

УДК 528.94:551.4.03; 553.078

ДЕТАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ
ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
(на примере Лорийского марза РА)

С. А. НААПЕТЯН^{1*}, Р. С. МОВСЕСЯН^{2**}, В. М. МАНУКЯН^{2***}

¹ “Геоинфо” ООО, Армения

² Кафедра региональной геологии и разведки
полезных ископаемых ЕГУ, Армения

В статье рассмотрены результаты применения географической информационной системы (ГИС) для распознавания слабопроявленных на поверхности линейментов и кольцевых структур. Обнаружение последних имеет большое значение для уточнения многих вопросов геологического строения территорий. Результаты проведенных исследований позволили уточнить структурные особенности региона.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.1–2.001>

Keywords: GIS, geomorphology, lineaments, faults, arc and ring structures, domes, depressions.

Введение. Результаты полевых работ показывают, что часто довольно сложно или невозможно зафиксировать некоторые скрытые на поверхности структурные формы. Имеются в виду сглаженные денудацией, не выраженные на поверхности криптоструктуры – тектонические нарушения и кольцевые структуры [1]. Однако сейчас с помощью интерпретации различных видов космической видеорегистрации эти элементы геологического строения можно выявлять.

Цель и регион исследований. С проблемой выявления скрытых структур мы столкнулись при наших исследованиях в пределах Вайка, где стоял тот же вопрос: обнаружить плохо проявленные на площади тектонические структуры с целью оценки их роли в геологическом строении и, в частности, в процессе локализации эндогенного оруденения. В результате были обнаружены криптоструктуры – ранее не отмеченные зоны разломов, дугообразные и кольцевые структуры [2].

* E-mail: samuelnahapetyan@gmail.com

** E-mail: rubmov@ysu.am

*** E-mail: v.manukyan@ysu.am

С аналогичной целью была выбрана рассматриваемая в данной статье территория – северная часть Республики Армения (РА), область зарождения горнорудной промышленности страны, начавшаяся с эксплуатации месторождений, расположенных в восточной части данного региона. Обнаружение здесь новых, не отмеченных ранее, скрытых структурных элементов даст возможность повысить результативность геологоразведочных работ.

Материалы и методика исследований. Исходным материалом послужил векторный вариант топографической карты масштаба 1:10 000 в формате *dwg*, составленный ГНКО РА “Геодезия и картография”. Из нее был выделен слой горизонталей, отображающий рельеф в 5-метровом интервале, который затем преобразовали в формат *shapefile*. Для наблюдения за площадью в региональном фоне и выделения морфоструктур использовались цифровые модели высот. Спутниковые изображения с высоким разрешением (10 м) применялись при визуальном дешифрировании.

Для проведения работ использовалось программное обеспечение ArcGIS desktop. Вначале по горизонталям топографической карты была создана цифровая модель рельефа (ЦМР). Далее с целью выделения линеаментов на основании ЦМР были получены растровые изображения оттененного рельефа. Проведенный анализ позволил обнаружить и выделить линеаменты различного направления, а также кольцевые структуры (рис. 1) [2–4]. Методика более детально описана в нашей предыдущей работе [2].



Рис. 1. Регион исследований. Условные обозначения: — — разломы; O — кольцевые структуры.

Нужно отметить, что с целью выявления характера кольцевых структур (депрессия или куполовидная структура) при дешифровке растровых изображений была также рассмотрена речная сеть изучаемой территории.

Выборочные полевые наблюдения некоторых линеаментов и кольцевых структур подтвердили их наличие.

Полученные результаты и обсуждение. Район исследований охватил площадь сочленения Алавердского антиклинория (восточный блок) и Лорийского синклинория (западный блок) с сопредельными территориями. В восточной части преобладают юрские и меловые породы, тогда как в западной части – в основном палеоген-четвертичные образования.

