц. профессор,
gulmuha@mail.ru



А.Д. МАУСЫМБАЕВА¹,
PhD, кандидат
технических наук,
aliya_maussym@mail.ru



В.С. ПОРТНОВ¹,
доктор технических наук,
профессор,
vs_portnov@mail.ru

¹КАРАГАНДИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А. САГИНОВА,
Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56

²ҚАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. К.И.САТПАЕВА,

Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22а

Магниторазведка – это геофизический метод решения геологических задач, основанный на изучении магнитного поля Земли, а также магнитных свойств горных пород и полезных ископаемых. Основной задачей магниторазведки является определение глубины залегания фундамента, прослеживание крупных зон разломов, типов разломной тектоники, картирование в разрезе интрузивных массивов разного состава с определением морфологии и глубины объектов.

На примере магниторазведочных работ, выполненных по геотраверсу Шу-Сарысу, рассмотрены практические возможности метода при оценке перспективности района исследований на углеводороды.

Показано, что потенциальный метод позволяет повысить достоверность геологического строения района, а при благоприятных условиях может являться дополнительным источником информации для дальнейшего комплексирования методов геофизики при обработке и интерпретации материалов сейсморазведки, геологических реконструкциях и поисковых оценках площадей, интерпретации вулканогенно-осадочных комплексов, изучении структуры фундамента и разломно-блоковой тектоники и другие задачи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геотраверс, магниторазведка, магнитные свойства горных пород, трансформации поля, газ, поиски и разведка.

ШУ-САРЫСУ ГАЗДЫ БАССЕЙНІНДЕГІ ГЕОТРАВЕРС БОЙЫНДАҒЫ ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКТЕГІ АЭРОМАГНИТОМЕТРИЯЛЫҚ ТҮСІРІЛІМ

А.К. ТЛЕУБЕРГЕНОВА¹, докторант, abdullinakrg@gmail.com

Г.Қ. УМИРОВА², PhD, қауымдастырылған профессор, gulmuha@mail.ru

А.Д. МАУСЫМБАЕВА¹, PhD, техника ғылымының кандидаты, aliya_maussym@mail.ru

В.С. ПОРТНОВ¹, техника ғылымының докторы, профессор, vs_portnov@mail.ru

¹Ө. САҒЫНОВ АТЫНДАҒЫ ҚАРАҒАНДЫ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 100027, Қарағанды қаласы, Н.Назарбаев даңғылы, 56

²Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ,
Қазақстан Республикасы, 050013, Алматы қаласы, Сәтпаев көшесі 22а

Магниттік барлау – бұл Жердің магнит өрісін, сонымен қатар тау жыныстары мен минералдардың магниттік қасиеттерін зерттеу арқылы геологиялық мәселелерді шешуге арналған геофизикалық әдіс. Магниттік барлау жұмыстарының негізгі міндеті – жер ірге тасының тереңдігін анықтау, ірі бұзылу аймақтарын, жарылу тектоникасының түрлерін қадағалап отыру, объектілердің морфологиясы мен тереңдігін анықтай отырып, кимдағы әртүрлі құрамды интрузивті массивтерді картаға түсіру.

Шу-Сарысу геотраверсі бойынша жүргізілген магниттік барлау жұмыстарының мысалы негізінде көмірсутектерді зерттеу аймағының болашағын бағалауда әдістің практикалық мүмкіндіктері қарастырылады.

Потенциалды әдіс аумақтың геологиялық құрылымының сенімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні және қолайлы жағдайларда сейсмикалық мәліметтерді өңдеу және түсіндіру, геологиялық реконструкциялау кезінде, геофизикалық әдістерді кешенді интерпретациясын іске асыру үшін қосымша ақпарат көзі бола алатыны көрсетілген.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: геотраверс, магниттік барлау, тау жыныстардың магниттік қасиеттері, өрістерді трансформациясы, газ, іздеу және барлау

HIGH PRECISION AEROMAGNETOMETRIC SURVEY ALONG THE GEOTRAVERSE IN THE SHU-SARYSU GAS BASIN

A.K. TLEUBERGENOVA¹, PhD doctorate, abdullinakrg@gmail.com

G.K. UMIROVA², PhD, associate professor, gulmuha@mail.ru

A.D. MAUSSYMBAYEVA¹, PhD, aliya_maussym@mail.ru

V.S. PORTNOV¹, doctor of technical sciences, professor, vs_portnov@mail.ru

¹KARAGANDA TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ABYLKAS SAGINOV,
Republic of Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56

²KAZAKH NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER K.I.SATPAEV,
Republic of Kazakhstan, 050013, Almaty, st. Satpaeva, 22a

Magnetic survey is a geophysical method of solving geological problems based on the study of the Earth's magnetic response and the magnetic properties of rocks and minerals. The main task of magnetic survey is to determine the depth of the basement, trace major fault zones, types of fault tectonics, mapping in the section of intrusive massifs of different composition to determine the morphology and depth of objects.

By the example of magnetic surveys, performed on the Shu-Saryssugeotraverse, the practical possibilities of the method in assessing the hydrocarbon potential of the study area are considered. It is shown that the potential method can increase the reliability of the geological structure of the area, and under favorable conditions can be an additional source of information for further integration of geophysical methods in processing and interpretation of seismic survey data, geological reconstructions and prospect evaluation of areas, interpretation of volcanogenic-sedimentary complexes, the study of the basement structure and fault block tectonics and other tasks.

KEY WORDS: *geotraverse, magnetic exploration, magnetic properties of rocks, field transformations, gas, prospecting and exploration.*

Введение. Составной частью прогноза минерально-сырьевого потенциала РК являются геофизические работы, дающие возможность изучения глубинного строения земной коры и верхней мантии, а также генезиса и закономерностей размещения полезных ископаемых. За последнее десятилетие детальность и точность измерительно-обрабатывающих и программно-интерпретационных геофизических комплексов поднялись на такой уровень, что обеспечивают высокую разрешающую способность геофизических методов и трехмерность полученной геолого-геофизической информации [1,2].

