

13. Skousen J., Zipper C.E., Rose A., Ziemkiewicz P.F., Nairn R., McDonald L.M., Kleinmann R.L. Review of Passive Systems for Acid Mine Drainage Treatment // *Mine Water and the Environment*. – 2017. – V. 36., № 1. – P. 133-153. – DOI: 10.1007/s10230-016-0417-1.
14. Геоэкологическая геоинформационная система Кизеловского угольного бассейна: офиц. сайт. – Текст электронный. – URL: <http://kub.maps.psu.ru/> (Дата обращения 20.05.2022).
15. Выполнение научно-исследовательской работы по минимизации и ликвидации воздействия кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна на водные объекты Пермского края: отчет о НИР. Кн. 1.1 / рук. Максимович Н.Г.; Естественнонаучный институт ПГНИУ. – Пермь, 2019. – 203 с.
16. Parkhurst D.L., Appelo C.A.J. Description of input and examples for PHREEQC version 3: a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations // *Techniques and Methods*. – U.S. Geological Survey, 2013. – Book 6 chap. A43. – 497 p.
17. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Кизеловский угольный бассейн: экологические проблемы и пути решения / ПГНИУ. – Пермь, 2018. – 287 с.: ил.

УДК 551.14

DOI:10.7242/echo.2022.2.6

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА ТЮБЕГАТАНСКОЙ АНТИКЛИНАЛИ

И.И. Чайковский

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Проведено структурное дешифрирование цифровой модели рельефа района Тюбегатанской антиклинали, совмещенного с геологической картой масштаба 1:50 000. Показано наличие трех систем нарушений. Первая представлена крупными правыми сдвигами северо-западного простирания, секущими под углом Тюбегатанскую антиклиналь, и связывается с развитием Таласо-Ферганского разлома. Большинство из них проходят вдоль антиклинальных осей северо-западной ориентировки, усложняют ее *s*-образными перегибами и нагнетанием соляных масс в сводовые структуры. Увеличение мощности гаурдакской эвапоритовой толщи достигает здесь почти 30%. К ней примыкает система серповидных в плане нарушений (сбросы и надвиги) сколово-отрывной природы (*flower-structure*). Вдоль оси Тюбегатанской антиклинали развиты нарушения, сопоставимые с разрывами отрывной природы. Все выявленные структуры благоприятны для инфильтрации поверхностных вод в соляную толщу.

Ключевые слова: Тюбегатанское месторождение калийных солей, линеаментный анализ, разрывные нарушения, соляная тектоника, проницаемые структуры.

Выявление разломной структуры региона не только позволяет реконструировать характер проявления тектонических деформаций, но является одним из важных условий обеспечения безопасной разработки месторождений калийных солей. Разрывные нарушения могут выступать в виде структур, благоприятных для поступления поверхностных вод к кровле соляной толщи и проявления различных гипергенных процессов, в том числе техногенных катастроф [2, 4].

Для выявления тектонической структуры Тюбегатанской антиклинали и локализованного в ее северо-западном крыле одноименного месторождения калийных солей использована цифровая модель рельефа SRTM (NASA Shuttle Radar Topography Mission), совмещенная с геологической картой масштаба 1:50 000, составленной Ф.М. Фаттаховым, В.К. Панасюченко и др. (1963).

Сама Тюбегатанская антиклиналь северо-восточного простирания характеризуется «*g*»-образными перегибами оси за счет осложнения осями антиклинальных складок меньшего порядка северо-западной ориентировки. Северо-западное крыло Тюбегатанской антиклинали полого (менее 10°) погружается на северо-запад, а восточное – более крутое (до 40°).

Структурное дешифрирование линеаментов позволило выявить три системы тектонических нарушений (рис. 1).

Самыми крупными разломами являются разрывы северо-западного простирания, секущие под углом Тюбегатанскую антиклиналь. Большинство из них проходят вдоль антиклинальных осей северо-западной ориентировки. Косое расположение этих разрывов по отношению к Тюбегатанской антиклинали позволяет предполагать их праводвиговую природу [3]. Аналогичную к ним ориентировку имеют локальные соподчиненные и оперяющие разломы меньшего порядка.

Вдоль присводовой части Тюбегатанской антиклинали развиты нарушения северо-восточной ориентировки, которые сопоставляются с разрывами отрывной природы. Реже разрывы данной ориентировки отмечаются на локальных антиклинальных разрывах второго порядка.

Третья система примыкает к сдвигам северо-западного простирания на сводах локальных антиклиналей в виде серповидных в плане нарушений, слагающих структуры типа «цветка» или «пальмы» (flower-structure) (рис. 2). Предполагается, что они имеют сколово-отрывную природу и могут представлять как сбросовые, так и надвиговые разрывы (рис. 3) [5].

