Говорят, что учитель не стареет... Его светлый образ остается в памяти благодарных учеников и передается последующим поколениям. Незабываемым воспоминанием сохранилось в нашей памяти, как придет сейчас наш любимый учитель, придет с доброй улыбкой, ясным умом, в белом халате и с книгами в руках. Придет, чтоб продолжить прерванную лекцию, продолжить прерванную экспедиционную работу.

И сегодня его ученики и коллеги, геологи старшего поколения и все знающие его с признательностью вспоминают имя Т. Джрбашяна— большого гражданина и патриота, бесконечно преданного своему призванию и долгу.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 5, 15—22

УДК 553.078.2:629.78

Г. Р. БАГДАСАРЯН, В. З. САХАТОВ

АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ В АЙОЦДЗОРСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

В настоящее время в практике геологических работ широко применяется электронно-вычислительная техника, что способствует максимальному извлечению геологической информации по материалам дистанционных съемок.

В статье рассмотрены результаты автоматизированной обработки схем дешифрирования космических снимков (КС). Данный метод впервые использован для выявления узлов повышенной эндогенной активности и изучения закономерностей пространственного размещения эндогенного оруденения в Айоцдзорском рудном районе.

При определении взаимоотношений между зонами минерализации и тектоническими нарушениями в большинстве случаев применяется качественный подход к дешифрированию КС. Вместе с тем предлагаются методы и количественного анализа тектонической трещиноватости: построение карт показателей искаженности поля линеаментов [3], карт аномалий густоты трещиноватости избранных простираний с показом густоты в изолиниях [1], построение роз-диаграмм трещиноватости и др., но во всех случаях эти построения довольно трудоемки и сложны. Использованный метод автоматизированной обработки также основан на количественных показателях, однако он существенно облегчает и дополняет получение информации о тектоническом строении и металлогении района, исключая многие трудоемкие виды обработки данных дешифрирования.

При дешифрировании дистанционных изображений земной поверхности в первую очередь обращают на себя внимание области с резкой сменой границ ландшафтов, нарушения сплошности фототона и рисунка изображения .Подобные нарушения во многих случаях соответствуют нарушениям сплошности в геологических образованиях. Некоторые из них идентифицируются с известными геологическими разломами, другие накладываются на геологическую структуру региона, контролируя размещение известных геологических образований.

В настоящее время накоплено множество данных о том, что спрямленные элементы орогидрографии и ландшафта отражают закономерности тектонической трещиноватости (или «мегатрещиноватости»—в отличие от трещин в горных породах), при этом протяженность отдельных элементов может изменяться в широких пределах--от мелких локальных трещин до крупных протяженных линеаментов.

При выявлении элементов региональной трещиноватости в Айоцдзорском рудном районе были использованы космические цветные спектрозональные снимки масштаба 1:200 000 (30×30 *см*), на основе

дешифрирования которых составлена исходная схема трещиноватости района (рис. 1 *а*).

Спрямленные эрозионные формы, прямолинейные фрагменты речных долин и водоразделов, протяженные уступы в рельефе, резкая линейная смена мезо- и микроформ рельефа и элементов ландшафта, границы геологических структур и, наконец, трещины и разрывы, непосредственно фиксируемые на земной поверхности, были выявлены по КС и нанесены на схему трещиноватости, образуя сложную сеть пересекающихся линий. Последние обладают параметрами, поддающимися измерению: длиной, ориентировкой и густотой или плотностью (суммарная длина спрямленных элементов на единицу площади). При этом, во избежание чрезмерной «загруженности» схемы и случайных ошибок при определении прямолинейности и ориентировки выделяемых элементов, был установлен минимальный цена отбора в 2 *мм*.

