

АНАЛИЗ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ОЦЕНКИ ОРИЕНТИРОВКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТИПОВ РАЗЛОМОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ЮЖНОГО УРАЛА

С.Н. Тагильцев¹, Е.П. Цуркан¹, Т.Н. Кибанова¹, С.В. Сурганов¹

¹ Уральский государственный горный университет,
Екатеринбург, Россия, e-mail: tagiltsev@k66.ru

Аннотация: Геодинамическая ситуация в горно-складчатых регионах определяется уровнем активизации современных тектонических движений. Тектонические движения развиваются под воздействием напряженно-деформированного состояния верхней части земной коры. При оценке геодинамической активности конкретной территории важная роль отводится анализу линейных элементов современного рельефа. Ориентировка линеаментов рельефа (русел рек, ручьев, логов) очень часто связана с тектоническими нарушениями, активными в современном поле тектонических напряжений. Опираясь на представления об угловых соотношениях между тектоническими нарушениями и генерирующими их главными максимальными напряжениями (ГМН), можно с высокой долей достоверности определять кинематический тип активных разломов и связанных с ними элементов рельефа. Для проверки и уточнения исходных представлений выбран участок территории, расположенной в южной части Республики Башкортостан. На данной территории хорошо выражены в рельефе русла рек, ручьев и логов. Все указанные элементы рельефа были разделены на прямолинейные участки (линеаменты), измерена ориентировка (азимут) и длина линеамента. Уровень (рейтинг) линеамента определялся суммой длин линеаментов, которые по ориентировке попадали в один десятиградусный интервал. Результаты анализа данных подтвердили, что ориентировка линеаментов рельефа, ГМН и основных типов тектонических нарушений в геологической среде южной Башкирии совпадает с ориентировкой основных геомеханических характеристик и активных геологических структур, выявленных в других регионах Урала.

Ключевые слова: геодинамика, напряженно-деформированное состояние, активные разломы, линеаменты рельефа, главное максимальное напряжение, кинематические типы разломов, сдвиги, водоносность разломов.

Для цитирования: Тагильцев С. Н., Цуркан Е. П., Кибанова Т. Н., Сурганов С. В. Анализ линейных элементов рельефа для оценки ориентировки тектонических напряжений и типов разломов в геологической среде Южного Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 1-1. – С. 81–91. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_81.

Analysis of lineal features for assessing orientation of tectonic stresses and types of faults in geological environment of the South Ural

S.N. Tagiltsev¹, E.P. Tsurkan¹, T.N. Kibanova¹, S.V. Surganov¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia, e-mail: tagiltsev@k66.ru

Abstract: The geodynamic situation in folded mountain regions is determined by the level of activation of modern tectonic movements. Tectonic movements develop under the influence of the stress-strain state of the upper part of the earth's crust. When assessing the geodynamic activity of a specific territory, an important role is given to the analysis of linear elements of the modern relief. The orientation of relief lineaments (river channels, streams, lairs) is very often associated with tectonic disturbances active in the modern field of tectonic stresses. Based on ideas about the angular relationships between tectonic faults and the principal maximum stresses (MPS) that generate them, it is possible, with a high degree of reliability, to determine the kinematic type of active faults and associated relief elements. To verify and clarify the initial representations, a section of the territory located in the southern part of the Republic of Bashkortostan was selected. In this area, riverbeds, streams and dens are well expressed in the relief. All these relief elements were divided into rectilinear sections (lineaments), the orientation (azimuth) and the length of the lineament were measured. The level (rating) of the lineament was determined by the sum of the lengths of the lineaments, which, according to the orientation, fell into one ten-degree interval. The results of the analysis of lineaments confirmed that the orientation of relief lineaments and the main types of tectonic disturbances in the geological environment of southern Bashkiria coincides with the orientation of the main geomechanical characteristics and active geological structures identified in other regions of the Urals.

Key words: geodynamics, stress-strain state, active faults, relief lineaments, main maximum stress, kinematic types of faults, shifts, water content of faults.

For citation: Tagiltsev S. N., Tsurkan E. P., Kibanova T. N., Surganov S. V. Analysis of lineal features for assessing orientation of tectonic stresses and types of faults in geological environment of the South Ural. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(1-1):81-91. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_81.

Введение

Современная геодинамическая активность геологической среды в горно-складчатых регионах играет важную роль в формировании современных инженерно-геологических, горнотехнических, гидрогеологических и, в целом, геоэкологических условий [1, 2]. Геодинамическая ситуация определяется уровнем активизации современных тектонических движений. Тектоническая активность влияет на формирование структур рельефа, водоносных зон в породных массивах,

горнотехнических условий отработки месторождений полезных ископаемых. В свою очередь, современные тектонические движения развиваются под воздействием напряженно-деформированного состояния (НДС) верхней части земной коры [3, 4].

