

5. Прямые геологические наблюдения не обеспечивают адекватную поисковую эффективность и играют роль вспомогательной поддержки геохимическим поискам.

6. Металлогеническое районирование территорий с целью поисков рудных месторождений должно быть основано на принципах построения таксонов самоорганизующейся системы в ряду: металлогеническая зона — металлогеническая область — рудный район — рудный узел — рудное поле — рудная зона — рудное тело (месторождение по результатам ТЭО кондиций). Критерии локализации металлогенических таксонов (геохимические, геофизические, геологические) должны соответствовать фундаментальным свойствам самоорганизации как единственного, необратимого и универсального способа формирования рудных объектов.

7. Аниюская металлогеническая зона образована в перивулканической зоне Охотско-Чукотского вулканического пояса и имеет **медно-полиметаллическую специализацию** золотого оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров, С.А. Локализация таксонов геохимического поля ореолообразующей и рудообразующей системы в масштабах 1:1 000 000 — 1:2 000 (структурная геохимия) / С.А. Григоров. — М.: ИМГРЭ, 2018. — 169 с.
2. Григоров, С.А. Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 90-летию ИГЕМ РАН «Породо-, минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований». Геохимические критерии идентификации таксонов самоорганизующейся рудообразующей системы. Факты, выводы, практический результат / С.А. Григоров. — Москва, ИГЕМ РАН, 23–27 ноября 2020 г.
3. Григоров, С.А. Структурно-геохимическое районирование Арктического сектора Российской Федерации / С.А. Григоров, А.А. Кременецкий, И.Г. Спиридонов, А.Г. Пилицин // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 1. — С. 35–39.
4. Григоров, С.А. Парадоксы геохимических поисков сверхкрупных месторождений / С.А. Григоров // Руды и металлы. — 2016. — №1. — С. 11–14.
5. Григоров, С.А. Геохимическая разведка рудных месторождений / С.А. Григоров, П.И. Кушнарев // Недропользование XXI век. — 2010. — № 5. — С. 26–33.
6. Иванюк, Г.Ю. Самоорганизация рудных комплексов / Г.Ю. Иванюк, П.М. Горяинов. — М.: Геокарт-Геос, 2009. — С. 392.
7. Пригожин, И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стенгерс. — М.: Прогресс, 1994. — 272 с.

© Григоров С.А., 2021

Григоров Сергей Александрович // grigorovrim@mail.ru

УДК 550.8.053:519.2

Зиёмов Б.З.¹, Хусамиддинов А.С.², Садиров Ф.Х.², Ахмедов Ш.Б.¹ (1 — Ташкентский государственный транспортный университет, 2 — Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз)

К ПРОБЛЕМЕ ТЕКТОНИКИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГИССАРСКИХ ГОР ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА

В работе дано современное представление о тектоническом строении и характеристиках разрывов юго-западной части Гиссарских гор на основе исследований

флексурно-разрывных зон, больших скачков поднятий и опусканий, поверхностных смещений отложений по направлениям северо-восток и юго-запад. Рассмотрены причины этих явлений и выделены крупные структурные единицы с перекрытием зоны множеств разрывов.
Ключевые слова: тектоника, разлом, мегаантиклиналь, фундамент, геодинамика, земная кора, тектонические блоки, новейшая тектоника, флексура, землетрясение.

Ziyomov B.Z.¹, Khusamiddinov A.S.², Sadirov F.H.², Akhmedov Sh. B.¹, (1 — Tashkent State Transport University, 2 — Institute of Seismology, RUz Academy of Sciences)

TO THE TECTONIC PROBLEM OF THE SOUTH-WESTERN TERRITORY HISSAR MOUNTAINS OF SOUTHERN UZBEKISTAN

Tectonic structure and characteristics of ruptures in the southwestern part of the Hissar mountains. The article presents the current state of the tectonic structure and characteristics of ruptures in the southwestern part of the Hissar mountains, exploring mainly flexural-rupture zones, large jumps of uplifts and subsidence, surface displacements developing in the northeast, also southwest directions. The reasons are presented and large structural units with overlapping zones of multiple ruptures are identified. **Keywords:** tectonics, fault, mega-anticline, foundation of geodynamics, earth, crust, tectonic blocks rushing, tectonic, earthquake flexure.