При решении задач оценки перспективности района работ на углеводороды встают также вопросы тектонического районирования, позволяющего определить контуры крупных структурных элементов земной коры: платформ, геосинклинальных областей, отдельных блоков, глубинных разломов и тектонически активных областей и т. д. Эти задачи прекрасным образом решаются и грави-, и магниторазведкой, хотя в отличие от гравитационных, магнитные аномалии в большей степени зависят от магнитных свойств и состава пород, чем от глубины залегания и формы структур [3]. Данная статья посвящена рассмотрению возможностей современной магниторазведки и определению круга решаемых задач при проведении региональных работ на геотраверсе Шу-Сарысу.

Шу-Сарысуйская газоносная область – единственная в Казахстане чисто газоносная зона средне-верхнепалеозойских отложений. Региональные газоносные комплексы

сы выделяются в отложениях верхнего девона (фаменская залежь), нижнего карбона (верхнетурнейская, нижневизейская, серпуховская) и нижней подсолонной перми (нижнепермская залежь), газонасыщенные коллекторы которых представлены трещинными и органогенно-обломочными известняками, доломитами, песчаниками и алевролитами [4]. В сланцах коры выветривания фундамента Шу-Сарысу открыто месторождение Орталык с промышленным содержанием газа [5].

В структурно-геологическом строении месторождений Шу-Сарысу можно выделить некоторые общие особенности: структуры представляют собой высокоамплитудные (80-240 м) куполовидные, брахиантиклинальные и антиклинальные поднятия [6]. Часто вдоль структуры наблюдается разлом, с одной из сторон которого располагается ловушка средних и мелких размеров (кроме Ушарал-Кемпиртюбе). Поэтому, газовые месторождения Шу-Сарысу можно отнести к месторождениям куполовидных и брахиантиклинальных поднятий, осложненных разрывами.

В геологическом и геофизическом отношении район изучен неравномерно. Анализ изученности региона показал, что вся площадь в пределах геотраверса покрыта магнитными съемками с аналоговой записью, т.е. не обеспечена кондиционными аэромагнитными материалами. Такая же картина наблюдается и в отношении гравитационных съемок. Сейсмическое изучение территории Шу-Сарысуйского бассейна проводилось во второй половине 20 века. Разрешение данных характеризуется низкой кратностью и плохим качеством. Имеются лишь структурные карты по основным отражающим горизонтам и региональный сейсмический разрез бассейна.

Таким образом, мы видим, что по результатам более чем 40-летней истории поисковых работ, Шу-Сарысуйский бассейн имеет очень сложное геологическое строение, напряженный характер геодинамической истории, а степень геолого-геофизической изученности территории Шу-Сарысуйского бассейна не позволяет дать обоснованную оценку его генерационных возможностей в отношении углеводородов. Все эти данные обосновывают проведение комплекса геофизических исследований по геотраверсу Шу-Сарысу. Близость Шу-Сарысуйского бассейна к ряду крупных городов и промышленных центров Центрального и Южного Казахстана позволит превратить его в идеальный источник поставки казахстанского газа в случае обнаружения достаточных его запасов. И, наконец, согласно статистическим расчетам специалистов, потенциальные возможности Шу-Сарысуйского бассейна достаточно высоки. Однако их достоверность требует подтверждения через проведение значительного объема комплексных геофизических работ с оконтуриванием локальных объектов и постановкой в их пределах нефтегазопроисхождения бурения. Все эти факты обосновывают актуальность исследований, представленных в статье.

Целью данных исследований является изучение глубинного строения бассейна, выделение структурно-вещественных комплексов в осадочном чехле и региональной оценке перспективности на углеводороды территории на основе интерпретации аэромагниторазведочных данных с использованием современных технологий сбора геофизической информации.

Научная значимость представленных исследований обосновывается созданием современной, трехмерной геофизической модели района, которая дает возможность уточнить геологическое строение Шу-Сарысуйского осадочного бассейна,

изменить представления о тектонической активности горных пород и выяснить условия формирования залежей углеводородов. Практическая значимость вытекает из получения дополнительной информации о процессах генерации и миграции углеводородов, формирования зон и региональной перспективности территорий, благоприятных для обнаружения и локализации месторождений углеводородного сырья. Относительно небольшие дополнительные затраты при ГРП на проведение комплексом геофизических методов позволяют существенно уменьшить геологические риски нефтегазовых проектов. Новая геофизическая основа, одной из задач которой является анализ геодинамической активности Шу-Сарысуйского осадочного бассейна, включая изучение элементов горизонтальной расслоенности литосферы, позволит разработать рекомендации по глубинному изучению бассейна, истории его геологического развития.

Задачи исследований заключаются:

- сбор, анализ, обобщение и уточнение особенностей Шу-Сарысуйского осадочного бассейна, выявление геолого-геофизических критериев для проведения интерпретации магнитных аномалий;

- картирование крупных региональных структур первого и более высоких порядков;

- картирование интрузий, уточнение тектоники, положения разломных зон, границ геологических комплексов по данным высокоточной магниторазведки;

- уточнение границ бассейна и характера взаимоотношения структур глубокого заложения, их сочленения с прилегающими структурами и возможной связи с процессами образования залежей углеводородов.