Ориентировка главных максимальных напряжений (ГМН) изучается разными методами. Важный вклад в изучение полей напряжений внесли измерения, которые проводятся инженерами-геомеханиками непосредственно в горных

выработках [5]. Большую роль играют структурно-геологические методы изучения полей напряжений [6, 7]. Эти методы базируются главным образом на изучении ориентировки систем трещин и результатах анализа рисунка разломов, выявленных в процессе геологического изучения массивов горных пород. На основании изучения данных по месторождениям полезных ископаемых, которые располагаются на Урале, было выявлено, что ориентировка главного максимального нормального напряжения в основном имеет устойчивое положение и характеризуется конкретными значениями азимутов [8, 9].

При оценке геодинамической активности конкретной территории важная роль отводится анализу линеаментов современного рельефа. На основе аэрокосмогеологических исследований, морфонеотектонического и линеаментно-блокового анализа выполняется неотектоническое районирование, отражающее блоково-тектоническое, морфоструктурное и геоморфологическое строение территорий [1, 10], имеющее важное значение для изучения геозеологических условий. Применение результатов исследований на изученных территориях существенно затрудняется отсутствием кинематического анализа выделенных разломных зон. Несмотря на сложный характер геодинамических движений, каждый разлом в современном поле тектонических напряжений может (и должен) характеризоваться по преобладающему кинематическому типу. Сдвиги, взбросы, надвиги и сбросы очень существенно отличаются по направлениям современных движений, относительным подвижкам бортов и формированию зон взаимодействия разломов [11 – 13].

Таким образом, при анализе линеаментов рельефа на территории Урала следует устанавливать соответствие данных, полученных по локальным участ-

кам, региональным закономерностям ориентировки ГМН, а также выявлять предположительный кинематический тип разломов. Закономерности НДС и взаимосвязи этих закономерностей с линеамен-тами рельефа в последнее время углубленно изучаются при решении гидрогеологических задач [14, 15].

Основные теоретические положения

Формирование проницаемости в скальных породах и особенности расположения водоносных зон в геологических структурах, связанных с тектоническими процессами, является предметом изучения научного направления «гидрогеомеханика скальных массивов» [8, 9]. Практика гидрогеологических работ в районах, сложенных древними скальными породами, показывает, что высокой проницаемостью отличаются тектонические нарушения, подвижные (активные) в современном поле тектонических напряжений [16, 17]. Подвижность тектонических разломов зависит от расположения определенных типов разрывных нарушений в поле современных геодинамических напряжений, т.е. разломы разных кинематических типов должны иметь довольно строгую ориентировку и угловые соотношения с векторами главных нормальных напряжений. Ориентировка активных разломов хорошо коррелируется с результатами сейсмических исследований [18, 19].

Гидрогеомеханические исследования, выполняемые на конкретных объектах, следует начинать с определения ориентировки векторов главных максимальных напряжений. Исследования, выполненные в Уральском регионе, показали, что в большинстве случаев ГМН имеют две преобладающие субширотные ориентировки: 260° и 285° [8, 9]. Для упрощения обозначений принимается, что ГМН с ориентировкой 260° условно

Таблица 1

Кинематические типы и ориентировки разломов
Kinematic types and orientations of faults

Кинематические типы	Генетическая связь с ГМН	Ориентировки, град	Цвет раскраски при графическом анализе
сброс сброс	левая генерация правая генерация	285 260	розовый
надвиг, взброс надвиг, взброс	левая генерация правая генерация	15 350	желтый
сдвиг левый сдвиг левый	левая генерация правая генерация	330 (325–335) 305 (300–310)	зеленый
сдвиг правый сдвиг правый	левая генерация правая генерация	245 (240–250) 215 (210–220)	голубой

можно называть «правое ГМН», а разломы, которые генерирует это ГМН, — «разломы правой генерации». Соответственно, принимается, что ГМН с ориентировкой 285° условно можно называть «левое ГМН», а разломы, которые генерирует это ГМН, — «разломы левой генерации» (табл. 1). Эти условные названия связаны с общепринятыми обозначениями сдвигов разной кинематики. Смещение по правым сдвигам относительно тектонического шва происходит по часовой стрелке (сдвиги правой кинематики), а левых (сдвиги левой кинематики) — против часовой стрелки.

Представленные условные названия связаны с наблюдениями [8, 9], что при действии указанных ГМН на одной территории главное напряжение с ориентировкой 285° чаще генерирует левые сдвиги (сдвиги левой кинематики), а ГМН с ориентировкой 260° — правые сдвиги (сдвиги правой кинематики). Эти закономерности проявляются не всегда, но применение понятий «правое» или «левое» ГМН упрощает описание напряженно-деформированного состояния породных массивов в тех случаях, когда активизацию конкретного разлома необходимо связать с ГМН конкретной ориентировки (табл. 1).