Обоснование. Гиссарские горы и их юго-западные отроги представляют собой современную сейсмо-тектоническую активную зону с соответствующим геологическим строением, тектоникой и составом геологических образований.

На современном этапе экономического развития Узбекистана меняется инфраструктура его регионов, строятся новые промышленные объекты и населенные пункты, прокладываются железнодорожные пути и автомагистрали, ведутся поиски, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. Промышленное развитие страны делает необходимым изучение геологического строения регионов, их тектонических элементов, крупных разрывных структур, геоморфологии, гидрогеологии, инженерно-геологических условий, что особенно важно для сейсмоактивных районов. К числу таких районов относятся и юго-западные территории Гиссарских гор, где проблемы сейсмических рисков на локальном уровне не были решены. В связи с этим проведенные авторами исследования были направлены на решение этой актуальной проблемы.

Результаты работ. Многие исследователи (М.А. Ахмеджанов, О.М. Борисов, В.С. Буртман, В.И. Старостиев и др.) рассматривают юго-западные отроги Гиссарского хребта как альпийскую мегаантиклиналь на южной границе Западного Тянь-Шаня. Роль мегаантиклинали (Байсунская) в современной структуре Тянь-Шаня интерпретируется как дополнительное следствие герцинского тектогенеза. Чрез-

№ п/п	Название пункта	Измер. 1 мкР/час	Измер. 2 мкР/час	Измер. 3 мкР/час	Среднее измер. мкР/час	Примечание
1	G-P					На станции Гузар (23.05.2013)
2	G-Rp1					Rp на холме (виден со станции Гузар)
3	G-PO	6	7	7	6,7	20 м справа от дороги при пересечении ручья
4	G-PM	5	6	7	6,0	Между треугольной плитой на лестнице
5	G-P1	8	9	9	8,7	Примерно в 100 м справа от дороги на повороте
6	G-P2	10	11	12	11,0	100 м от стены плотины
7	G-Rp2	15	16	16	15,7	Гузар. Выход на дорогу напротив бензопропановой подножки
8	G-Rp3	14	15	16	15,0	В центре геодезического сигнала
9	G-QY	13	14	15	14,0	Холм находится в 50 м справа от кладбища
10	G-QQ	13	14	15	14,0	У перекрестка Камаша Кызылтапа (24.05.2013)
11	G-QU	15	16	17	16,0	200 м до уйгурского сельского кладбища
12	G-YO	13	14	14	13,7	На холме в деревне Отчопар
13	G-SHS	15	16	17	16,0	Вниз по склону за кладбищем в Шахрисабзском районе
14	G-GO	11	12	13	12,0	Около Опоры
15	G-GUL	14	15	15	14,7	В деревне Улочь

вычайно сложное геолого-тектоническое строение этой территории давно привлекает к себе внимание исследователей.

Известен ряд схем тектонического районирования исследуемой территории. Среди них можно выделить тектоническую схему Б.Б. Тальвирского и др. [10], где основные структурные элементы выделены на основе геологической изученности и геофизических данных. Структурные особенности фундамента характеризуются по гравимагнитным аномалиям (таблица).

Проведенные в последние годы геофизические (магнитометрические, радиометрические и тектонофизические) исследования показали важность разрывных структур территории в формировании разрывных

различных участков земной коры. В совокупности с геологическими образованиями они определяют в геологическом далеком прошлом и определяют в настоящее время геодинамическую обстановку рассматриваемой юго-западной территории Гиссара.