По геотраверсу Шу-Сарысу был выполнен полный комплекс геофизики, но авторы статьи хотели бы остановиться конкретно на возможностях современной магниторазведки при выполнении такого рода задач. Возможность обнаружения и выделения аномалий малой интенсивности появилась из-за существенного повышения точности аппаратуры, а также из-за накопления новых данных о магнитных свойствах пород осадочной толщи, вмещающих залежи нефти и газа [7]. Отметим, что на сегодняшний момент до сих пор не существует доказанных научных фактов о механизме образования магнитных аномалий над залежами углеводородов, но абсолютно понятно, что важная роль в появлении локальных магнитных аномалий над залежами отнесена вторичным образованием магнитных минералов при восстановительных и окислительных процессах в зонах залежей. Процессы в зоне восстановления приводят к уменьшению в ней магнитной восприимчивости пород по сравнению с породами вне зоны восстановления. Из-за этого зона восстановления может вызывать относительные отрицательные магнитные аномалии до десятков нТл. В зоне окисления железистые соединения мигрируют слабо, поэтому значение магнитной восприимчивости здесь выше, чем в зоне восстановления. В последние годы также установлено, что в областях, находящихся над залежами углеводородов, накапливается вторичный магнетит, образование которого связывают с микробиологическими процессами, происходящими над залежами. У нас и за рубежом отмечены случаи успешного картирования магнитных аномалий небольшой интенсивности над известными залежами углеводородов высокоточными аэромагнитными съемками на малой высоте (100-120 м).

Материалы и методы исследований. В статье рассматриваются результаты съемки, выполненной с использованием аэрогеофизического комплекса сбора магнитометрических данных GT-MAG-2, состоящего из бортового компьютера с программным пакетом NAVDAT; квантового магнитометра CS-3 для измерения магнитного поля; радиовысотомера TRA-3000; внешней антенны GPS-приемника (Topcon/Javad OEM). Для учета суточных изменений геомагнитного поля аэрогеофизическая съемка сопровождалась регистрацией геомагнитных вариаций двумя наземными базовыми станциями (МВС).

Система NAVDAT применяется для сбора магнитометрических данных и решения навигационных задач, включая обеспечение качества пилотирования, необходимого для проведения съемки заданного масштаба. Программа анализирует структуру и качество поступающей геофизической и навигационной информации, осуществляет автоматический контроль работы всего оборудования.

Учет влияния самолета проведен феррозондовым магнитометром FL3-100 по схеме «Звезда» на участке относительно спокойного магнитного поля, на высоте 2500 м, при которой локальные магнитные аномалии геологической природы существенно ослаблены и локальные изменения в показаниях магнитометра можно считать вызванными маневрами самолета. Феррозондовый магнитометр отслеживает магнитные эффекты, связанные с влиянием самолета, которое впоследствии применяется в режиме постобработки к данным съемки [8].

Рядовая аэромагнитная съемка на высоте 100 м проведена по сети съемочных маршрутов $1 \text{ км} \times 10 \text{ км}$ в осевой 60 км зоне и $2 \text{ км} \times 10 \text{ км}$ в бортовых зонах. Аэромагнитная съемка на высоте 550 м проведена по сети съемочных маршрутов $2 \text{ км} \times 20 \text{ км}$ в осевой 45 км зоне.

Для формирования сводной модели аномального магнитного поля за «основную» числовую модель была принята модель поля, полученная по данным съемки масштаба 1:100000 (*Коврижных П.Н., 2020*). К цифровой модели по сети 500×500 метров по «основной» съемке последовательно присоединялись смежные модели по архивным отчетам, далее цифровые модели, созданные по результатам оцифровки карт масштаба 1:200000, а затем карты масштаба 1:1000000.

В результате сформирована сводная цифровая модель аномального магнитного поля по сети 500×500 метров – в масштабе 1:500000 площади 100-километрового коридора регионального профиля Шу-Сарысу, с обрамлением вокруг него при задействовании материалов прошлых лет на основе которой был выполнен набор трансформант, что в совокупности использовалось при комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов.

Обработка и интерпретация аэрогеофизических данных выполнена с использованием современных специализированных комплексов программ GeosoftOasisMontaj TM, COSCAD 3D, SIGMA-3D, GM SYS 2D, ZONDGM2D и других.

Для объяснения геологической природы магнитных аномалий использована карта аномального магнитного поля. С целью выделения контактов аномальных зон и более точной оценки величины намагниченности пород, аномальное магнитное поле было приведено к полюсу.

Анализ априорной информации, собранной из опыта геофизических исследований и истолкования магнитных аномалий в регионе, позволили сформировать следующие геолого-геофизические критерии:

1. Магнитные породы фундамента (порфириды кембрия) и крупные метаморфизованные интрузии кислого состава характеризуются положительными аномалиями магнитного поля;

2. Верхнеордовикские гранодиориты и диориты, а также вулканиты девона обладают аномально высокими значениями магнитной восприимчивости и картируются положительными магнитными аномалиями интенсивностью до 600-700 нТл (туфопесчаники, базальтовые порфириды с магнитной восприимчивостью до $1500 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ в пределах Шуской глыбы);

3. Группа слабомагнитных гранитоидов и осадочно-метаморфических пород отмечается магнитными полями пониженной интенсивности (100-200) нТл. Повышение кислотности интрузивов ведет к уменьшению интенсивности аномалий до-150 нТл;

4. Цепочки локальных положительных магнитных аномалий небольших размеров наблюдаются над внедрившимися по разлому интрузивными телами среднего-основного состава;

5. Мозаичному строению магнитного поля отвечают своды структурных элементов с неглубоким залеганием фундамента;

6. По характеру линейных геомагнитных полей выделяются валообразные поднятия и прогибы;

7. Глубокие впадины отображаются в магнитном поле малоградиентными, неинтенсивными изометричными аномалиями;

8. Тектонические нарушения картируются зонами высокого градиента магнитного поля, коррелирующиеся изгибы изодинам, резкая смена простирания аномалий, линейные границы смены характера полей. Глубинные разломы в фундаменте, контролирующие размещение структур в осадочном чехле, характеризуются линейными цепочками аномалий.