В поле действия главных максимальных напряжений наибольшей водонос-

ностью отличаются сдвиговые субвертикальные тектонические нарушения (сдвиги), образующие с вектором ГМН средний угол 45° ($40 - 50^\circ$). Для основных водоносных сдвигов характерно среднее простирание 215° и $305 - 330^\circ$. Необходимо учитывать пространственные закономерности в расположении активных тектонических нарушений и широко применять методические приемы гидрогеомеханики в гидрогеологической практике.

В процессе геомеханических исследований и гидрогеологических работ, выполненных на Урале и в других регионах, выявилось, что тектонические нарушения, активные в современном поле напряжений, относительно слабо отражаются на геологических картах. Эта ситуация связана с тем, что геологическое картирование опирается главным образом на литологический состав горных пород, а современная тектоническая активизация, как правило, не вызывает значительных смещений в геологических образованиях.

Многие исследователи признают, что современный рельеф довольно тесно связан с активными тектоническими нарушениями и значительная часть разломов может выявляться по руслам рек, временных водотоков и логов [6, 7, 10]. Критерием надежности выполненных ис-

следований является высокий уровень совпадения ориентировки линеаментов (линейных элементов) рельефа с ранее достоверно установленными ориентировками тектонических нарушений и осей главных максимальных напряжений (ГМН) в Уральском регионе (см. табл. 1).

Систематизация ориентировки линеаментов в районе рудного месторождения

Для проверки и уточнения методики оценки ориентировки активных разломов в поле современного напряженно-деформированного состояния выбран участок