Геологическое строение данной территории в основном изучено и описано в работах Г.А. Туманяна и др., в разные годы проводивших здесь государственную геологическую съемку масштаба 1:50 000 (1974, 1994, 2002 гг.) [5–7]. Наряду с этим структуры района г. Леджан описаны также в работе коллектива авторов: Тонакяна А.Г., Шмидта А.И. и др. [8], а также Хачатряна Р.К., Маиляна Р.А., Геворкяна И.С. [9].

Авторы данной статьи сопоставляют результаты, полученные в процессе дешифрирования космических изображений рассматриваемого региона, с результатами исследований вышеуказанных авторов, в основном работ Г.А. Туманяна. Также при сопоставлении использованы последние данные указанного автора о разломной тектонике из [10], тем более, что в статье территория охвата практически совпадает с интересующей нас площадью. Отметим, что в статейном варианте Г.А. Туманян представил разломы на прилагающей схеме в основном сплошной зоной, хотя, как следует из отчетов этого исследователя и наших построений, зоны нарушений имеют сложный и часто прерывистый характер, что объясняется их многочисленными пересечениями и смещениями разрывными нарушениями иных направлений, а также участками перекрытия их молодыми отложениями. Далее рассмотрены наиболее значимые разрывные структуры исследованной площади.

На ЮЗ границы исследованной территории охватывают отрезок Памбак-Севан-Сюникского разлома (#1, рис. 1). Это самая крупная система активных разломов РА, протягивающаяся на сотни километров с ЮВ на СЗ [11]. Она имеет характер правостороннего сдвига. Выделяют три ее крупных сегмента. Отрезок длиной около 70 км, о котором идет речь, является частью западного сегмента, имеющего признаки взбросовых и сдвиговых перемещений [11, 12]. Его зафиксированная ветвь проходит здесь по линии н.п. Семеновка–Лермонтово–Ванадзор–Спитак–Сараарт. Северо-восточней, параллельно разлому, отмечаются многочисленные нарушения его зоны, количество которых резко возрастает в СЗ направлении после пересечения зоны долины р. Памбак.

Далее на СВ от Памбак-Севан-Сюникского разлома наблюдается довольно крупная зона субширотных нарушений, протягивающихся в направлении с. Пушкино на западе через н.п. Куртан, Дсех к Ачаркуту на востоке. Нужно отметить, что после ущелья р. Дебет восточное широтное простирание зоны начинает приобретать СВ (70°) простирание. В зоне есть три протяженных разлома, ее ширина колеблется от 7 до 9 км, а протяженность достигает 67–70 км. Пересекающие зону субмеридиональные нарушения не смещают субширотные и, в свою очередь, не смещаются ими. На картах Туманяна и др. авторов выделен один небольшой отрезок центрального

нарушения, проходящего южнее с. Куртан. Данная зона субширотных нарушений – Пушкино-Ачаркутская группа, выделяется впервые (#2, рис. 1).

На СЗ территории фиксируется зона нарушений СЗ (290–300°) близширотного простирания. Северное нарушение группы, проходящее через п. Катнахпюр, ограничивает Базумский горст с севера (#3); зона нарушения, простираясь на ЮВ в районе г. Степанаван, проходит по ущелью р. Дзорагет в виде ломаной структуры и упирается в Пушкино-Ачаркутскую группу нарушений. На западе, южнее описываемой зоны, четко выделяется также южная граница горста по проходящим по рекам Желтая и Черная нарушениям (#4). Однако на нашей приведенной схеме очень трудно выделить разлом, являющийся западной границей горста и проходящий по отрогам горы Климово на ЮВ. Причиной является его затушеванность многочисленными оползнями и наносами.

Севернее этих нарушений выделяется структура (310–320°), проходящая по н.п. Меграовит, Норамут и Катнарарат (#5), которая после достижения участка севернее с. Катнахпюр смещается СВ-близмеридиональными нарушениями до с. Урасар; ее ЮВ продолжение отмечается начиная с с. Арманис в направлении к с. Ваагидзор и далее к с. Агарцин. Протяженность нарушения 32 км. Это Агарцин-Арманисское нарушение (#6), которое ограничивает Лорийский синклиорий с ЮЗ [6, 10].