Сопоставление мощностей показывает, что в синклиналиях, поперечных Тюбегатанской структуре, минимальная мощность гаурдакской эвапоритовой толщи составляет около 300 м, а в антиклиналиях – до 420 м, что свидетельствует о перераспределении соляных масс и нагнетании солей в антиклинали.

Полученные выводы согласуются с представлениями о том, что основной тектонический облик исследуемого района сформировался в результате альпийской складчатости, когда давление со стороны Индостана на Туранскую плиту привело к формированию горно-складчатой системы Юго-Западного Гиссара. В ее строении проявлены как компрессионные (надвиговая складчатость), так и сдвиговые (сколовые деформации) компоненты, отражающие формирование в обстановке косоугольного сжатия. Основной (право-) сдвиговой структурой региона является Таласо-Ферганский разлом северо-западного простирания, протяженностью более 800 км, отделяющий Туранскую плиту и Памир от Казахстанского щита и Таримской плиты [1].

Дешифрирование цифровой карты рельефа и сопоставление с геологической картой позволили показать, что Тюбегатанская антиклиналь отражает все особенности, характерные и для системы Юго-Западного Гиссара. Так, основными разрывными нарушениями являются сдвиги северо-западного простирания, параллельные Таласо-Ферганскому разлому. Косая коллизия привела к тому, что конфигурация антиклинали осложнена тремя поперечными пережимами и разбита на четыре антиклинальные складки меньшего порядка, ориентированные в северо-западном направлении. Наличие такой структуры может быть обусловлено не только сдвиговой составляющей, но и проявлением пространственного перераспределения (перетока) материала за счет наличия в разрезе пластичной толщи гаурдакской свиты, сложенной преимущественно каменной солью с прослоями ангидритов.

Предполагается, что основными проницаемыми для инфильтрационных вод разрывными нарушениями являются региональные правые сдвиги и примыкающие к ним структуры типа цветка или пальмы. В меньшей мере поступление поверхностных вод в соляную толщу предполагается для продольных Тюбегатанской антиклинали трещин отрыва.