Результаты и обсуждение. По результатам интерпретации магнитного поля вдоль геотраверса Шу-Сарысу однозначно можно утверждать, что магнитные аномалии довольно четко картируют смыкание (и частично глубинное продолжение) крупных геологических структур Южно-Казахстанской и Жамбылской областей Казахстана: в северо-восточном углу прослеживаются выходы кристаллического фундамента Шуской глыбы, здесь же четко прослеживается северо-восточная граница Шу-Сарысуйского осадочного бассейна; в юго-западной части, в диагональном простирании прослеживается сочленение Шу-Сарысуйского осадочного бассейна (южная граница) и горной системы Каратау – северное окончание Большого Каратау, затем, на восток – Малого Каратау; и восточнее отмечаются части Шу-Илийской и Жалаир-Найманской зон складчатости; понижением интенсивности поля на юге, контактом разнознаковых аномалий отбивается граница Сырдарьинского осадочного бассейна (*рисунок 1*).

Изучение локальной составляющей аномального магнитного поля дает возможность увидеть более тонкие особенности геологического строения и выделить

немагнитные объекты неглубокого заложения, структуры высокого порядка, осложняющие региональные структурно-тектонические элементы, которые могут предоставлять интерес на поиски углеводородов. Проявление структур высоких порядков в магнитном поле приводится на *рисунке 2*. Оконтурирование границ выпол-

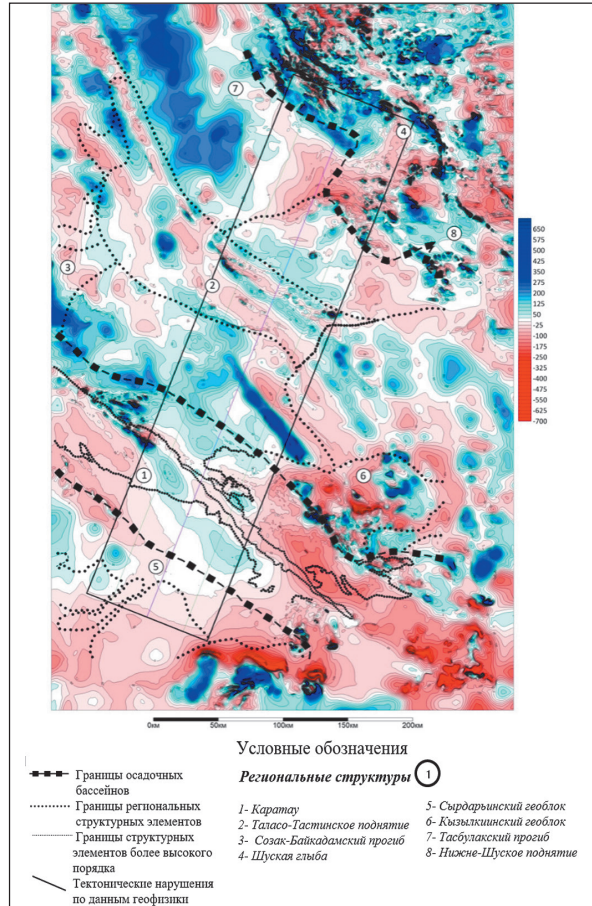


Рисунок 1 – Карта аномального магнитного поля ΔTа

нено с привлечением трансформант аномального магнитного поля. По локальным магнитным максимумам и минимумам небольших размеров выделены интрузии основного-ультраосновного, реже кислого состава, залегающие на глубине от 0,23 – 0,5 км до 3 – 4 км. Однако, вполне возможно, что многие аномалии отражают не монолитные массивы, а участки пород интенсивно интродуцированные множеством мелких тел, аналогичных выходящим на современную поверхность, эффект от которых в данном масштабе карты не выделяется локально.

В магнитном поле Созак-Байкадамского прогиба выделяются Ожирай-Тюбинский вал с интенсивностью локальных аномалий до 50 нТл; Байкадамская грабен-синклиналь с Кокшуйской и Байкадамской мульдами, разделенными Канжуганским валом.