Необходимо отметить площадь от с. Урасар на западе до с. Вардаблур на востоке. Данный участок выделяется тем, что здесь происходит взаимное пересечение многочисленных разноориентированных нарушений, а именно: СЗ, СВ, близширотных и близмеридиональных направлений.

Заслуживает внимания поведение р. Памбак. После г. Ванадзор река резко меняет свое направление с ЮВ на СВ и далее – на близмеридиональное (#8а). С этого отрезка р. Памбак (Дебет) и далее протекает по зоне разлома, представляющего собой ломаную. Попадая в зону Марцигет-Лалварского (#8) нарушения, р. Дебет у п. Агори вновь меняет простирание на СВ. На всем этом отрезке река протекает по зоне разлома.

После с. Агори р. Дебет протекает по зоне нарушения, представляющего собой ломаную структуру с меняющимися отрезками: от СВ на ЮВ, далее вновь на СВ, затем широтное и вновь СВ простирание вплоть до местности восточнее н.п. Мец Айрум. Ломаные отрезки часто со смещением являются следствием пересечений этого разлома СЗ и меридиональными нарушениями. Длина описанного отрезка составляет 20 км. По нашим данным, с участка с. Агори в ЮЗ направлении нарушение протягивается через н.п. Агви, Овнанадзор, Ягдан, восточнее п. Гюлагарак и далее на юг в меридиональном направлении и завершается восточнее с. Базум. Длина этого отрезка составляет 26 км. В целом разлом имеет протяженность около 46 км и имеет дугообразную конфигурацию. Назовем его Айрум-Агви-Базумским нарушением (#7). Отрезок данной разрывной структуры под названием Ягдан-Алаверди-Айрум протяженностью около 26 км выделен Г. Туманяном [10]. Как видно на рис. 1, по нашим данным он имеет большую протяженность и отличается также по азимутам простирания.

В центральной части площади проходит Марцигет-Лалварский (#8) разлом СЗ простирания, описанный Г. Туманяном, который является границей между Алавердским мезозойским антиклинорием (на востоке) и Лорийским эоцен-миоценовым синклинорием на западе [6, 10]. Это крупный разлом, начало которого фиксируется нами на юге в районе г. Дилижан, далее он проходит на север по СЗ отрезку р. Марцигет, у слияния рек Дебед и Марцигет меняет простирание на близмеридиональное, смещаясь здесь СВ нарушением. Он так протягивается до с. Агори, где расположен участок его пересечения с описанным ранее Айрум-Агви-Базумским нарушением. Здесь и далее на север Марцигет-Лалварский разлом резко меняет свое простирание с близмеридионального на СЗ и так прослеживается далее севернее сс. Привольное, Сарчапет и Апавен и затем заходит в Грузию. На территории республики его протяженность составляет 57–60 км. Отметим, что все его пересечения с СВ нарушениями происходят с его смещениями, которые составляют первые сотни метров.

От района с. Ардви южнее ему параллельно прослеживается другое нарушение, на юге расстояние между ними составляет 6,5–7,0 км, далее на СЗ оно сокращается до 0,7 км, т.е. происходит их сближение. Заканчивая описание данной структуры, необходимо отметить, что по линии сс. Круглая Шишка–Лернаовит практически по середине дугообразной структуры проходит СВ нарушение, являющееся как бы южной границей зоны из пяти нарушений СЗ простирания, которые простираются на СЗ южнее Марцигет-Лалварского разлома, образуя с ним мощную зону шириной 7 км.