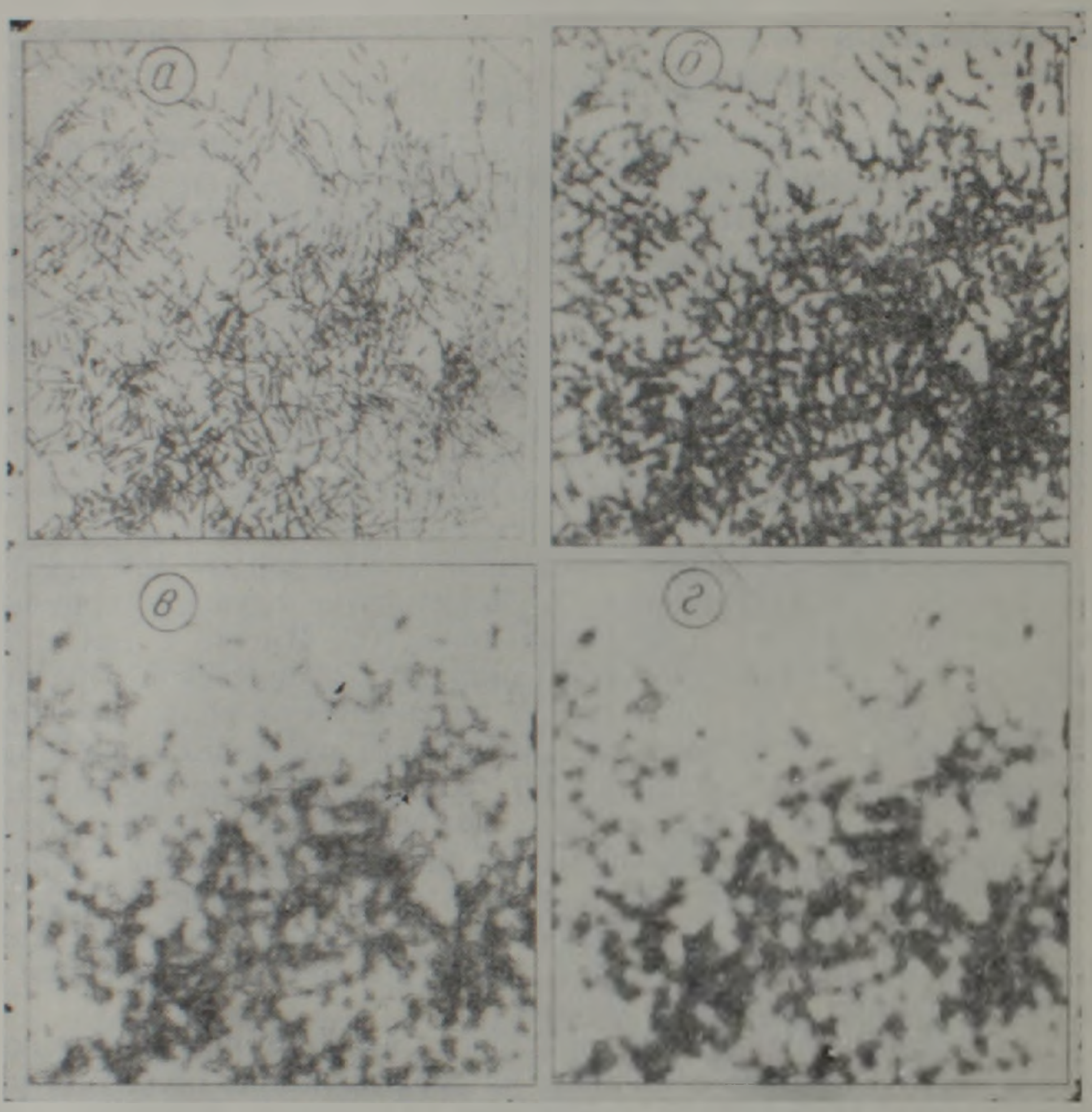

Рис. 1 *а*—исходная схема дешифрирования трещиноватости; *б, в, г*—карты плотности трещиноватости с различным уровнем сглаживания (в 5, 10, 15 раз), полученные на «Периколор—200».