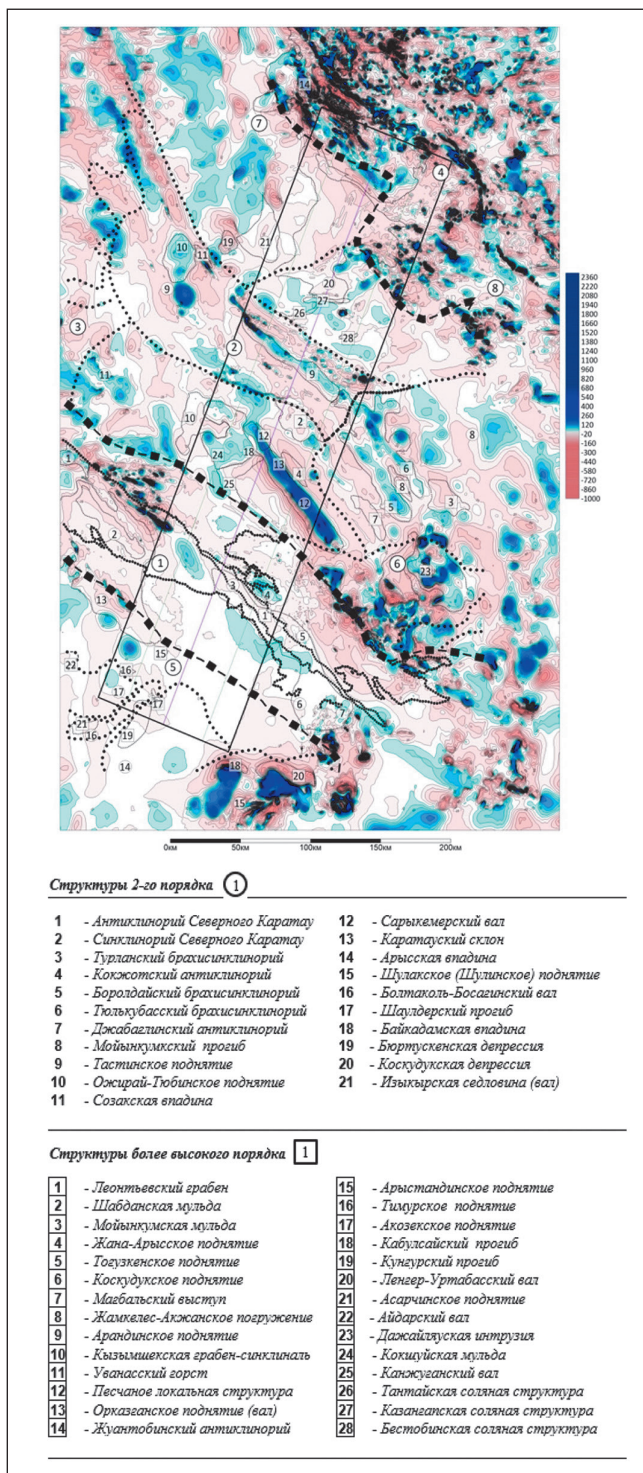


Рисунок 2 – Структуры высоких порядков в локальной составляющей магнитного поля

На площади Кокшуйской мульды наблюдается магнитная аномалия изометричной формы, связанная с интрузией кислого состава. Малый градиент поля свидетельствует о значительной глубине залегания интрузии (3 – 4 км), что позволяет интерпретировать, что внедрение вулканогенного материала происходило в пределах фундамента. Интенсивность намагничивания пород интрузии составляет $50 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ, избыточная плотность – порядка $0,1 \text{ г/см}^3$.

В субмеридиональном простирании интенсивной положительной аномалией (до 450 нТл) Сарыкемерский вал разделяет Байкадамскую впадину и Шабданскую мульду на севере со спокойным магнитным полем и Жана-Арыское поднятие на юго-востоке прогиба с отрицательным магнитным полем интенсивностью до -100 нТл. Тастинское поднятие характеризуется линейными аномалиями магнитного поля обоих знаков, лишь на западной границе съемки наблюдаются положительные аномалии более изометричной формы с интенсивностью более 350 нТл. По результатам бурения и геологической съемки положительные магнитные аномалии на юго-восточном замыкании Арандинского поднятия, в Шу-Илийском и Улутау-Арганатинском мегантиклинориях, ограничивающие Шу-Сарысуйскую впадину с северо-востока и северо-запада, тяготеют преимущественно к контактово-метасоматическим породам. Последние соответствуют интрузиям умеренно кислого-среднего состава, где активно проявились постмагматические процессы, приведшие к образованию скарнов, роговиков, гибридных пород, обогащенных в разной степени магнетитом. На рассматриваемой территории с подобными породами и интрузивными фациями умеренно кисло-среднего состава связываются и магнитные максимумы (до 200 нТл).

На западе Тастинское поднятие осложнено Кызымшекской грабен-синклиналью (за границей площади съемки) с положительными аномалиями, отвечающими диоритам и гранодиоритам с интенсивностью до 350 нТл и гранитам (интенсивность аномалий до -25 нТл).

Северо-восточнее Кызымшекской грабен-синклиналии, на восточной границе Тастинского поднятия с Тасбулакским прогибом, отрицательной аномалией (-50 нТл) овальной формы картируется Уванаский горст, с востока и юго-запада окруженный изометричными, слегка вытянутыми положительными аномалиями интенсивностью до 150 нТл, связанными с габброидами и диоритами.

В полосе аэромагнитной съемки, практически ортогонально оси геотраверса, вытянутыми положительными и отрицательными аномалиями проявляется Арандинское поднятие, осложненное основными и средне-основными интрузиями, картирующимися положительными аномалиями интенсивностью до 200 и более нТл. Бурение показало, что ряд положительных магнитных аномалий (до 0 нТл), совпадающих как с минимумами, так и с максимумами силы тяжести в пределах Арандинского поднятия, обусловлены массивами гранодиоритов, диоритов, габбро-диоритов (габбро-диабазов) с магнитной восприимчивостью соответственно $75-100$, $690-2400$, $2000-3000 \cdot 10^{-5}$ СИ и плотностью $2,64$; $2,67$; $2,85 \text{ г/см}^3$ [9]. В одной из скважин обнаружен активный контакт диоритов с нижнекаменноугольными осадочными породами, отчасти ороговикованными и окварцованными. Поднятие характеризуется неглубоким залеганием фундамента и заметно сокращенной (за счет

выпадения из разреза некоторых стратиграфических подразделений) мощностью средне-верхнепалеозойского комплекса: не более 1 – 2 км на склонах структуры и до первых сотен метров в ее своде.

В составе эпигеосинклиналильного комплекса преобладают каменноугольные карбонатные, редко терригенные немагнитные формации, которые, видимо, подстилаются верхнедевонскими терригенно-галогенными. Здесь каменноугольные породы повсеместно вскрыты скважинами, достоверное присутствие верхнедевонских пород пока не установлено, так как ни одна из скважин не пересекла полностью нижнекарбонную толщу. Верхнедевонские образования, вероятнее всего, распространены на окраинах рассматриваемой структуры и в глубоких грабенах, не подвергшихся сильному размыву в верхнем палеозое.

Севернее Тастинского поднятия, в субпараллельном простирании, ограниченный от него Кокшетауским разломом, распространен Тасбулакский прогиб. В полосе съемки он характеризуется отрицательным магнитным полем, с повышением интенсивности к оси геотраверса. Отрицательные аномалии связаны, скорее всего, с погруженными гранитными массивами. На юге Тастинского геоблока отрицательные аномалии связаны с Бюртускенской (более западной) и Коскудукской (в полосе аэромагнитной съемки) депрессиями. Между этими депрессиями спокойным положительным магнитным полем картируется Изыккерская седловина.