Северо-восточней Марцигет-Лалварского разлома на расстоянии от 3 до 7 км (на севере) от него по линии сс. Ахнидзор–Шамут–Алаверди (#9) и далее на север в Грузию почти параллельно ему проходит разлом, который, в отличие от первого в зоне Айрум-Агви-Базумского нарушения, не изменяет своего простирания. На отрезке г. Алаверди он проявлен не сплошной единой зоной, а кулисообразно расположенными отдельными отрезками. Протяженность всего нарушения составляет 43 км.

Очень важной структурой в плане рудоконтролирования является Двал-Куринский разлом (#10) СВ простирания (Храмский разлом, [10]). В статье [13] он назван Туманян-Техут-Кохб-Храмским. Разлом имеет верхнемантийнокоровый характер и падение на ЮВ (угол падения 60–80°). Он вместе с Ачаджур-Кохб-Баграташенским коровым разломом СЗ простирания с падением на СВ (60–70°) являются главными “узлообразующими” разрывными нарушениями, в которых локализовано Техутское медно-молибденовое месторождение [13].

Туманян-Техут-Кохб-Храмский разлом (#10 на рис. 2, а; #7 на рис. 2, б), по нашим данным, не фиксируется как единая сплошная зона, в современном рельефе он представлен в виде отдельных отрезков, смещенных меридиональными структурами. Продолжение данной структуры на ЮЗ от Ахнидзор-Шамут-Алавердской структуры (#9, рис. 2, а) не отмечается. Протяженность зоны нарушения составляет 30 км.

Аналогичная ситуация наблюдается в отношении Ягдан-Айрумского разлома (#10 на рис. 2, б). По Туманяну, этот разлом начинается с района

н.п. Айрум и продолжается на ЮЗ, упираясь в СЗ структуру, проходящую по р. Дзорагет. По нашим данным, это нарушение на СВ вследствие его пересечений СЗ и меридиональными нарушениями приобрело вид ломаной структуры (структура Айрум-Агви-Базумского разлома – #7 на рис. 2, а); с указанного участка р. Дзорагет разлом восточнее п. Гюлагарак простирается в меридиональном направлении далее на юг до п. Базум.



а



б

Рис. 2. Сопоставления полученных результатов (а) с данными Г. Туманяна [10] (б).

Следующей значимой структурой является Привольное-Урут-Степанаван-Арчутское нарушение (#11) протяженностью порядка 30 км. Его северный отрезок от с. Привольное по долине р. Урут до одноименного населенного пункта отмечен на картах Г. Туманяна (1994–2008 гг.) и А. Тонаканяна (1978 г.). По полученным данным, это нарушение на севере с территории Грузии проходит до с. Привольное, затем у с. Свердлов оно

преобращает близмеридиональное направление, прослеживается через с. Урут, г. Степанаван, между сс. Аревашо и Арчут и упирается в зону Памбак-Севан-Сюникского разлома (#11 на рис. 2, а). Разлом, как и Айрум-Агви-Базумское нарушение, имеет дугообразную форму.

В завершение необходимо указать о значительном количестве сравнительно непротяженных близмеридиональных нарушений. Они в основном развиты в пределах Алавердского антиклинория, на востоке площади. На западном фланге их интенсивность велика на отрезке между сс. Арманис и Куртан; на севере в районе между и н.п. Норашен и Сарчапет также зафиксировано множество СЗ структур. В целом последние наиболее характерны для территории Лорийского синклинория, тогда как в Алавердском антиклинории развиты в основном близмеридиональные и СВ разрывные нарушения.

На исследованной территории довольно широко развиты кольцевые и дугообразные структуры. Последние – это те же кольцевые структуры, просто проявлена одна часть структуры, а вторая смещена разломом и опущена или эродирована. Большой интерес к ним вызван не только тем, что благодаря космоснимкам кольцевые структуры стали устанавливаться повсеместно, а главное потому, что более чем к 70–75% из них оказались приурочены различные виды полезных ископаемых.

