

УДК 55.551.2.24

<https://orcid.org/0000-0002-1308-6320>

<https://orcid.org/0000-0002-4212-2626>

<https://orcid.org/0000-0003-4751-9101>

<https://orcid.org/0000-0001-9127-8902>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВА ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



**В.М. СУЛЕЙМАНОВА<sup>1</sup>**,  
кандидат геол.-мин. наук,  
заместитель зав. лаборатории,  
[vefa\\_ferid@mail.ru](mailto:vefa_ferid@mail.ru)



**С.О. ГЕЙДАРЛЫ<sup>1</sup>**,  
геолог, докторант,  
[servan.heydarli@gmail.com](mailto:servan.heydarli@gmail.com)



**З.А. ГУЛИЙЕВ<sup>1</sup>**,  
инженер,  
[zaurgmk019@gmail.com](mailto:zaurgmk019@gmail.com)



**С.Я. ГЕЙДАРЛЫ<sup>2</sup>**,  
научный сотрудник,  
докторант,  
[qocayeva.91@gmail.com](mailto:qocayeva.91@gmail.com)

<sup>1</sup>СОКАР, «НИПИ НЕФТЕГАЗ»,  
Азербайджан, Аз1006, г. Баку, ул. Г. Зардаби 88а

<sup>2</sup>ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА,  
Азербайджан, Баку, AZ1143, пр. Г. Джавида, 119

*В статье определены свойства тектонических разломов на примере месторождения банка Дарвина, которое имеет сложное геологическое строение и характеризуется многочисленными тектоническими нарушениями. Эту особенность тектоники следует учитывать при освоении запасов месторождений и подготовке проектов разработки.*

*При этом должны быть проведены геолого-промысловые, гидродинамические и геолого-математические исследования. Характер разломов в промысловых условиях, определяется: по кривой восстановления давления, изотопно-интерференционными испытаниями и т.д. Кроме того, широко изучаются сходства и различия месторождений нефти и газа, тектонических блоков, объектов разработки. Однако определение степени подобия по какому-либо параметру месторождения не в полной мере отражает сравнение эксплуатационных объектов. Поэтому следует использовать комплексные геолого-промысловые данные месторождений или тектонических блоков, при этом каждый тектонический блок месторождения рассматривается как многомерный объект и классифицируются с помощью специально разработанных моделей. К информативным факторам относятся гидрехимические условия пластов, пластовое давление, вязкость нефти, удельный вес и т.д.*

*В исследовании использованы данные 25 скважин, пробуренных на тектонических блоках 4, 5, 6, 6а, 7, 8 месторождения Банка Дарвина (текущее пластовое давление, вязкость нефти, плотность нефти и степень минерализации пластовой воды). С использованием параметрических критериев (Стьюдента, Фишера) в геолого-математических исследованиях установлены, свойства нарушений ограничивающих тектонические блоки.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** месторождение, тектонический блок, запас, скважина, кластерный анализ, тектонический разлом.

## ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР НЕГІЗІНДЕ ТЕКТОНИКАЛЫҚ БҰЗЫЛУЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ

**В.М. СУЛЕЙМАНОВА**<sup>1</sup>, геология-минералдық ғылымдардың кандидаты, заместитель, зертхана меңгерушісі, [vefa\\_ferid@mail.ru](mailto:vefa_ferid@mail.ru)

**С.О. ГЕЙДАРЛЫ**<sup>1</sup>, геолог, докторант, [servan.heydarli@gmail.com](mailto:servan.heydarli@gmail.com)

**З.А. ГУЛИЙЕВ**<sup>1</sup>, инженер, [zaurgmk019@gmail.com](mailto:zaurgmk019@gmail.com)

**С.Я. ГЕЙДАРЛЫ**<sup>2</sup>, ғылыми қызметкер, докторант, [qocayeva.91@gmail.com](mailto:qocayeva.91@gmail.com)

<sup>1</sup>СОКАР, «НИПИ НЕФТЕГАЗ»,  
Әзірбайжан, Аз1006, Баку қ., Г.Зардаби к-сі 88а

<sup>2</sup>ӘЗІРБАЙЖАН ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕОФИЗИКА ИНСТИТУТЫ  
Әзірбайжан, Баку, AZ1143, Г.Джавид даңғ, 119

*Мұнай мен газ кен орындарында дизъюнктивті ақаулардың болуын және олардың сұйықтықтарды таратудағы рөлін ескере отырып, игеру процесінде өзгеру ерекшеліктерін зерттеу бірінші орынға шығады. Осы тұрғыдан алғанда, мақалада күрделі геологиялық құрылымы бар және көптеген тектоникалық бұзылулармен сипатталатын Дарвин Банкі кен орнының мысалында тектоникалық ақаулардың қасиеттері анықталған. Тектониканың бұл ерекшелігі кен орындарының қорларын игеру және игеру жобаларын дайындау кезінде ескерілуі керек.*