Полученная таким образом сложная сеть взаимопересекающихся трещин отражает поле тектонической напряженности региона, в котором проявлены определенные системы нарушений, выступающих в качестве основного структурного каркаса для данного региона и подчиняющихся, в свою очередь, общим (планетарным) направлениям.

Несмотря на то, что при дешифрировании КС наличие ортогональной и диагональной сети линеаментов устанавливается повсеместно для обширных регионов и даже целых материков, однако не всегда

системы трещин для каждого региона подчинены указанным направлениям. Поэтому необходимо учитывать и физико-литологические, и структурно-тектонические особенности данного района [1].

Поскольку визуальное выделение прямолинейных и кольцевых систем трещин на исходной схеме трещиноватости затруднительно, необходимы последующие преобразования этой схемы. Этого можно достичь, прежде всего, последовательным фотоуменьшением исходной схемы в несколько раз, при котором на уменьшенном фотоизображении становится возможным выявление наиболее характерных структурных планов изучаемого региона, удается проследить некоторые фрагменты протяженных зон повышенной трещиноватости, узлы пересечения этих зон, интересные с точки зрения возможных рудопроявлений и т. д.

Для изучения закономерностей размещения эндогенного оруденения и для определения взаимоотношений между зонами минерализации и зонами аномально повышенной трещиноватости наиболее интересные данные может дать метод автоматизированной обработки исходной схемы трещиноватости на ЭВМ. Данный метод позволяет получать для последующего анализа несколько вариантов карт с различной степенью генерализации.

Отдешифрированная по КС схема трещиноватости после уменьшения ее до размеров 18×18 *см* была обработана на цифровой интерактивной системе «Периколор—200» (Франция). Эта система предусматривает автоматический ввод полутоновых и бинарных (черно-белых) изображений, которые при этом переводятся в цифровые представления, т. е. аппроксимируются матрицей дискретных значений оптической плотности. В результате последовательного выполнения преобразований, связанных с «размывкой» изображения, фильтрацией, подчеркиванием контуров, получены изолинейные схемы с наглядным разделением по плотности тона изображения областей с различным характером (различной плотностью) трещинной сети. Интенсивностью окраски на схемах показаны области, различающиеся по плотности распределения трещин. Наиболее темной окраске соответствуют области с максимальной плотностью трещин. В зависимости от степени сглаживания (в 5, 10, 15 раз) получены карты плотности трещиноватости с различным уровнем генерализации (рис. 1, *б, в, г*). По каждому уровню в отдельности составлены схемы интерпретации, а результаты анализа сведены воедино на представленной итоговой схеме с выделением наиболее характерных структурных линий по всем трем уровням сглаживания (рис. 2).

Наблюдается хорошая сходимость полученных результатов с результатами обычного дешифрирования, особенно для линейных структур общекавказского СЗ простирания. Так, например, при анализе карт плотностей подтвердились (в пределах снимков) ранее выделенные по КС различных уровней генерализации протяженные линейные структуры I порядка по направлению Азатек-Ахавнадзор-Гидасар, Кечут-Каракая-влк. Армаган и некоторые другие линеаменты продольного простирания.

Вместе с тем анализ карт плотностей трещиноватости в основном подтверждает, а в ряде случаев и дополняет число выявленных при традиционном дешифрировании сквозных зон тектонических нарушений антикавказского СВ (по направлению Азатек-Джермук—г. Кетидаг, Арени—г. Тексар-Гюллидуз), а также субширотного и субмеридионального простирания, играющих, как было установлено ранее [4, 6, 7], большую роль в локализации оруденения в Айоцдзорском районе. В частности, на приведенных схемах отчетливо выделяются структуры субмеридионального азимута простирания, которые на КС выражены наименее отчетливо.