Нами впервые выявлено 20 кольцевых и дугообразных структур. По местам проявления их можно объединить в две группы: в пределах развития мезозоя – восточную, в палеогеновых образованиях – западную. Последняя более многочисленная, здесь выявлены 12 кольцеобразных и дугообразных структур; она имеет северную направленность, прослеживаясь на территорию Грузии, где зафиксированы еще 4 структуры. Восточная группа малочисленна, выделено 8 структур. Это, вероятно, связано с тем, что на востоке развиты юрско-меловые отложения, а на западе – палеоген-четвертичные образования. Это, возможно, связано и с различием эрозионного среза восточной группы, где кольцевые структуры, образованные магматическими процессами, в основном эродированы. В палеоген-четвертичных породах эти структуры более сохранны.

Кольцевые структуры могут иметь самое различное происхождение: тектоническое, магматическое (в том числе вулканическое), метаморфическое, сложное и др. В наших случаях они имеют в основном вулcano-плутоническое происхождение.

По размерам среди них наиболее многочисленной является группа в количестве 11 структур, куда входят объекты с диаметрами от 4,5 до 7,8 км. О типе кольцевых структур можно судить по расположению тальвегов, которые указывают на куполовидный и депрессионный типы.

Различия между планом расположения разломов в представленном варианте и в существующих работах по площади, возможно, связаны с тем, что не все отрезки нарушений активны по сей день, некоторые из них, вероятно, затуханы и не активны на данный отрезок времени, вследствие чего не проявлены на современной поверхности. В этом причина того, что некоторые разломы, отмеченные на картах предыдущих авторов, не проявлены на нашей схеме. А также то, что при геолого-съемочных работах используется

метод интерполяции и нарушения не картируются по всему их простираанию. Не исключен вариант отсутствия некоторых из них.

С другой стороны, использованная нами методика позволила обнаружить и проследить продолжения отдельных известных нарушений, чего не было, в силу различных обстоятельств, сделано ранее, а также выявить новые разломы, не зафиксированные до этого. В нашей работе обнаружено значительное количество разрывных нарушений, проявленных в виде ломаных линий.

Заключение. Резюмируя, мы можем придти к следующим выводам. Использованная ГИС-технология позволила детализировать некоторые структурные вопросы геологического строения. Совпадение наших построений с нарушениями, выделенными до нас другими исследователями и выборочная проверка некоторых вновь выявленных в поле, позволяет утверждать, что использованная методика интерпритации различных видов космической видеорегистрации надежна и дает хорошие результаты.

Работы, аналогичные проделанной нами, позволяют уточнять вопросы тектонического строения рассматриваемых площадей и выявлять скрытые важные элементы их строения, в частности кольцевые и дугообразные структуры и их взаимопересечения с линеаментами, образующие идеальные участки для локализации эндогенной минерализации, а именно, перспективные участки для поисков новых рудных скоплений.

Поступила 05.04.2023

Получена с рецензии 25.04.2023

Утверждена 25.05.2023

ЛИТЕРАТУРА

1. Лопатин Д.В. Дистанционные исследования криptomорфных геоморфологических структур. *Геоморфология* 2 (2006), 6–21.
<https://doi.org/10.15356/0435-4281-2006-2-6-21>
2. Напетян С.А., Мовсесян Р.С., Гюрджян А.Л. Опыт картирования линеаментов и кольцевых структур с помощью ГИС (на примере восточного Вайка). *Ученые записки ЕГУ. Геология и география* 3 (2018), 167–173.
<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2018.52.3.167>
3. Burrough P.A., McDonell R.A. *Principles of Geographical Information Systems*. NY, Oxford University Press (1998), 190.
4. Muhammad M.M., Awdal A.H. Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in Erbil–Kurdistan, Northeast Iraq. *Advances in Natural and Applied Sciences* 6 (2012), 138–146.
5. Туманян Г.А. *Геологическое строение междуречья верхних течений рр. Шнох, Воскепар, Кохб и левобережья среднего течения р. Дебет*. Отчет. Геолфонды РА. Ереван (1974).
6. Туманян Г.А., Григорян А.А., Чолахян Л.С. *Геологическое строение междуречья Дебет и Агстев. Отчет о результатах работ по доизучению Алавердского рудного района в масштабе 1:50 000 с общими поисками за 1988–1993 гг.* Отчет. Геолфонды РА. Ереван (1994).
7. Թումանյան Հ.Ա., Գրիգորյան Ա.Ա. *Բազմաթիվ Մոնիտինգի լեռնաշղթայների և Լոռվա սարահարթի կենտրոնական մասերի (Չորագետ–Փանքակ միջագետքի) երկրաբանական կառուցվածքը: Հաշվետվություն: ՀՀ գեոֆոնդներ: Երևան (2002).*
8. Тонакян А.Г., Шмидт А.И. и др. *Отчет по составлению прогнозно-металлогенической карты Северной Армении в масштабе 1:50 000 и по теме 87–3/46. Изучение структурно-формационных особенностей Степанаванского и Шамшадинского рудных районов с целью составления прогнозно-металлогенической карты на медь*. Отчет. Геолфонды РА. Москва–Ереван (1978).