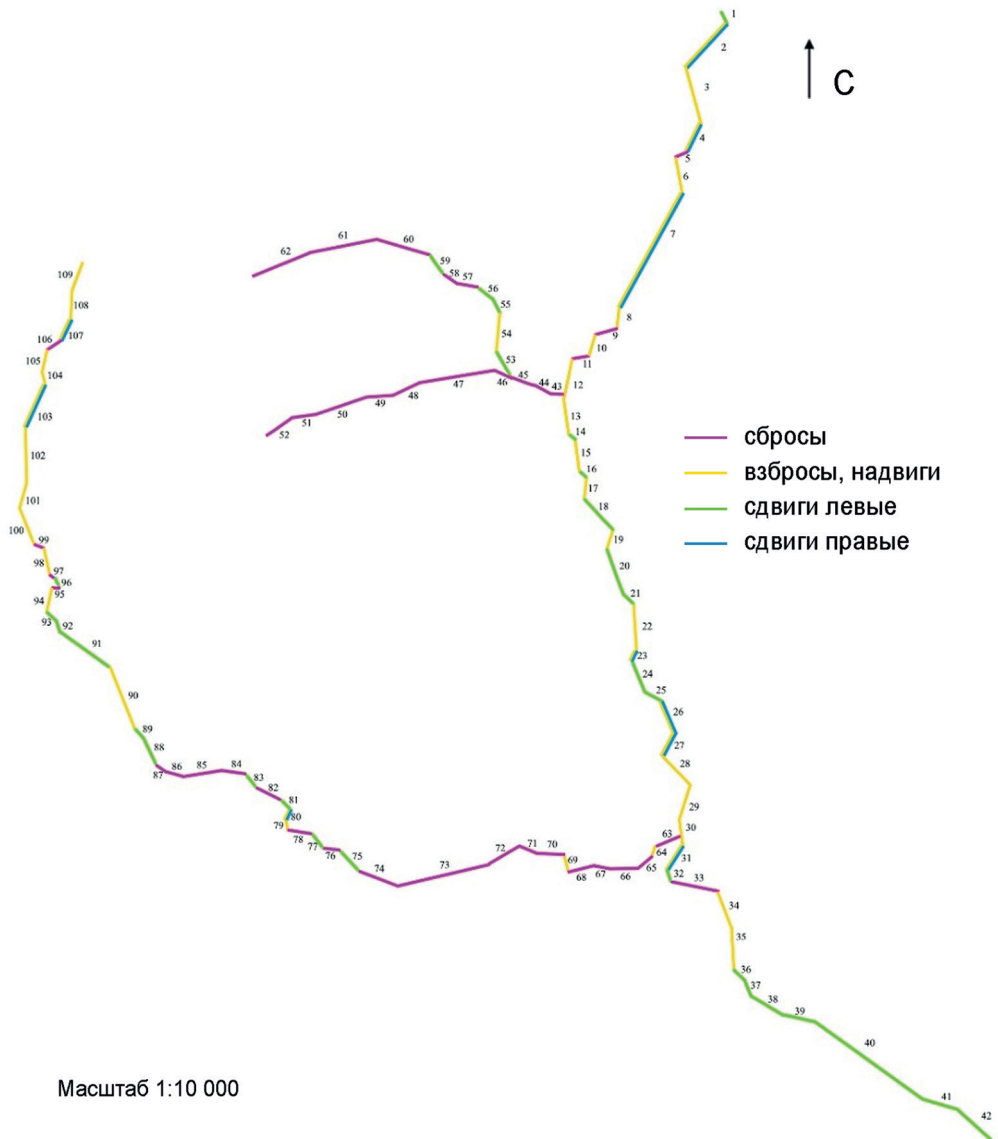


Рис. 1. Выделение линеаментов на осях водотоков и логов. Кинематическая характеристика предполагаемых разломов. Район Октябрьского рудного поля (Южный Урал)

Fig. 1. Allocation of lineaments on the axes of watercourses and logs. Kinematic characteristics of the proposed faults. Oktyabrsky Ore Field district (Southern Urals)

Таблица 2

**Систематизация данных измерений
линеаментов**
*Systematization of lineament measurement
data*

Средний градус интервала	Интервал азимутов, град	Количество линеаментов	Суммарная длина, мм
5	0–10	8	37
15	11–20	6	22
25	21–30	7	50
35	31–40	2	16
45	41–50	0	0
55	51–60	3	12
65	61–70	4	25
75	71–80	9	71
85	81–90	4	17
275	270–280	8	26
285	281–290	7	44
295	291–300	9	36
305	301–310	6	53
315	311–320	10	44
325	321–330	2	9
335	331–340	11	52
345	341–350	6	33
355	351–360	7	48

территории, расположенной в южной части Республики Башкортостан. Территория охватывает окрестности Октябрьского медно-цинкового месторождения в Хайбулинском районе Республики.

Степная, безлесная местность способствует надежному дешифрированию космоснимков и выделению линеаментов на топографических картах. На небольшом расстоянии от Октябрьского месторождения находится Юбилейное месторождение медно-цинковых руд. При исследовании НДС этого месторождения было выявлено, что ориентировка ГМН соответствует типовым характеристикам Уральского региона (см. табл. 1)

На территории Октябрьского рудного поля хорошо выражено в рельефе русло р. Макан, русло ручья Гражданский, а также ряд логов в северной части рудного поля. Все указанные элементы рельефа были разделены на прямолинейные участки (линеаменты), каждому линеаменту (рис. 1) присвоен порядковый номер, измерены ориентировка (азимут) и длина линеаментов. Уровень (рейтинг) линеаментов определялся суммой длин линеаментов, которые по ориентировке попадали в один десятиградусный интервал. Результаты измерений и окончательной систематизации линеаментов представлены в табл. 2.

По данным, помещенным в табл. 2, построена роза-диаграмма (рис. 2).

**Анализ результатов
графического отображения
линеаментов рельефа**

На розе-диаграмме (см. рис. 2) выделено несколько «пиков», которые отражают преобладающие ориентировки выделенных линеаментов. При анализе азимутов линеаментов для выделения ориентировки ГМН используется несколько правил [20]. Первое правило — правило «прямого угла (90°)». Смысл этого правила состоит в том, что ориентировка сбросов и надвигов различаются на 90°, с учетом возможной погрешности в 5–10°. При выделении сбросов и надвигов используются также данные по преобладающим ориентировкам разломов в Уральском регионе (см. табл. 1).

В данном случае при анализе ориентировки надвигов выявилось, что «пики» на диаграмме, связанные с надвигами, имеют несколько «размазанный» характер и, возможно, накладываются друг на друга (см. рис. 2). Данная особенность определяется тем, что наклонные, относительно пологие тектонические структуры (надвиги, взбросы), имеющие средний угол падения 45°, при выходе на