геофизических аномалий, а также в распределении тектонических напряжений и деформаций. Основной морфологии геофизических аномалий, их пространственных позиций, изменений напряжений деформации является современная геодинамическая обстановка, а ее главной особенностью — тектоническая активность структур, обусловленная влиянием тектонических сил планетарного масштаба. Эти силы обусловили формирование Дехканабадской синклинали (рис. 1).

Наблюдаемые в пределах Дехканабадской синклинали тектоническая активность и деформации связываются в настоящее время с процессами, происходящими под корой литосферы, а, возможно, и в мантии. Это дает основание считать, что современная геодинамическая обстановка юго-западной части Гиссара во многом определяется энергетическими процессами в литосфере и в мантии, что отражается в вертикально-горизонтальных движениях

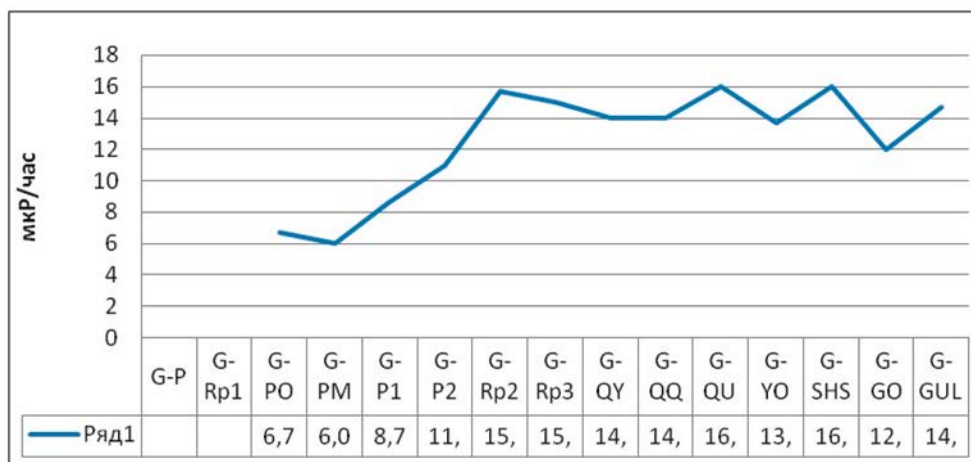


Рис. 1. Осложнение мелкими складчатыми структурами (Байсунская, Гумбулакская и др. антиклинали)

На основе обобщения материалов по геологии и тектонике юго-западной территории Гиссара была составлена «Карта тектонического районирования юго-западных отрогов Гиссарского хребта» масштаба 1:500 000, где показаны основные тектонические структуры рассматриваемой территории, среди которых можно выделить: Яккабогский, Чакчарский, Гюбетегатан-Кугитанский горные хребты, а также складчатые структуры Гумбулак, Адамташ, Бобосурхон и др.

Все складчатые структуры вытянуты в юго-восточном направлении от Гиссарского хребта.

Яккабогская горная система-антиклиналь начинается от Гиссарского гранит-батолита и протягивается в восток-северо-восточном направлении. В ядре системы обнажаются палеозойские метаморфизованные образования и интрузивные породы. В горах Эшакмайдон она приобретает асимметричную форму: северное крыло почти вертикальное, а южное — пологое. Северное крыло осложнено крупной разрывной структурой, которая повлияла на морфологию антиклинали.

Караил-Пачкамарская складчатая антиклинальная структура является продолжением Яккабогской антиклинальной зоны. Они протягиваются в юго-западном направлении и на западе соединяются с гранитами Кашкадарьинской впадины и Бешкентским прогибом через Лянгар-Коралдинскую флексурную зону.

Длина Яккабог-Караил-Пачкамарской зоны около 70 км, ширина — 5,0–6,5 км. Зона имеет сложное тектоническое строение, характеризующееся тесной взаимосвязью изгибающихся и прерывистых мелких складчатых и разрывных структур. В антиклинали Караил-Пачкамар насчитывается 17 складок. Западная часть зоны является основной и состоит из 10 мелких складок. Антиклинальные структуры зоны асимметричны, структурированы и характеризуются сложностью морфологии, они делятся на поперечные и продольные.