Вышеуказанные зоны нарушений проявляются на картах плотностей в виде прямолинейных прерывистых полос с интенсивной окрас-

кой и в сущности представляют собой зоны с аномально повышенной трещиноватостью и относятся к числу неявно выраженных на поверхности глубинных зон тектонических нарушений с повышенной магмопроницаемостью. Узлы пересечения указанных линейных структур со структурами продольного простирания соответствуют на картах плотностей участкам с максимумом трещиноватости.

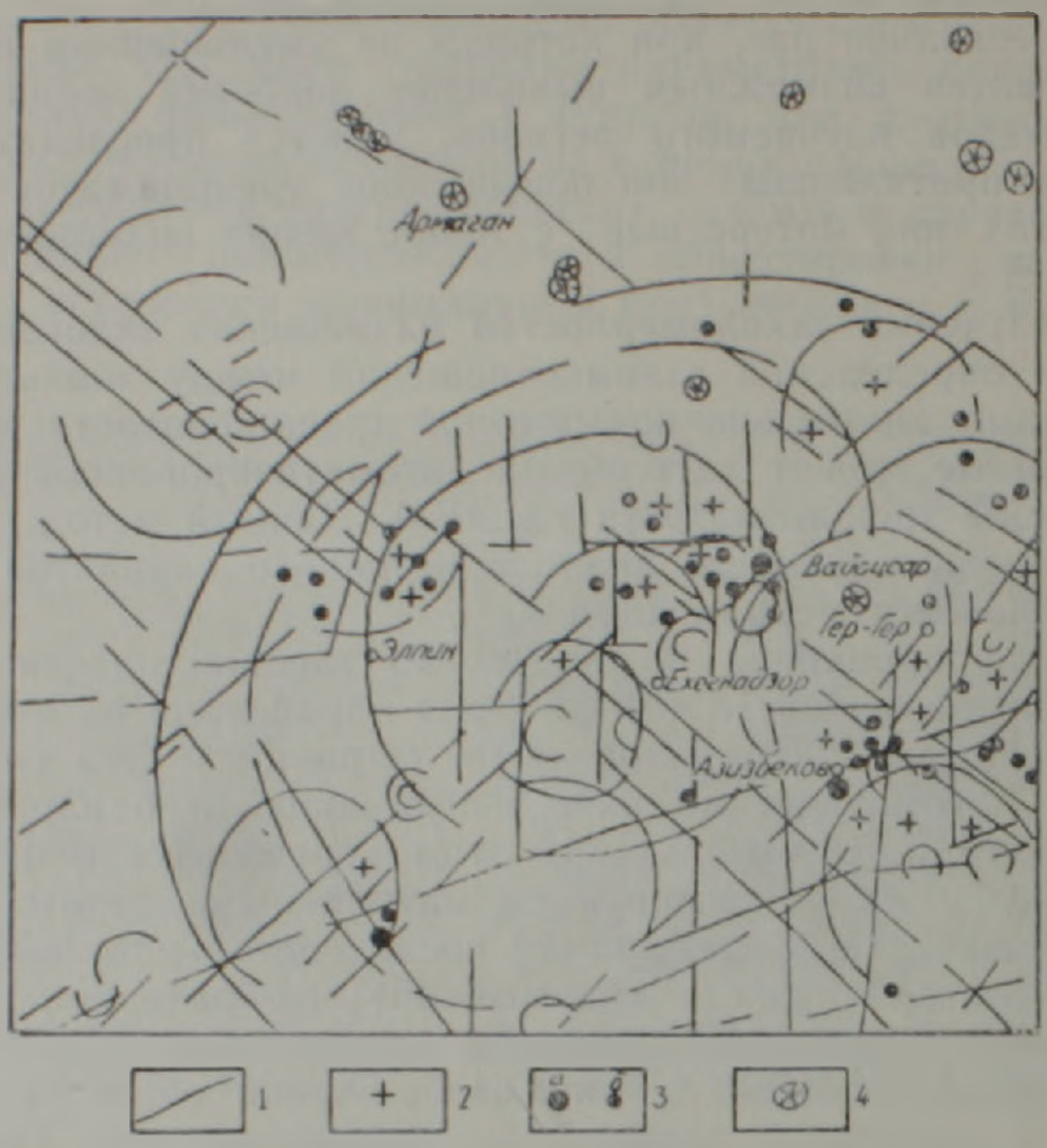

Рис. 2. Итоговая схема интерпретации поля трещиноватости. 1—главные структурные линии по трем уровням сглаживания; 2—максимумы трещиноватости в кольцевых структурах, их секторах и сегментах; 3—рудные месторождения (*а*), проявления (*б*); 4—вулканические постройки.