9. Хачатрян Р.К., Маилян Р.А., Геворкян И.С. *Геологическое строение центральной части Базумского хребта, массива г. Леджан и бассейна верхнего течения р. Дзорагет*. Отчет. Геолфонды РА. Ереван (1976).
10. Թումանյան Հ.Ա., Մովսեսյան Ռ.Ս., Գրիգորյան Ա.Ա. Ալավերդու անտիկլինորիումի կառուցվածքային շրջանացում: *ԵՊՀ գիտական տեղեկագիր: Երկրաբանություն և աշխարհագրություն* **2** (2012), 10–18:
<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2012.46.2.010>
11. Karakhanian A., Trifonov V., et al. Active Faulting and Natural Hazards in Armenia, Eastern Turkey and Northwestern Iran. *Tectonophysics* **380** (2004), 189–219.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2003.09.020>
12. Макарян Х.В. *Анализ явления разжижения грунта: новые данные о сейсмической активности Сардаранатской структуры, Памбак-Севан-Сюникского активного разлома и бассейна озера Севан*. Автореф. дисс. на соискание уч. степ. кандидата геол. наук. Ереван (2018).
13. Туманян Г.А., Мовсесян Р.С., Мовсисян А.И. Шнох-Кохбский рудный узел. *Ученые записки ЕГУ. Геология и география* **2** (2009), 13–21.
<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2009.43.2.013>

Ս. Ա. ՆԱՀԱՊԵՏՅԱՆ, Ռ. Ս. ՄՈՎՍԵՍՅԱՆ, Վ. Մ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ԽՉՈՒՄՆԱՅԻՆ ԽԱԽՏՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ
ՄԱՆՐԱՍԱՍՆՈՒՄ ԱՏՀ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՍԲ
(«ՀՀ Լոռվա մարզի օրինակով»)

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում դիտարկվում են աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգի (GIS) կիրառման արդյունքները մակերեսի վրա թույլ արտահայտված ինտամենտների և օղակաձև կառուցվածքների բացահայտման համար: Վերջիններիս հայտնաբերումը մեծ նշանակություն ունի տարածքների երկրաբանական կառուցվածքի բազմաթիվ հարցերի պարզաբանման համար: Ուսումնասիրությունների արդյունքները հնարավորություն են տվել հստակեցնելու տարածքի կառուցվածքային առանձնահատկությունները:

S. A. NAHAPETYAN, R. S. MOVSESYAN, V. M. MANUKYAN

DETAILING THE FAULTS SYSTEM OF THE TERRITORY
USING GIS TECHNOLOGIES
(on the example of the Lori Region of the RA)

Summary

The article considers the results of using a GIS for the recognition of lineaments and ring structures that are weakly manifested on the surface. The discovery of the latter is of great value for clarifying many issues of the geological structure of territories. The results of the studies made it possible to clarify the structural features of the territory.