Антиклинальная зона Гумбулок расположена на юго-западе и ограничена с запада и востока разломами. Ее северо-западная граница — это разлом Гумбулок, а восточная граница смещена на 450–550 м. Площадь зоны более 90 км, максимальная ширина 7–7,5 км. Антиклинальные структуры зоны образуют полосу. Структуры асимметричные, восточные крылья их пологие, а западные — вертикальные. Антиклинальная зона содержит 11 мелких складок.

Адамташская антиклинальная зона расположена к юго-западу от Яккабогских хребтов, протягиваясь на 85 км в длину и 6 км в ширину. Северо-западная граница зоны соответственно ограничена брахиантиклиналью Адамташ. Большинство структур зоны являются смежными. Крупнейшими и наиболее хорошо изученными структурами являются брахиантиклинали Адамташ и Джаркудук. Восточная граница зоны осложнена разломом Бобосурхон.

Антиклинальная зона Бобосурхон длиной около 40 км и шириной 10 км расположена к северо-западу от антиклинальной зоны Адамташ. Она ограничена на западе Контакт-Бешбулокским сдвигом. Зона состоит из 5 брахиантиклинальных складок мелкого масштаба.

Дехканабадский прогиб представлен на геологической карте меловыми и кайнозойскими образованиями. Длина прогиба составляет 150 км, ширина непостоянна. На северо-западе он характеризуется крутыми склонами и простирается до 22 км на юго-запад. Дехканабадский прогиб осложнен тремя разрывами длиной от 500 до 1000 м.

Хребет Чакчар соответствует одноименной антиклинали. Он начинается от Гиссарского гранитного батолита и простирается с северо-востока на юго-запад. Структура имеет длину 50 км и ширину 15 км. Пологое ядро палеозойское. Структура асимметричная, северо-западное крыло состоит из юрских и меловых слоев. Юго-западное крыло узкое и осложнено разломом Чакчар, протянувшимся на десятки километров, через который палеозойские породы контактируют с мезозойскими породами.

Характеристики сдвиговых структур. Юго-западная территория Гиссарского хребта содержит разломы определенного направления, простирающиеся на сотни километров. Их можно определить по антиклинальным складкам, а на закрытых участках — по результатам геофизических исследований и глубокого бурения. О наличии складок свидетельствует развитие вторичных электрических возмущений вдоль основных структур, а также в вытянутых складках в приподнятых крыльях крупных разломов. Небольшие локальные возмущения влияют на ориентацию складок, но они соответствуют направлению региональных разломов.

В.И. Попов (1938), А.И. Пейве (1945, 1960), В.В. Белоусов (1962), О.А. Райков (1964), Р.Н. Ибрагимов (1978, 2002), К.Н. Абдуллабеков (2002) и ряд других исследователей считают, что развитие сдвигов — это длительный, неравномерный процесс, сопровождающийся пластической деформацией. Однако трудно определить длительность перерывов. Авторы не исключают возможности их развития в более молодых структурах, их присутствия в тектонических структурах и обновления более древних структур фундамента [1, 6–9].

Хорошо известно, что на определенных этапах геодинамического развития некоторые участки земной коры высвобождаются от тектонической энергии под воздействием эндогенных сил, в результате чего тектонические структуры обновляются. Такие явления происходят в основном в зонах древних разломов, частично — в зонах консолидированных региональных разломов. Другими словами — древние разрывные структуры в течение развития земной коры часто обновляются.

Изучение новейших тектонических разломов в ряде регионов Узбекистана показало, что большинство разломов были реконструированы в основном в конце неогена в результате интенсивных тектонических движений во времена позднего плиоцена и четвертичного периода.