Дальнейшее изучение этих узлов непосредственно по аэрофотоснимкам крупных масштабов имеет большое значение при прогнозировании оруденения, поскольку на детальном уровне генерализации узлы пересечения выглядят уже как самостоятельные блоки, размеры которых зависят от ширины пересекающихся зон разломов. Эти блоки, называемые аномальными, специфичны по своему внутреннему строению за счет более интенсивной тектонической проработки и отличаются более интенсивной насыщенностью магматическими образованиями разного типа—малыми интрузиями, дайками, субвулканическими телами и т. д. [2].

Если учесть, что размещение оруденения в пределах Айоцдзорского рудного района носит линейно-узловой характер, а наиболее перспективными являются участки, где благоприятно сочетаются структурный и магматический факторы [5], то выявление и изучение подобных узлов на картах плотностей трещиноватости является одной из основных задач при прогнозировании рудоносности района.

Таким образом, в строении поля густоты трещиноватости и в распределении аномалий можно отметить влияние не только всех выделенных обычным дешифрированием структурных направлений, но и существенно дополнить и уточнить позицию в общем структурном плане сквозных, секущих зон нарушений и «скрытых» разломов фундамента.

Наибольший качественный прирост информации получен при анализе кольцевых и дугообразных структур разных порядков, которые

не выявляются на исходной схеме трещиноватости и с трудом выделяются при обычном дешифрировании снимков.

В центральной части карт плотностей линеаментов отчетливо видна серия концентрических, «вложенных» друг в друга, кольцевых структур. При этом, в структуре I-го порядка (в масштабах региона) наблюдается относительно меньшая плотность трещиноватости по краям и максимальная—в центре. Большое количество отдельных кольцевых структур II-го порядка как бы «обкручивают» эту структуру и размещаются по ее периферии, а структуры еще более высоких порядков локализуются в пределах сквозных зон СВ простирания и трассируют их на всем протяжении.

Вся структура I-го порядка приблизительно соответствует площади рудного района (в пределах снимков). Кольцевые и дугообразные структуры II-го порядка разбиваются линейными структурами всех вышеперечисленных направлений на отдельные сектора и сегменты, в которых резко преобладают либо максимумы плотности трещиноватости, либо минимумы. Некоторые из этих структур вулкано-плутонического происхождения пространственно связаны с ареалами распространения субвулканических и интрузивных пород (Газминская, Азизбековская интрузии), или непосредственно с вулканическими постройками (влк. Вайоцсар). Другие же можно отнести к числу кольцевых структур неясного генезиса, например, центральную крупную структуру, сформированную в эоценовых вулканогенно-осадочных образованиях.

Если рассматривать в этой системе положение известных рудных полей (Газминское, Азатекское, Советашен-Элпинское), то выявляется довольно четкая пространственная связь последних с теми секторами и сегментами кольцевых структур, где преобладают максимумы трещиноватости. При сопоставлении схемы размещения месторождений и проявлений рудных полезных ископаемых с приведенной схемой интерпретации, эта связь подтверждается практически для всех известных месторождений и проявлений (Газминское и Гюмушлугское полиметаллические месторождения, Азатекское месторождение редких металлов и сурьмы, Эрдапинское, Прошибердское, Гер-герское, Вернашенское проявления свинца и цинка и многие другие) (рис .2).