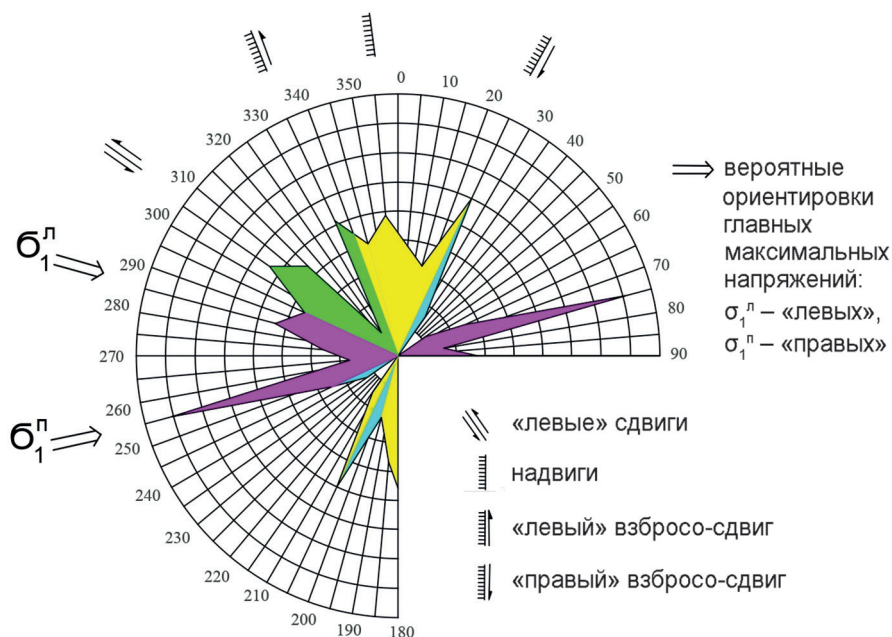


Рис. 2. Роза-диаграмма ориентировки линейментов и предполагаемый кинематический тип разломов в районе Октябрьского рудного поля (Южный Урал)

Fig. 2. Rose-diagram of the orientation of lineaments and the assumed kinematic type of faults in the area of the Oktyabrsky ore field (Southern Urals)

поверхность взаимодействуют с рельефом [11, 20] и существенно изменяют свой азимут простирания (в проекции на дневную поверхность). Несмотря на указанную особенность работы с холмистым рельефом, существенного влияния на результаты анализа это обстоятельство не оказало, но внесло некоторые угловые корректировки.

На основании указанного правила (правило 90°) на розе-диаграмме выделена ориентировка «правых» сбросов со средним азимутом 255°. Практически под прямым углом выделяется группа несколько «размазанных» линейментов (условный «пик») с преобладающим азимутом 355°. Этот азимут отражает ориентировку надвигов «правой» генерации.

Небольшое (допустимое) отклонение от преобладающего в целом по Уралу азимута ГМН 260° можно объяснить тем, что сбросы являются хоть и крутыми (угол падения больше 45°), но все же

наклонными структурами. На значения простирания сбросов, снятых с карты, рельеф может оказывать некоторое влияние.

По азимуту 285–290°, в полном соответствии с табл. 1, на диаграмме представлена ориентировка сбросов левой генерации. Ориентировка сбросов варьирует от 280 до 295°. С допустимой погрешностью (5–10°) можно считать, что линейменты, имеющие ориентировку 10°, а также хорошо выраженный «пик» с азимутом 25°, вероятнее всего, отражают простирание надвигов. Таким образом, выделены две пары взаимно перпендикулярных (с учетом погрешности) разломов: «правые» — 255° и 355° и «левые» — 285–290° и 25°.

Помимо рассмотренных «пиков» хорошо выражены линейменты с преобладающей ориентировкой 305°, 335°. В соответствии с табл. 1, разломы, имеющие указанные значения простирания,

с высокой долей вероятности представлены левыми сдвигами, которые относятся, соответственно, к правой генерации (ориентировка вектора ГМН $255 - 260^\circ$) и к левой генерации (ориентировка вектора ГМН $285 - 290^\circ$).

Необходимо отметить, что сдвиги, как тектонические структуры субвертикального падения, по значению простирания практически не зависят от рельефа местности и, как правило, хорошо выражены на диаграммах. Для диагностики сдвигов следует применять правило «угол скола $40 - 50^\circ$ ». Этот угол сдвиги образуют с генерирующим (образующим) ГМН [11 – 13].

Хорошо выражен «пик», имеющий преобладающий азимут 25° (205°). Опираясь на четкую морфологию данной группы линейных элементов, можно полагать, что этот «пик» показывает ориентировку правых сдвигов «правой» генерации. Наряду с этим заключением практически прямой угол с ориентировкой «левого» ГМН позволяет предполагать, что эти разломы испытывают также и взбросовые подвижки.

Необходимо учитывать, что разломы, имеющие угол скола более 45° с генерирующим их ГМН, могут иметь двойную кинематику, так как образуют с другим ГМН угол, близкий к 90° . Поэтому разломы с ориентировкой 335° и 25° (205°) можно рассматривать, при наличии определенных признаков, как взбросо-сдвиги. Эти признаки следует уточнять, опираясь на полевые методы исследований, включая геофизику [19, 20].