В. И. Попов (1938), А. В. Пейве (1956, 1960) и другие ученые полагали, что разломы Земли сыграли важную роль в сукцессии тектонических структур и наслед-

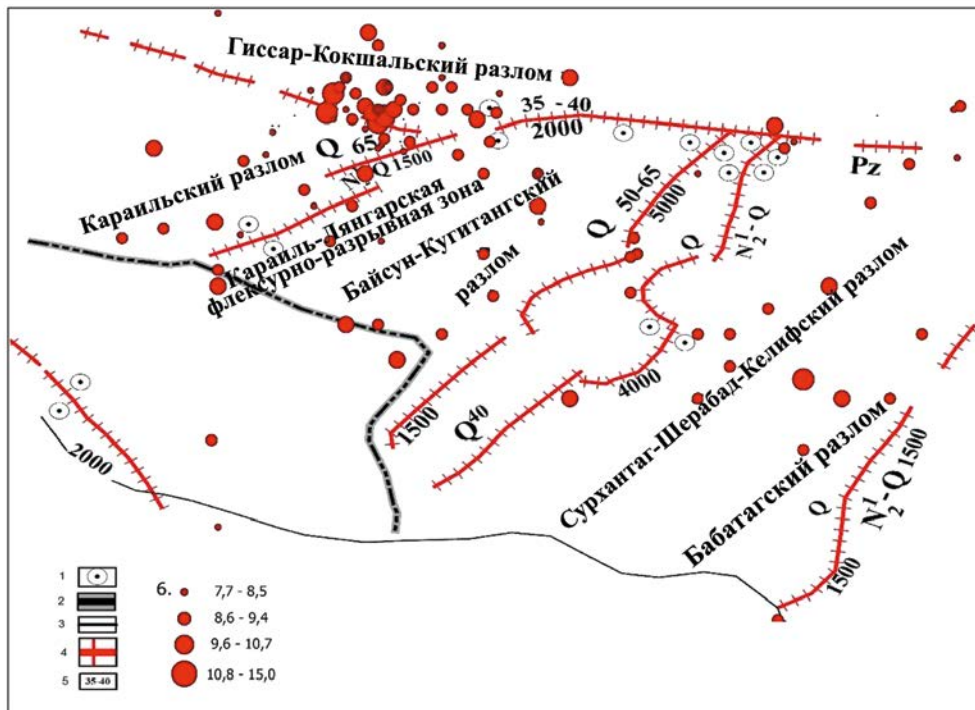


Рис. 2. Схематическая карта основных разломов. Масштаб 1: 500000. Условные обозначения: 1 — луночное бурение; 2 — предельные значения состояния; 3 — изогипсы начальной стратификации; 4 — распространение существующих перьев в поле; 5 — углы изгиба относительно горизонта (в градусах); 6 — очаги землетрясений (от 7,7 до 15,0 с повышением энергетического класса). (Основы карт Х. М. Абдуллаев, Г. И. Амурский, М. А. Ахмеджанов, А. Г. Бабабаев, О. М. Борисов, И. Е. Губин, Ш. Давлятов, С. А. Захаров, Ф.К.Зуннунов, Р.Н. Ибрагимов, В.Н. Крестников, М.М. Кухтиков, Г. Диккенштейн, К.К. Пятков, Б.Б. Ситдииков, Б.Б. Тал-Вирский «Схематическая карта Южного Узбекистана», по материалам И.А. Фузайлова, А.А. Юрьева, Д.Х. Якубова и др.)

ственных формациях. Поэтому важно отметить, что пространственная ориентация крупных складчатых структур юго-западной территории Гиссарского хребта связаны с крупными тектоническими нарушениями в регионе. Последнее не только влияет на генезис и морфологию этих структур, но и дает им конкретные направления. Наиболее интенсивные тектонические движения обычно связаны с деформацией сдвига, что приводит к образованию зон сгибания-сдвига и образованию соответствующих складок.

Разломы Гиссар-Кокшаль, Караиль-Лянгарский и Байсун-Кугитангский являются крупнейшими разрывными структурами на рассматриваемой территории (рис. 2).