За западной границей съемки выделяется крупная изометричная положительная аномалия интенсивностью более 300 нТл, связанная, скорее всего, с интрузивными фациями повышенной основности и метаморфизованными в контакте с массивом вмещающих пород.

На юго-востоке Тасбулакский прогиб в составе Шу-Сарысуйской депрессии резким магнитным максимумом граничит с Жуантобинским мантиклинорием Шуской глыбы, тем самым обозначая границу Шу-Сарысуйского осадочного бассейна.

Результаты бурения и геологической съемки показывают, что положительные магнитные аномалии на юго-восточном замыкании Арандинского поднятия, в Шу-Илийском и Улутау-Арганатинском мегантиклинориях, ограничивающий Шу-Сарысуйский бассейн с северо-востока и северо-запада, тяготеют преимущественно к контактово-метасоматическим породам. Последние сопутствуют интрузиям основного состава, где активно проявились постмагматические процессы, приведшие к образованию скарнов, роговиков, гибридных пород, обогащенных в разной степени магнетитом. С подобными породами и интрузивными фациями связываются все магнитные максимумы на рассматриваемой территории.

С юга Табулакский прогиб граничит с Нижне-Шуским поднятием, картирующимся клинообразным заострением изодинам положительного и отрицательного знаков. В приграничной полосе Нижне-Шуское поднятие характеризуется отрицательным полем. Хотя фундамент Нижне-Шуского поднятия несколько приподнят относительно основания Тасбулакского прогиба, мощность пород средне-верхнего палеозоя на большей части его достаточно велика. Характерной чертой Нижне-Шуской структуры является широкое распространение верхнедевонской терригенно-галогенной формации. На примыкающей с юго-востока площади выделены Казангапская, Тантайская и Бестобинская соляно купольные структуры, в которых

вертикальная мощность верхнедевонских пород изменяется от 700 до 2200 м и которм соответствуюот отчетливые минимумы силы тяжести [10].

Верхнедевонская формация состоит преимущественно из засоленных аргиллитов, реже песчаников, переслаивающихся с галитом. Глинистые породы преобладают над галогенными, составляя 60 – 75% от объема формации, что, безусловно, находит свое отражение в аномальном поле силы тяжести.

В фундаменте северного склона Нижне-Шуского поднятия, как и в основании Тасбулакского прогиба предполагается развитие интрузий кислого состава.

Западные структуры площади изучения: структуры Таласо-Тастинского геоблока с Мойынкумским прогибом и Кызылкиинского геоблока с Аккульской ступенью и Жамбылским прогибом. Мойынкумский прогиб с насыщенным аномальным магнитным полем в диагональном простирании включает несколько структур более высокого порядка.

Коскудукское поднятие характеризуется амплитудой в 1 км и резким уменьшением мощности осадочных образований верхнего девона-перми, вплоть до выклинивания последней. В самой северной части поднятия, за пределами района, мощность соленосной перми составляет 100 – 200 м, редко 400 м. Здесь получены непромышленные притоки газа (Кумырлинская брахиантиклиналь). Жамкелес-Акжанское погружение (Таласская дизъюнктивная депрессия) выражено в магнитном поле понижением до 0 нТл. Тогузкенская структура картируется интенсивным максимумом (до 150 нТл), обусловленным поднятием плотного кристаллического фундамента, что подтверждается сейсморазведкой (КМПВ). Относительно спокойным магнитным полем выражается Мойынкумская мульда. Согласно данным бурения и сейсморазведки в пределах этой структуры кровля палеозоя погружена на глубину 500-800 м. Мощность верхнепермских отложений составляет около 1200 м, а среднего-верхнего карбона, преимущественно карбонатного состава – 400 – 600 м. Практически не выделяется в магнитном поле Магбальский выступ, в гравитационном поле он, напротив – характеризуется высоким уровнем поля.

Сарыкемерская антиклиналь представляет собой крайнюю структуру на западе Таласо-Тастинского поднятия. Выражена она в физических полях интенсивным повышением сложной формы, вытянутым в северо-западном направлении. Это повышение представляет собой эффект от поднятия плотной нижнепалеозойской карбонатной толщи, насыщенной мелкими интрузивными телами среднего-ультраосновного состава, выраженными в поле ΔT_a интенсивными максимумами (до 500 нТл и выше).

Кызылкиинский геоблок характеризуется интенсивными отрицательными магнитными аномалиями, связанными, скорее всего, с крупными и мелкими телами гранитов и немагнитными пермо-карбонатыми отложениями. Положительные магнитные аномалии связаны с диоритами, гранодиоритами среди гранитов Дажайляуского интрузивного массива.

Сложный характер поля отмечается в пределах Аккульской ступени и Жамбылского прогиба, где интенсивные аномалии обоих знаков часто сменяют друг друга, изодинамы изрезаны, часты области высоких градиентов.

Геофизические работы позволили выявить густую сеть разрывных нарушений преимущественно северо-западного (каратауского) и субширотного направлений.

Региональные глубинные разломы ограничивают выявленные геоблоки земной коры, а более мелкие нарушения секут их в различных направлениях, раскалывая на блоки значительно меньших размеров. Одним из наиболее протяженных и глубинных разломов является Главный Каратауский, установленный по геологическим данным и хорошо прослеженный в физических полях по зонам градиента, корреляционным изгибам изодинам, цепочкам мелких аномалий. Этот длительного развития разлом докембрийского заложения во все геологические эпохи играл роль подводящего канала для магмы и гидротермальных растворов. По данным количественной интерпретации плоскость сместителя его имеет юго-западное падение под углом 80° , а максимальная амплитуда перемещений по нему составляет 1,5 – 2 км [11]. Каратауский разлом представляет собой сложную систему субпараллельных нарушений. По его главной линии антиклинорий Северного Каратау расколот на две части, из которых северо-восточная сброшена под мезокайнозойские платформенные отложения Шу-Сарысуйской депрессии. Каратауские структуры секутся протяженными тектоническими нарушениями, преимущественно северо-западного простирания, на более мелкие блоки. По морфологическим особенностям разрывные нарушения являются надвигами, по которым отдельные блоки надвинуты один на другой. Множество мелких разноориентированных разломов фиксируются по коррелирующимся изгибам изоаномал и изодинам, смене характера полей, зонам высокого градиента ΔG_a и ΔT_a , цепочкам мелких аномалий.