Таким образом, исходя из анализа карт плотности трещиноватости, можно заключить, что в строении поля трещиноватости Айоцдзорского района участвуют линейные структуры, относящиеся к ортогональной и диагональной системам простираний, а также кольцевые структуры разных порядков, проявленные на картах в виде полосовых и дуговых аномалий трещиноватости. Изучая взаимоотношения этих структур, их влияние на пространственное распределение рудных полезных ископаемых, можно выявить определенные закономерности в размещении последних по площади рудного района и использовать эти закономерности для более целенаправленных поисково-разведочных работ.

Так, например, на схемах интерпретации довольно большое число секторов и сегментов кольцевых структур с резким преобладанием максимумов трещиноватости остается за пределами известных рудных полей. Поэтому, основываясь на приведенных выше построениях, можно считать эти площади наиболее благоприятными для процессов рудообразования, а полученные данные использовать при составлении прогнозно-металлогенических карт Айоцдзорского рудного района.

ПО «Армгеология»,
ВНИИКАМ

Поступила 27.VII.1989.

Հ. Ռ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Վ. Ջ. ՕԱՆԱՏՈՎ

ՀԱՅՈՑՁՈՐԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆԻ ՌԻԳԻՈՆԱԼ ՃԵՂՔՎԱԾՔԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ ՆԿԱՐՆԵՐԻ ՎԵՐԾԱՆՄԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՄՇԱԿՄԱՆ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում դիտարկված են տիեզերական նկարների վերծանման սխեմաների ավտոմատացման մշակման արդյունքները։ Տվյալ մեթոդը առաջին անգամ է օգտագործվում ներծին բարձր ակտիվության հանգույցների հայտնաբերման համար և Հայոցձորի հանքային շրջանի ներծին հանքայնացման տարածքային տեղադրման օրինաչափությունները ուսումնասիրելիս։ Դա էապես հեշտացնում և լրացնում է շրջանի տեկտոնական կառուցվածքի և մետաղածնության վերաբերյալ տեղեկատվության ստացումը, բացառում է վերծանված նյութերի մշակման աշխատատար շատ ձևեր։

Հայոցձորի հանքային շրջանի ռեգիոնալ ճեղքվածքավորության տարրերը բացահայտելիս օգտագործվել են տիեզերական գունավոր սպեկտրազոնալ 1:200000 մասշտաբի նկարներ։ Դրանց վերծանման հիման վրա կազմվել է շրջանի ճեղքվածքավորության նախնական սխեմա, որն արտացոլում է ռեգիոնի տեկտոնական լարվածության պաշտոր։ Վերջինում արտահայտված են խախտումների որոշակի համակարգեր, որոնք հանդես են գալիս որպես տվյալ ռեգիոնի կառուցվածքային հիմնակմախք։ Քանի որ նախնական սխեմայի վրա ճեղքերի ուղղագիծ և օղակային համակարգերի տեսողական բացահայտումը դժվարին գործ է, ապա անհրաժեշտություն է առաջանում վերափոխումներ կատարել հաշվիչ մեքենայով, որը թույլ է տալիս ստանալ ճեղքային ցանցի խտության քարտեզների մի քանի տարբերակ՝ ընդհանրացման տարբեր աստիճաններով։

Վերծանման նախնական սխեմա մշակվել է թվային միջակտիվային «Պերիկոլոր—200» համակարգի վրա։ Հաշվիչ մեքենայի օգնությամբ հաջորդական փոփոխումներ կատարելով ստացվել են իզոգծային սխեմաներ, որոնց վրա առավել ինտենսիվ գունավորմանը համապատասխանում են ճեղքվածքավորության առավելագույն խտության շրջաններ։ Հարթեցման աստիճանից կախված (5, 10, 15 անգամ) ստացվել են տարբեր ընդհանրացման աստիճանի ճեղքվածքավորության խտության քարտեզներ, որոնց մեկնաբանման արդյունքները ներկայացված են վերջնական սխեմայի վրա առավել բնորոշ կառուցվածքային տարրերի ընդգծմամբ՝ հարթեցման բոլոր երեք աստիճաններում։