В некоторых случаях сдвиги могут «накладываться» на сбросы. В данном случае «левое» ГМН очень часто формирует правый сдвиг, ориентированный по азимуту $240 - 245^\circ$. На диаграмме эти сдвиги отражаются небольшой деформацией «пика» с азимутом 255° (см. рис. 2), т.е. имеют близкую ориентировку со сбросами. В этих случаях нередко

формируются сбросо-сдвиги. Разломы двойной кинематики испытывают разнонаправленные подвижки [20], способствующие поддержанию раскрытия трещин. Данное обстоятельство предопределяет возможность формирования тектонических зон с повышенными фильтрационными свойствами. Таким образом, можно полагать, что разломы двойной кинематики нередко имеют повышенную обводненность и, соответственно, могут рассматриваться как объекты, перспективные для поисков подземных вод или неустойчивые (опасные) при вскрытии горными выработками.

Результаты анализа ориентировки линейных элементов рельефа позволяют отобразить на карте конкретную принадлежность каждого линейного элемента к конкретному кинематическому типу разломов с помощью условной раскраски (см. рис. 1). Такая схема позволяет лучше понимать геодинамическую ситуацию конкретного рудного поля и целенаправленно планировать гидрогеологические и инженерно-геологические исследования, а также развитие горных работ.

Выводы

1. Ориентировка элементов рельефа (русел рек, ручьев, логов) очень часто связана с тектоническими нарушениями, активными в современном поле тектонических напряжений. Ориентировка векторов главных максимальных напряжений (левая генерация ГМН – $285 - 290^\circ$), (правая генерация ГМН – $55 - 260^\circ$) полностью совпадает с ориентировкой ГМН, выявленных в других регионах Урала.

2. Опираясь на представления о геодинамической этажности и об угловых соотношениях между тектоническими нарушениями и генерирующими их главными максимальными напряжениями, можно с высокой долей достоверности

определять кинематический тип активных разломов и связанных с ними элементов рельефа.

3. Вариации во времени разнонаправленных главных максимальных напряжений нередко приводят к формированию разломов двойной кинематики (взбросо-сдвигов и сбросо-сдвигов). Эти разломы надежно выявляются по угловым соотношениям с ориентировкой векторов действующих напряжений.

4. Разломы двойной кинематики испытывают разнонаправленные подвижки, способствующие поддержанию раскрытия трещин. Данное обстоятельство предопределяет возможность формирования тектонических зон с повышенными

фильтрационными свойствами. Разломы двойной кинематики могут рассматриваться как объекты, перспективные для поисков подземных вод, а также менее устойчивые при вскрытии горными выработками.

5. При анализе ориентировки надвигов (взбросов) следует учитывать, что наклонные, относительно пологие тектонические структуры при выходе на поверхность взаимодействуют с рельефом и могут существенно изменять свой азимут простираения в проекции на наклонную дневную поверхность. При анализе линеаментов необходимо учитывать данную особенность работы с холмистым и горным рельефом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов И. С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. — 2014. — № 4. — С. 69–74.
2. Гуляев А. Н. Сейсмичность и сейсмическое районирование Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2016. — № 6. — С. 116–124.
3. Зубков А. В. Закон формирования природного напряженного состояния земной коры // Доклады Академии наук. — 2018. — № 3. — С. 1–11.
4. Тажибаев К. Т. Напряжения, процессы деформации и динамического разрушения горных пород. — Бишкек: Алтын Принт, 2016. — 352 с.
5. Зубков А. В., Сентябов С. В. Деформация земной коры, способы изучения, закономерности, проблемы // Литосфера. — 2020. — № 6. — С. 863–872.
6. Шерман С. Н., Днепровский Ю. И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения. — Новосибирск: Наука, 1989. — 158 с.
7. Sahu S. S., Mohanty S. P. Demarcation of zones of neotectonic activity around regional faults: Morphometric analysis from the wagad highland, kachchh, India // Journal of Earth System Science. 2021, vol. 130, no. 4. DOI: 10.1007/s12040-021-01716-w.
8. Тагильцев С. Н. Закономерности пространственного расположения тектонических нарушений в поле современного напряженного состояния земной коры // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2018. — № 7. — С. 52–66.
9. Красильников П. А., Аброськин О. Д., Красильникова С. А., Ашихмин С. Г., Батракова Г. М., Тагильцев С. Н. Результаты мониторинга опасных инженерно-геологических процессов на территории Пермского края в 2022 году // Успехи современного естествознания. — 2024. — № 3. — С. 120–125.
10. Menon R., Mysaiah D., Senthil Kumar P., Lakshmi, K. J. P. Structural analysis of lineaments surrounding the kailana-takhat sagar reservoir and its impact on rising ground water levels in Jodhpur // Journal of the Geological Society of India. 2021, vol. 97, no. 6, pp. 596–602. DOI: 10.1007/s12594-021-1734-y.
11. Гусев Г. С., Межелевский Н. В., Гуцин А. В. Тектонический кодекс России. — М.: Геокарт: Геос, 2016. — 240 с.
12. Жабко А. В. Критерий прочности блочных сред и обратные геомеханические расчеты // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2020. — № 6. — С. 37–47.
13. Жабко А. В. Континуальная концепция сдвиговой дезинтеграции твердых тел // Известия Уральского государственного горного университета. — 2019. — № 3(55). — С. 111–123.