Так же, как и на юге, фундамент и эпигеосинклиналиальный комплекс Шу-Сарысуйского осадочного бассейна рассечены большим числом разрывов, картирующихся полосами высоких градиентов силы тяжести и аномального магнитного поля, закономерными изгибами изолиний магнитного поля. К важнейшим глубинным разломам отнесены Тастинский, Кокшетауский, Шуский и Каракиякский, отделяющие Тасбулакский прогиб от Тастинского поднятия, Тастинское поднятие от Нижне-Шуского и Созак-Байкадамского прогибов.

Глубинные региональные и мелкие, разноориентированные разрывные нарушения хорошо прослеживаются в градиентных трансформациях магнитного поля (*рисунок 3*).

На *рисунке 4* представлен результат еще одной процедуры, которая позволяет выполнить районирование территории на основе анализа статистических характеристик магнитного поля. Проводится на основе методов классификации, распознавания образов и компонентного анализа программного комплекса COSCAD 3D. Технология эффективна при решении задач геологического картирования и районирования, позволяет провести классификацию многопризнаковых геофизических наблюдений на однородные области, без знания априорной информации.

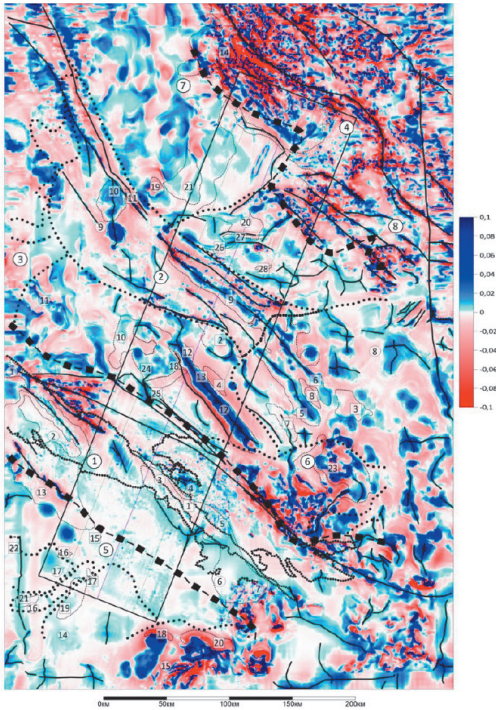


Рисунок 3 – Разрывная тектоника на карте вертикального градиента магнитного поля

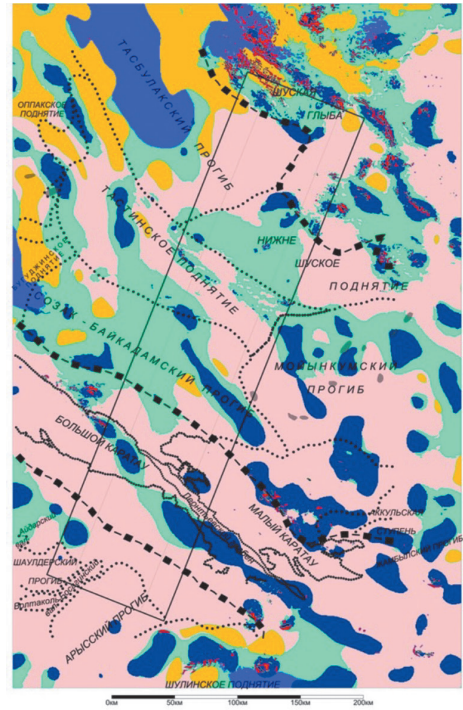


Рисунок 4 – Районирование территории по комплексу параметров магнитного поля методом динамических сгущений

Выводы. В результате проведения аэромагнитной съемки получены дополнительные сведения о геологическом строении района, преимущественно закрытого рыхлыми мезокайнозойскими образованиями.


Так, под отложениями Шу-Сарысуйской депрессии прослежена погребённая часть антиклинория Северного Каратау, а под Сырдарьинской синеклизой – продолжение Турланско-обрахисинклинория. Установлено, что Каратауский антиклинорий на юго-западе погружается резко и на большую глубину, либо вообще срезан системой Главного Каратауского разлома. Выделено большое количество магнитных объектов, залегающих на глубине и представляющих собой, возможно, интрузии с повышенной основностью состава. Подтверждены существующие взгляды на складчато-глыбовый характер структур региона, предопределивший неодинаковую полноту разреза средне-верхнепалеозойских отложений и их мощность, а также ступенчатое строение поверхности фундамента.

По распространению элементов разрывной тектоники, выявленных по аэромагнитным данным, подтверждены существующие взгляды на блоковый характер структур района, различающихся глубиной залегания фундамента. Складчатое основание глубоко погружено в Тасбулакском прогибе и Кыземшекской грабен-синклинали, в меньшей мере на Нижне-Шуйском поднятии, приподнято – на Тастинском поднятии. На Тастинском поднятии предполагается развитие антиклиналей и горстов с

увеличенной мощностью каменноугольных известняков, а также интрузивных тел от кислого до основного состава.

Охарактеризован рельеф палеозойского основания, выявлены локальные структуры, представляющие поисковый интерес в отношении нефти и газа. Поисковые работы на нефть и газ рекомендуется провести на локальных поднятиях, включая и соляные антиклинали на северо-восточном склоне Тастинского поднятия и прилегающей к нему части Тасбулакского прогиба.