Վերջնական սխեմայի վերլուծությունն ապացուցում, իսկ մի շարք դեպքերում նաև լրացնում է սովորական վերծանմամբ նախկինում բացահայտված խախտումների գոտիների թիվը, ինչպես երկայնակի, այնպես էլ լայնակի տարածմամբ։ Այդ գծային կառույցների հատման հանգույցները սխեմայի վրա համապատասխանում են առավել ճեղքվածքավորություն ունեցող տեղամասերին։ Հաշվի առնելով, որ հանքայնացման տեղաբաշխումը Հայոցձորի հանքային շրջանում կրում է գծա-հանգուցային բնույթ, իսկ առավել հեռանկարային են համարվում այն տեղամասերը, որտեղ բարենպաստորեն զուգակցվում են կառուցվածքային և մագմայական գործոնները, ապա նման հանգույցների հայտնաբերումը և ուսումնասիրումը ճեղքվածքավորության խտության քարտեզների վրա հանդիսանում է շրջանի հանքաբերության կանխագուշակման հիմնական խնդիրներից մեկը։

Տեղեկատվության առավել մեծ որակական աճ է ստացվել օղակային և աղեղնաձև կառույցների վերլուծման ժամանակ, որոնք չեն բացահայտվում

ոչ ճեղքվածքավորության նախնական սխեմայի վրա, ոչ էլ տիեզերական նկարների սովորական վերծանման ժամանակ։

Հատկությունների քարտեզների կենտրոնական մասերում հստակորեն արտահայտված է մի շարք համակենտրոն օղակային կառույցներ, բնդ որում, առաջին կարգի կառույցի մակերևույթը մոտավորապես համապատասխանում է հանքային շրջանի մակերևույթին։ Մեծ թվով երկրորդ կարգի կառույցներ տեղադրված են նրա ծայրամասերում, իսկ ավելի բարձր կարգի կառույցները տեղաբաշխված են հյուսիս-արևելյան տարածման միջանցիկ գոտիներում։

Գծային կառույցները օղակայիններին մասնատում են առանձին սեկտորների և սեգմենտների, որոնցում կտրուկ գերիշխում են ճեղքվածքավորության խտության կամ մինիմումները, կամ մաքսիմումները։

Եթե այդ դիրքերից պիտակները շրջանի հայտնի հանքատաշտերի դիրքերը, ապա ի հայտ է գալիս վերջիններիս բավականին հստակ տարածական կապն օղակային կառույցների այն սեկտորների և սեգմենտների հետ, որոնցում գերիշխում են ճեղքվածքավորության մաքսիմումները։

Հանքայնացման տեղաբաշխման նյութերը և բերված մեկնաբանման սխեմաները համադրելիս այդ կապը հաստատվում է գործնականորեն բոլոր հայտնի հանքավայրերի և հանքային երևակումների համար։

Դրա հետ մեկտեղ, ճեղքվածքավորության մաքսիմում ունեցող օղակային կառույցների սեկտորների և սեգմենտների բավականին մեծ թիվ մնում է հայտնի հանքատաշտերի սահմաններից դուրս։ Հիմնվելով վերոհիշյալ տվյալների վրա, այդ տարածքները կարելի է համարել առավել բարենպաստ հանքագոյացման համար։

Այսպիսով, ուսումնասիրելով վերոհիշյալ կառույցների փոխհարաբերությունները, նրանց ազդեցությունը միներալային օգտակար հանածոների տարածական տեղաբաշխման վրա, կարելի է հայտնաբերել որոշակի օրինաչափություններ և օգտագործել դրանք առավել նպատակաուղղված որոնողա-հետախուզական աշխատանքներում։

H. R. BAGHDASARIAN, V. Z. SAKHATOV

THE ANALYSIS OF REGIONAL JOINTING OF THE HAYOTSDZOR ORE REGION ON THE BASIS OF AUTOMATIZED PROCESSING OF SPACE IMAGE DATA