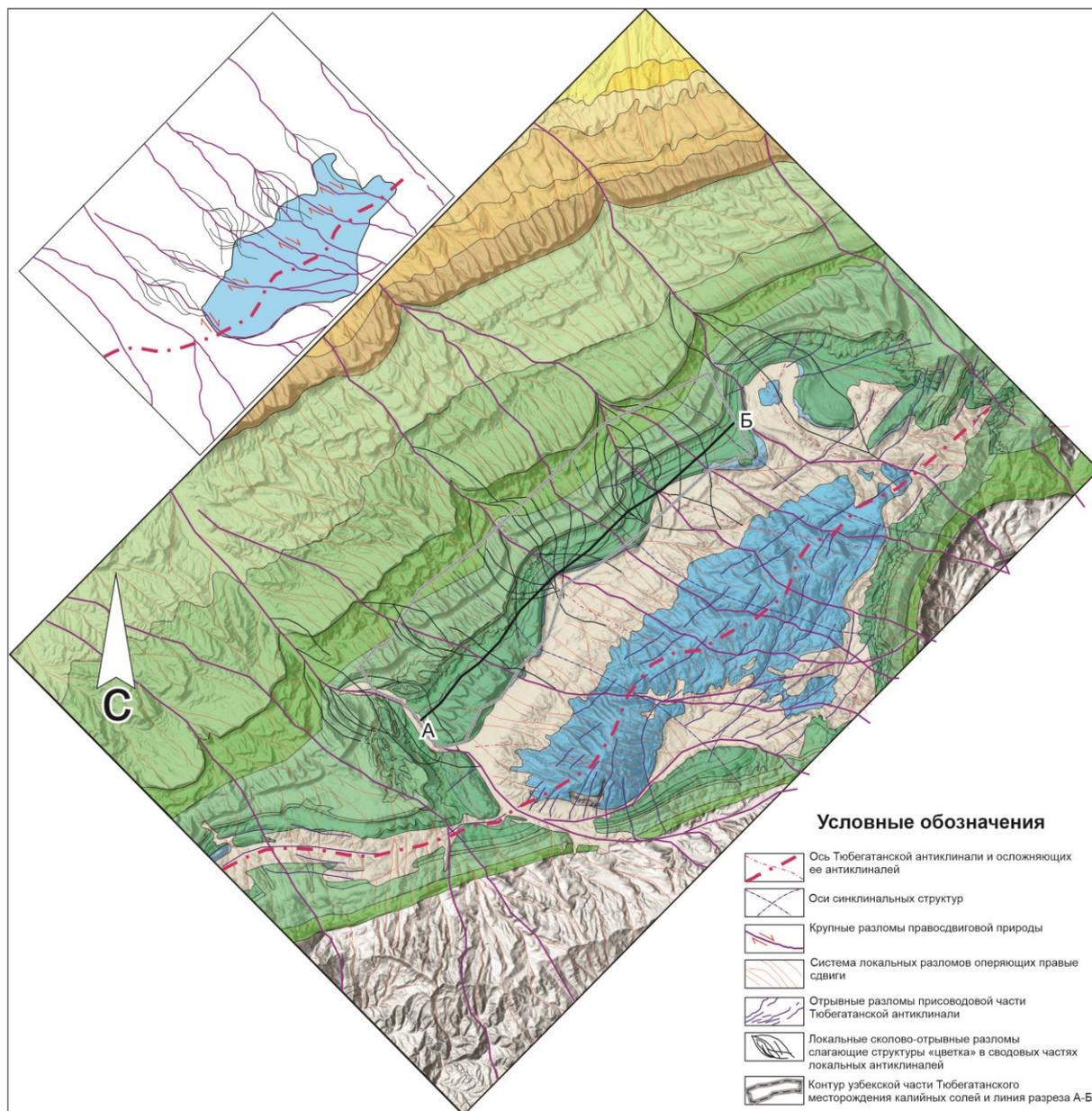


Рис. 1. Схема структурной интерпретации цифровой карты рельефа района Тюбегатанской антиклинали

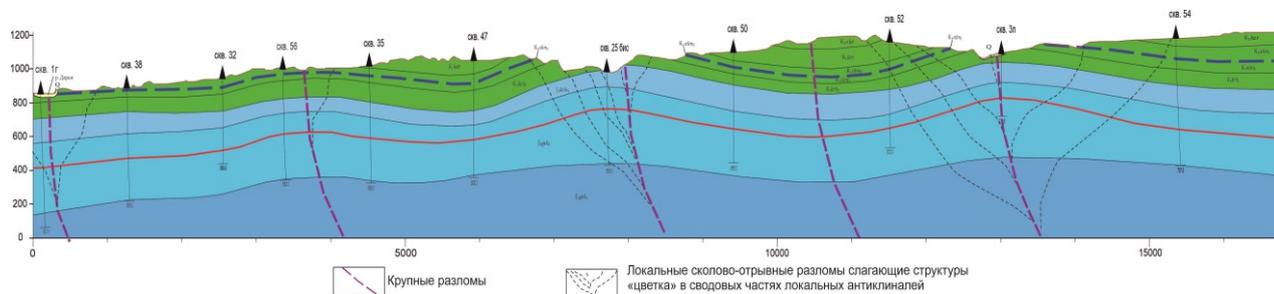


Рис. 2. Геологический разрез Тюбегатанского месторождения по линии А-Б и предполагаемые разломы, секущие солевую толщу. Красной линией показан промышленный горизонт (третий калийный), пунктирами крупные разломы с оперяющими нарушениями типа «цветка»

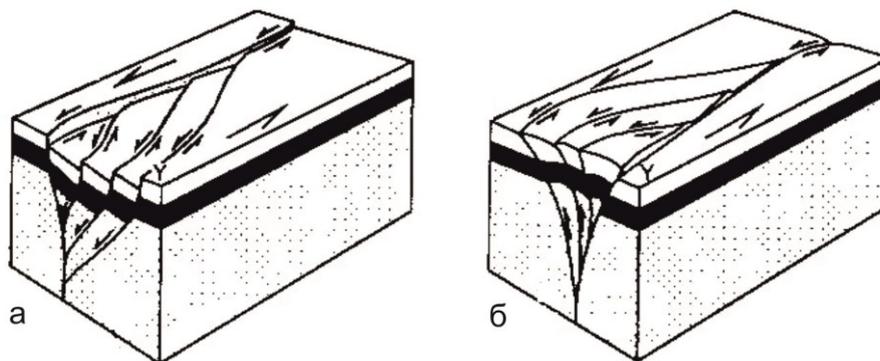


Рис. 3. Структуры «цветка» или «пальмы»:
а – отрицательная сбросовая (пулл-апарт); б – положительная надвиговая (по [5])

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буртман В.С. Таласо-Ферганский сдвиг (Тянь-Шань). – М.: Наука, 1964. – 143 с.: ил.
2. Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей / под ред. Н.М. Джиноридзе. – СПб; Соликамск, 2000. – 400 с.
3. Чайковский И.И. Структурно-геологические особенности Тюбегатанского месторождения солей // Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию Горн. ин-та УрО РАН и 75-летию основателя и первого директора ин-та чл.-корр. РАН А.Е. Красноштейна / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2014. – С. 91-93.
4. Чайковский И.И., Калинина Т.А., Коротченкова О.В. Тектонические и эпигенетические процессы в надсолевой толще Верхнекамского месторождения // Литосфера. – 2015. – № 5. – С. 71-80.
5. Harding T.P. Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. – 1985. – V. 69, № 4. – P. 582-600.