Некоторые из рекомендуемых для обследования структур разбурены единичными скважинами, вскрывающими, за редким исключением, породы не древнее каменноугольных, а на нефть и газ более всего перспективны подсолевые образования верхнего девона и нижнего палеозоя. Кроме того, перспективы района на поиски нефти и газа могут быть связаны с осадочными образованиями позднего палеозоя Сырдарьинской депрессии, границы, развития которых и состав определены по геофизическим данным.

Выделены интрузивные тела разных размеров и состава. Прослежены протяженные тектонические нарушения северо-западного, широтного и северо-восточного направлений, северо-западная ориентировка разломов контролирует полиметаллическое и медное оруденение в Каратауском и прилегающих к нему, регионах, и множество мелких нарушений. 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Abdoldina F.N., Nazirova A.B., Dubovenko Y.I., Umirova G.K. Solution of the gravity exploration direct problem by the simulated annealing method for data interpretation of gravity monitoring of the subsoil conditions // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences this link is disabled. – 2021. – N 1(445). – P. 13-21.
- 2 Umirova G.K., Ahatkyzy D. Some features of structural interpretation of CDP 3D seismic data under conditions of the Bezymyannoye field // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences this. – 2022. – N 6(456). P. 233–246
- 3 Богословский В.А., Горбачев Ю.И., Жигалин А.Д., Калинин А.В., Попов М.Г., Пушкарёв П.Ю., Модин И.Н., Никитин А.А., Никитин А.А., Степанов П.Ю., Хмельевский В.К. Геофизика. – М.: КДУ, Добросвет, 2018. URL: <https://bookonlime.ru/node/559/>. [Bogoslovskiy V.A., Gorbachev Yu.I., Zhigalin A.D., Kalinin A.V., Popov M.G., Pushkarev P.Yu., Modin I.N., Nikitin A.A., Nikitin An.A., Stepanov P.Yu., Khmelevskiy V.K. Geofizika – M.: KDU, Dobrosvet, 2018.]
- 4 Акчулаков У., Жолтаев Г.Г., Куандыков Б.М., Исказиев К. и др. Атлас нефтегазоносных и перспективных осадочных бассейнов Республики Казахстан. – Астана, 2014. [Akchulakov U., Zholtayev G.G., Kuandykov B.M., Iskaziyeu K. i dr. Atlas neftegazonosnykh i perspektivnykh osadochnykh basseynov Respubliki Kazakhstan. – Astana, 2014]
- 5 Даукеев С.Ж., Воцалевский Э.С., Парагульгов Х.Х. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана. – Алматы, 2002. [Daukeyev S.Zh., Votsalevskiy E.S., Paragulgov Kh.Kh. i dr. Glubinnoyestroyeniye imineralnyyeresursy Kazakhstana. – Almaty, 2002.]
- 6 Акчулаков У., Жолтаев Г.Ж., Жылкайдаров С.Е. Оценка прогнозных ресурсов углеводородного сырья Республики Казахстан. – Алматы, 2003. [Akchulakov U.,

- Zholtayev G.Zh., Zhylkaydarov S.E. Otsenka prognoznykh resursov uglevodorodnogo Syria Respubliki Kazakhstan. – Almaty, 2003]
- 7 Абдолдина Ф.Н., Берлибаева А.Б., Умирова Г.К. Автоматизация обработки данных геодинамического мониторинга нефтегазового месторождения // Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании: матер. междунар. конф., 2015. С. 73–82. http://portal.kazntu.kz/files/publicate/2015-09-30-elbib_1.pdf. [Abdoldina F.N., Berlibaeva A.B., Umirova G.K. Avtomatizatsiya obrabotki dannykh geodinamicheskogo monitoringa neftegazovogo mestorozhdeniya // Vychislitel'nye i informacionnye tekhnologii v nauke, tekhnike i obrazovanii: mater. mezhdunar.konf., 2015. S. 73–82. http://portal.kazntu.kz/files/publicate/2015-09-30-elbib_1.pdf.]
 - 8 Баранов П.Ф., Муравьев С.В., Огай В.Е., Учайкин С.В. Феррозондовый магнитометр для измерения магнитной индукции до 1 нТл // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320, №4. [Baranov P.F., Murav'ev S.V., Ogaj V.E., Uchajkin S.V. Ferrozondovyy magnitometr dlya izmereniya magnitnoj induktsii do 1 nTl // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2012. – T. 320, №4.]
 - 9 Игнатюк О.В., Григорьев В.Н., Ужкенов Б.С. Карта аномального магнитного поля (ΔT_a) Казахстана. Масштаб 1:1000000. ТОО «КазИМС», МЭИМР РК, КГиОН. - Кокшетау, 2004. [Ignatyuk O.V., Grigoryev V.N., Uzhkenov B.S. Karta anomalnogo magnitnogopolya (ΔT_a) Kazakhstana. Masshtab 1:1000000. ТОО «KazIMS». МЭИМРРК. КГиОН. - Kokshetau. 2004]
 - 10 Шнейдер И.Ю. и др. Гравиметрическая карта листа L-42-XXII. Объяснительная записка. Казахское производственное геологическое объединение по геофизическим работам, Москва, 1992. [SHnejder I.YU. i dr. Gravimetricheskaya karta lista L-42-XXII. Ob'yasnitel'naya zapiska. Kazahskoe proizvodstvennoe geologicheskoe ob'edinenie po geofizicheskim rabotam, Moskva, 1992.]
 - 11 Абдулин А.А., Никитин И.Ф. и др. Геология и металлогения Каратау. Т.1. – Алма-Ата, Наука, 1986. [Abdulin A.A., Nikitin I.F. i dr. Geologiya i metallogeniya Karatau. T.1. – Alma-Ata, Nauka, 1986.]