Abstract

A method of the automatized computer processing is described in this paper. It is based on the quantitative values, which makes it easier to get information on the tectonic structure and the metallogeny of the territory. A scheme of jointing, obtained from satellite images, is processed by the digital interactive processing system „Pericolor-200" (France). As a result of a series of transformations, aimed for eliminating the effects of image blurring, as well as filtering and retouching the contours, schemes of isolines are produced, which have an easily interpretable gray tone density separation between the images of the regions with different densities of jointing.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акимова Е. В.* Дешифрирование региональной трещиноватости.—В кн.: Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенических исследованиях. М.: Наука, 1979, с. 19—27.
2. *Гальперов Г. В., Антипов В. С., Астахов В. И., Рундквист Н. К.* Методика применения аэро- и космоснимков и геофизических данных при прогнозно-металлогенических исследованиях. — В кн.: Металлогенические и тектоно-магматические исследования на основе материалов аэро- и космосъемок. Л.: Недра, 1988, с. 22—55.
3. *Кукушкин Л. А., Ян Г. Х.* Некоторые вопросы анализа линеаментов (по данным дешифрирования космических снимков). — Исследование Земли из космоса, 1983, № 1, с. 51—56.
4. *Мартиросян С. В., Багдасарян Г. Р., Сахатов В. З., Марков Е. И.* Структурная позиция одного из полиметаллических месторождений Малого Кавказа по данным космических снимков. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, т. 41, № 1, с. 20—30.
5. *Пиджян Г. О., Карапетян А. И., Садоян А. А., Асланян П. М.* Геологическое строение и рудоносность бассейна реки Арпа Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1982, 178 с.
6. *Сахатов В. З., Панцулая В. В., Маркова Е. И.* Кавказско-Таврский регион Средиземноморского подвижного пояса. — В кн.: Металлогенические и тектоно-магматические исследования на основе материалов аэро- и космосъемок. Л.: Недра, 1988, с. 56—121.
7. *Яковлев Н. А., Сахатов В. З., Скублова Н. В., Марков К. А.* Применение космических снимков при региональном металлогеническом анализе складчатых областей. Л.: Недра, 1986, 160 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 5, 22—35

УДК: 551.24.03+551.14

А. Т. АСЛАНЯН, Л. С. КАЗАРЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИТОСФЕРЫ

Литосфера Земли в изостатическом состоянии равновесия имеет минимальную потенциальную энергию. Причем, из-за высоких уровней напряженного состояния в ней возникают зоны разломов, играющие роль пластических шарниров, которые расчленяют литосферу на множество блоков, которые в свою очередь уравновешиваются по принципу изостазии. В настоящей статье делается попытка на основе деформационной теории пластичности исследовать устойчивость литосферы, рассматриваемой как пластина на упругом основании, находящаяся в условиях нарастающего нагружения, в которой учтены деформации поперечного сдвига. Для различных значений параметров литосферы вычислены значения критических давлений.

В заключении рассмотрены некоторые вопросы связи устойчивости литосферы с общими геодинамическими условиями среды.

А. Некоторые общие предпосылки

В перечне факторов, определяющих тектоническую активность Земли, обычно указываются изменения внутреннего объема (контракция, экспансия, пульсация), уменьшение эллиптичности (полярного сжатия), обусловленное приливным замедлением вращения планеты (ротационная динамика), изменение положения толщи Земли в отношении оси вращения и связанное с этим переформирование фигуры, процессы перераспределения масс в толще Земли (продолжающиеся процессы тепломассапереноса, гравитационной дифференциации изостатических движений, эрозии и аккумуляции, конвекции, субдукции, диапиризма), неравномерные и негомологичные изменения кинетических коэффициентов вещества в недрах и др.). Высказывались также предположения и связи глобальных процессов тектоно-магматической активности с галактическими циклами, с перманентным убыванием си-