Гиссар-Кокшальская (Южный Гиссар) флексурно-разрывная зона (и входящий в нее одноименный разлом) — одна из крупнейших систем разломов в Южном Тянь-Шане, которая формировалась как серия срывов вдоль южного склона Гиссарского хребта. Она определяется как региональная структура из-за очень большой протяженности (до 800 км), длительного существования и четкого геоморфологического выражения в виде системы тектонических разрывов (Губин, 1960). Согласно Д.П. Резвому (1973), разлом был сформирован в палеозое, и это была граница между геосинхронным погружением Южного Тянь-Шаня и древним возвышением Таджик-Каракорум в течение всего

палеозойского периода. Активность не снижалась даже в мезозое и кайнозое. Амплитуда новейших тектонических движений достигает 3–4 км. Морфологически вертикальный (до 80°) разлом земной коры представлен серией спадов, лежащих к северу. Сильнейшие землетрясения в районе ($M = 7,4$; $J = 9 + 1$ балл), Файзабад, 1943. ($M = 6$; $J = 8-9$ баллов) и Хаит 1949. ($M = 7,6$; $J = 9 + 1$ балл).

Караиль-Лянгарская флексурно-разрывная зона ограничивает северо-восток Гиссарского хребта, простираясь на северо-восток Кашкадарьинской степи и в район постплатформенного орогена. На юго-западе она отделяет юго-восточный край Туранской плиты от системы юго-западного Гиссарского плато. Зона четко определена по всей ее протяженности и состоит из региональных и локальных

дислокаций северо-западного направления, а также и вертикальных изгибов, простирающихся на юго-запад. Северо-восточная часть зоны представлена Лянгарской флексурой, а юго-западная характеризуется смещением с амплитудой 7000 м.

Современная тектоническая структура рассматриваемой территории характеризуется необычайной сложностью и разнообразием структур. Основную роль в ее формировании сыграли интенсивные тектонические движения кайнозойского времени. В результате дифференциации образовались области постоянного поднятия и погружения. Стабильные зоны поднятий включают Гиссарский хребет и его юго-западные отроги, которые характеризуются поэтапным воздыманием отдельных блоков в юго-западном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллабеков, К.Н. Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане / К.Н. Абдуллабеков, Т.У. Артыков, Р.Н. Ибрагимов и др. — Ташкент: Гидроингео, 2002. — 132 с.
2. Беккер, Я.А. К проблеме тектонической позиции Каратагского землетрясения 1907 / Я.А. Беккер // Вопросы сейсмического районирования территории Таджикистана. — Душанбе: Дошиш, 1976. — С. 145–155.
3. Давлятов, Ш. Тектонические зоны. Мезозой-кайнозойская структура Узбекистана / Ш. Давлятов. — Ташкент, 1971. — 64 с.
4. Екшибаров, С.В. Тектоника и нефтехимия Юго-Западного Гиссара / С.В. Екшибаров. — Ташкент: АН Уз ССР, 1962. — 126 с.

5. Ибрагимов, Р.Н. Сейсмогенез зоны Среднего Тянь-Шаня / Р.Н. Ибрагимов. — Ташкент: Наука, 1978. — 143 с.
6. Ибрагимов, Р.Н. Сейсмоструктура Ферганской впадины / Р.Н. Ибрагимов. — Ташкент: Наука, 1970. — 164 с.
7. Ибрагимов, Р.Н. Сейсмоструктурная обстановка Ташкентской эпицентральной зоны / Р.Н. Ибрагимов // Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. — Т.: Фан, 1971. — С. 232–238.
8. Рыжков, О.А. Схема строения тектоники мезокайнозойских систем Узбекистана / О.А. Рыжков // Узб. геол. журнал. — 1962. — № 3. — С. 64–72.
9. Рыжков, О.А. К сейсмоструктурной тектонике Узбекистана / О.А. Рыжков // Вопросы регионального сейсмического учета Средней Азии. — Фрунзе: Илим. 1964. — 186 с.