14. Nayak S., Mukhopadhyay B. P., Mitra A. K., Chakraborty R. Structural control on the occurrence of groundwater in granite gneissic terrain, purulia, west Bengal // *Arabian Journal of Geosciences*. 2020, vol. 13, no. 18. DOI: 10.1007/s12517-020-05853-2.

15. Saint Jean Patrick Coulibaly H., Talnan Jean Honoré C., Naga C., Claude Alain Kouadio K., Régis Maily Didi S., Diedhiou A., Savane I. Groundwater exploration using extraction of lineaments from SRTM DEM and water flows in béré region // *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2021, vol. 24, no. 3, pp. 391 – 400. DOI: 10.1016/j.ejrs.2020.07.003.

16. Takam Takougang E. M., Ali M. Y., Bouzidi Y., Bouchaala F., Sultan A. A., Mohamed A. I. Extraction and characterization of faults and fractures from 3D VSP data in a carbonate reservoir. A workflow // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2019, vol. 182. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.106328.

17. Doski J. A. H. Tectonic analysis of lineaments in the gara anticline, Kurdistan, Northern Iraq // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2019, vol. 47, no. 6, pp. 941 – 950. DOI: 10.1007/s12524-019-00940-8.

18. Осипова А. Ю., Осипов В. Ю., Бызов Д. Д. Сейсмичность и сейсмический режим территории Свердловской области // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. – 2024. – № 1. – С. 42 – 51. DOI: 10.31857/S0869780924010052.

19. Дружинин В. С., Осипов В. Ю. Субширотные дислокации земной коры Уральского региона – звенья системы линейментов Евразийского континента // *Уральский геофизический вестник*. – 2016. – № 2 (28). – С. 33 – 47.

20. Бейги С., Илалова Р. К., Таловина И. В., Щеколдин Р. А. Анализ кинематики разломов Наин и Даррах Дех и их положение в структуре западного борта Центрально-Иранского массива // *Геодинамика и тектонофизика*. – 2024. – Т. 15. – № 3. – С. 0765. DOI: 10.5800/GT-2024-15-3-0785. **ГИАБ**

REFERENCES

1. Kopylov I. S. Geodynamic active zones of the Urals, their manifestation in geophysical, geochemical, hydrogeological fields. *Advances in Current Natural Sciences*. 2014, no. 4, pp. 69 – 74. [In Russ].

2. Gulyaev A. N. Seismicity and seismic zoning of the Urals. *Minerals and Mining Engineering*. 2016, no. 6, pp. 116 – 124. [In Russ].

3. Zubkov A. V. The law of formation of the natural stress state of the earth's crust. *Doklady Akademii nauk*. 2018, no. 3, pp. 1 – 11. [In Russ].

4. Tazhibayev K. T. *Napryazheniya, protsessy deformatsii i dinamicheskogo razrusheniya gornykh porod* [Stresses, processes of deformation and dynamic destruction of rocks] Bishkek, Altyn Print, 2016, 352 p.

5. Zubkov A. V., Sentyabov S. V. Deformation of the earth's crust, methods of studying, patterns, problems. *Lithosphere (Russia)*. 2020, no. 6, pp. 863 – 872. [In Russ].

6. Sherman S. N., Dneprovskiy Yu. I. *Polya napryazheniy zemnoy kory i geologo-strukturnye metody ikh izucheniya* [Stress fields of the earth's crust and geological and structural methods for their study], Novosibirsk, Nauka, 1989, 158 p.

7. Sahu S. S., Mohanty S. P. Demarcation of zones of neotectonic activity around regional faults: Morphometric analysis from the wagad highland, kachchh, India. *Journal of Earth System Science*. 2021, vol. 130, no. 4. DOI: 10.1007/s12040-021-01716-w.

8. Tagiltsev S. N. Patterns of the spatial location of tectonic disturbances in the field of the modern stress state of the earth's crust. *Minerals and Mining Engineering*. 2018, no. 7, pp. 52 – 66. [In Russ].

9. Krasilnikov P. A., Abroskin O. D., Krasilnikova S. A., Ashikhmin S. G., Batrakova G. M., Tagiltsev S. N. The results of monitoring dangerous engineering and geological processes in the Perm Territory in 2022. *Advances in Current Natural Sciences*. 2024, no. 3, pp. 120 – 125. [In Russ].

10. Menon R., Mysaiah D., Senthil Kumar P., Lakshmi, K. J. P. Structural analysis of lineaments surrounding the kailana-takhat sagar reservoir and its impact on rising ground water levels in Jodhpur. *Journal of the Geological Society of India*. 2021, vol. 97, no. 6, pp. 596 – 602. DOI: 10.1007/s12594-021-1734-y.

11. Gusev G. S., Mezhelevskiy N. V., Gushchin A. V. *Tektonicheskiy kodeks Rossii* [Tectonic code of Russia], Moscow, Geokart: Geos, 2016, 240 p.

12. Zhabko A. V. Strength criterion for block media and inverse geomechanical calculations. *Minerals and Mining Engineering*. 2020, no. 6, pp. 37 – 47. [In Russ].

13. Zhabko A. V. The continuum concept of shear disintegration of solids. *News of the Ural State Mining University*. 2019, no. 3(55), pp. 111 – 123. [In Russ].

14. Nayak S., Mukhopadhyay B. P., Mitra A. K., Chakraborty R. Structural control on the occurrence of groundwater in granite gneissic terrain, purulia, west Bengal. *Arabian Journal of Geosciences*. 2020, vol. 13, no. 18. DOI: 10.1007/s12517-020-05853-2.

15. Saint Jean Patrick Coulibaly H., Talnan Jean Honoré C., Naga C., Claude Alain Kouadio K., Régis Maily Didi S., Diedhiou A., Savane I. Groundwater exploration using extraction of lineaments from SRTM DEM and water flows in béré region. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2021, vol. 24, no. 3, pp. 391 – 400. DOI: 10.1016/j.ejrs.2020.07.003.

16. Takam Takougang E. M., Ali M. Y., Bouzidi Y., Bouchaala F., Sultan A. A., Mohamed A. I. Extraction and characterization of faults and fractures from 3D VSP data in a carbonate reservoir. A workflow. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2019, vol. 182. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.106328.

17. Doski J. A. H. Tectonic analysis of lineaments in the gara anticline, Kurdistan, Northern Iraq. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2019, vol. 47, no. 6, pp. 941 – 950. DOI: 10.1007/s12524-019-00940-8.

18. Osipova A. Y., Osipov V. U., Byzov D. D. Seismicity and seismic regime of the territory of the Sverdlovsk region. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2024, no. 1, pp. 42 – 51. [In Russ]. DOI: 10.31857/S0869780924010052.

19. Druzhinin V. S., Osipov V. Yu. Sublatitudinal dislocations of the earth's crust in the Ural region – links in the lineament system of the Eurasian continent. *Ural'skiy geofizicheskiy vestnik*. 2016, no. 2 (28), pp. 33 – 47. [In Russ].

20. Beygi S., Italova R. K., Talovina I. V., Schekoldin R. A. Kinematic analysis of the main and darcch deh faults and their structural position in the western side of the Central Iranian Range. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2024, vol. 15, no. 3, article 0765. [In Russ]. DOI: 10.5800/GT-2024-15-3-0785.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тагильцев Сергей Николаевич¹ – докт. техн. наук,
профессор, профессор, e-mail: tagiltsev@k66.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7289-3958,

Цуркан Екатерина Павловна¹ – ассистент кафедры,
e-mail: katuass@mail.ru, ORCID ID: 0009-0001-0402-2704,

Кибанова Татьяна Николаевна¹ – канд. техн. наук,
доцент, доцент, e-mail: kibanova_1@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0001-5396-2826,

Сурганов Сергей Валерьевич¹ – старший преподаватель,
e-mail: surgsgig@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3260-076X,

¹ Уральский государственный горный университет.

Для контактов: Тагильцев С.Н., e-mail: tagiltsev@k66.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

S.N. Tagiltsev¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Professor, e-mail: tagiltsev@k66.ru,
ORCID ID: 0000-0002-7289-3958,

E.P. Tsurkan¹, Assistant of Chair, e-mail: katuass@mail.ru,
ORCID ID: 0009-0001-0402-2704,

T.N. Kibanova¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
Assistant Professor, e-mail: kibanova_1@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0001-5396-2826,

S.V. Surganov¹, Senior Lecturer, e-mail: surgsgig@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0002-3260-076X,

¹ Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia.

Corresponding author: S.N. Tagiltsev, e-mail: tagiltsev@k66.ru.

Получена редакцией 16.07.2024; получена после рецензии 25.10.2024; принята к печати 10.12.2024.

Received by the editors 16.07.2024; received after the review 25.10.2024; accepted for printing 10.12.2024.