10. Тальвирский, Б.Б. Геофизические опоры и тектоника Средней Азии / Б.Б. Тальвирский. — М.: Недра, 1982. — 271 с.
11. Тевелев, А.В. Геодинамическая интерпретация линейных систем Юго-Западного Гиссара и Таджикской депрессии: Дисс... канд. геол.-мин. наук: 04.00.04. / А.В. Тевелев. — М., 1985. — 251 с.

© Коллектив авторов, 2021

Зиёмов Бобур Зиёмович // bobur.ziyomov82@mail.ru
 Хусамиддинов Ахрор Сабриддин угли // ahrorhs1980@mail.ru
 Садилов Феруз Хасанович // sfx@bk.ru
 Ахмедов Шерзод Баходирович // axmedovsherzod911@gmail.com.

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.83

Сорокин А.Г. (ФГБУ «ВИМС»)

МЕТОД ИНВЕРСИИ МНИМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ НА СИММЕТРИЧНОЙ ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНОЙ УСТАНОВКЕ

В статье предложен метод решения обратной задачи (ОЗ) вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ), в основе которого заложено решение неоднородного волнового уравнения при помощи восходящих цепных дробей (ВЦД). Ключевые слова: вертикальное электрическое зондирование, восходящая цепная дробь, египетские дроби, единственность решения обратной задачи, разложение Энгеля.

Sorokin A.G. (VIMS)

THE METHOD OF INVERSION OF IMAGINARY SOURCES WHEN SOLVING THE INVERSE PROBLEM OF VERTICAL ELECTRICAL SOUNDINGS ON A SYMMETRIC FOUR-ELECTRODE INSTALLATION

The paper proposes a method for solving the inverse problem of vertical electric sounding (VES), which is based on the solution of the inhomogeneous wave equation using upward continued fractions (UCF). Keywords: vertical electric sounding, upward continued fraction, Egyptian fractions, uniqueness of the solution of the inverse problem, Engel decomposition.

Введение

В иностранной литературе был накоплен материал о выявленных различных локальных эффектах таких, как Гронинг-эффект, экранный эффект и другие, которые достаточно трудно интерпретируются при обработке данных электротомии [8, 12]. Выделяются аппаратные, геологические и иные факторы, недоучет

которых приводит к искажению глубин, получаемых на геофизических разрезах при интерпретации. Для сложно-построенных сред расхождения по глубине могут достигать больших величин, что снижает ценность геофизических исследований.

Существует проблема недостатка данных при описании моделей многослойных сред. Присутствует неоднозначность при решении ОЗ ВЭЗ для многослойных сред методом автоматического и интерактивного подбора [3, 6]. Изменчивость физических параметров среды, как правило, может быть определена только после бурения.

Относительно удачной попыткой преодоления неоднозначности решения ОЗ ВЭЗ было использование метода нелинейной регуляризации [5], что, однако, не позволило избавиться от систематических ошибок по определению глубин пластов из-за осреднения выше-названных локальных эффектов.

В данной работе предложен метод возможного преодоления проблемы использования ограниченных (дискретных) объемов данных для получения непрерывных (аналитических) решений ОЗ ВЭЗ, основанный на аппроксимации восходящими цепными дробями (ВЦД). Более подробно метод рассмотрен далее.

Использование ВЦД

Рассмотрим неоднородное волновое уравнение [5]:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \nabla^2 u + f(x, t), \quad (1)$$

с начальными условиями: $u(x, 0) = \varphi(x)$, $\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = \psi(x)$.

Общее одномерное решение уравнения (1) дано Д'Аламбером [10]:

$$u = \frac{\varphi(x+at) + \varphi(x-at)}{2} + \frac{1}{2a} \int_{x-at}^{x+at} \psi(\alpha) d\alpha + \frac{1}{2a} \int_0^t \int_{x-a(t-\tau)}^{x+a(t-\tau)} f(s, \tau) ds d\tau, \quad (2)$$