Бұл ретте геологиялық-кәсіпшілік, гидродинамикалық және геологиялық-математикалық зерттеулер жүргізілуі тиіс. Кәсіптік жағдайдағы ақаулардың сипаты мынадай жағдайда анықталады: қысымды қалпына келтіру қисығы, изотоптық-интерференциялық сынақтар және т.б. сонымен қатар, мұнай мен газ кен орындарының, тектоникалық блоктардың, игеру объектілерінің ұқсастықтары мен айырмашылықтары кеңінен зерттеледі. Алайда, кен орнының кез келген параметрі бойынша ұқсастық дәрежесін анықтау пайдалану объектілерін салыстыруды толық көрсетпейді. Сондықтан кен орындарының немесе тектоникалық блоктардың кешенді геологиялық-кәсіптік деректерін пайдалану керек, бұл ретте кен орнының әрбір тектоникалық блогы көпөлшемді объект ретінде қарастырылады және арнайы әзірленген модельдердің көмегімен жіктеледі. Ақпараттық факторларға қабаттардың гидрхимиялық жағдайлары, қабат қысымы, мұнайдың тұтқырлығы, меншікті ауырлық және т.б. жатады.

Зерттеуде Дарвин Банкі кен орнының 4, 5, 6, 6а, 7,8 тектоникалық блоктарында бұрғыланған 25 ұңғыманың деректері (ағымдағы қабат қысымы, мұнайдың тұтқырлығы, мұнайдың тығыздығы және қабат суының минералдану дәрежесі) пайдаланылды. Геологиялық-математикалық зерттеулерде параметрлік критерийлерді (Стьюден, Фишер) пайдалана отырып, тектоникалық блоктарды шектейтін бұзылулардың қасиеттері анықталды.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** кен орны, тектоникалық блок, қор, ұңғыма, кластерлік талдау, тектоникалық ақаулық.

## DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF TECTONIC FAULTS BASED ON GEOLOGICAL AND MATHEMATICAL STUDIES

V.M. SULEYMANOVA<sup>1</sup>, PhD, laboratory deputy director, vefa\_ferid@mail.ru

S.O. HEYDARLI<sup>1</sup>, Geologist, PhD student, servan.heydarli@gmail.com

Z.A. GULIYEV<sup>1</sup>, engineer, zaurgmk019@gmail.com

S.Y. HEYDARLI<sup>2</sup>, researchassistant, PhD student, qocayeva.91@gmail.com

<sup>1</sup>SOCAR, "OIL GAS SCIENTIFIC RESEARCH PROJECT" INSTITUTE,  
Azerbaijan, az 1006, Baku, st. H. Zardabi 88a

<sup>2</sup>INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS  
OF AZERBAIJAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES,  
Azerbaijan, Baku, AZ1143, H.Javid av., 119

*As in all fields of science, in geology it is very important to study the degree of similarity or diversity of deposits and their layers.*

*The similarity or diversity of the deposits should be realized using the values of their complex parameters (collector indicators, physico-chemical properties of formation fluids, energy properties, etc.). In this case, the field or layer is considered a multidimensional object and is classified using specially designed models.*

*There are many methods of classification in geology. The most commonly used are cluster, factor and discriminant analysis. In the article, with the help of cluster analysis, a grouping operation of similar objects was carried out on the example of Kalin suite of the Darwin bank field. When applying cluster analysis, it should be checked whether there is a relationship between the data carrier parameters. When there is a dependence between the parameters, some errors occur as a result of the classification. Therefore, this method can be used as an express method.*

*The functions of tectonic faults are subject to change during the development process. Declined faults can lose their function in the oil extraction process and become conductive or vice versa. Based on this, the article identifies the characteristics of tectonic faults in the example of the Darwin bank deposit, which has a complex geological structure and is characterized by numerous tectonic faults. For this purpose, the opportunities of cluster analysis were used. It should be noted that the application of identical development systems in fields characterized by the same type of tectonic faults is affordable and economically efficient.*

**KEY WORDS:** field, block, reserve, well, cluster analysis, tectonic fault



В тектоническом отношении поднятие имеет брахиантиклинальную форму, длиной 13,5 км и шириной 3,5 км. Структура осложнена наличием нескольких продольных и поперечных нарушений. Структура разделена, пересекающими свод, крупными продольными разломами 3, 4, 5, 6 и 7 и несколькими поперечными разломами, на шесть тектонических зон (рисунк 2) [7,8].

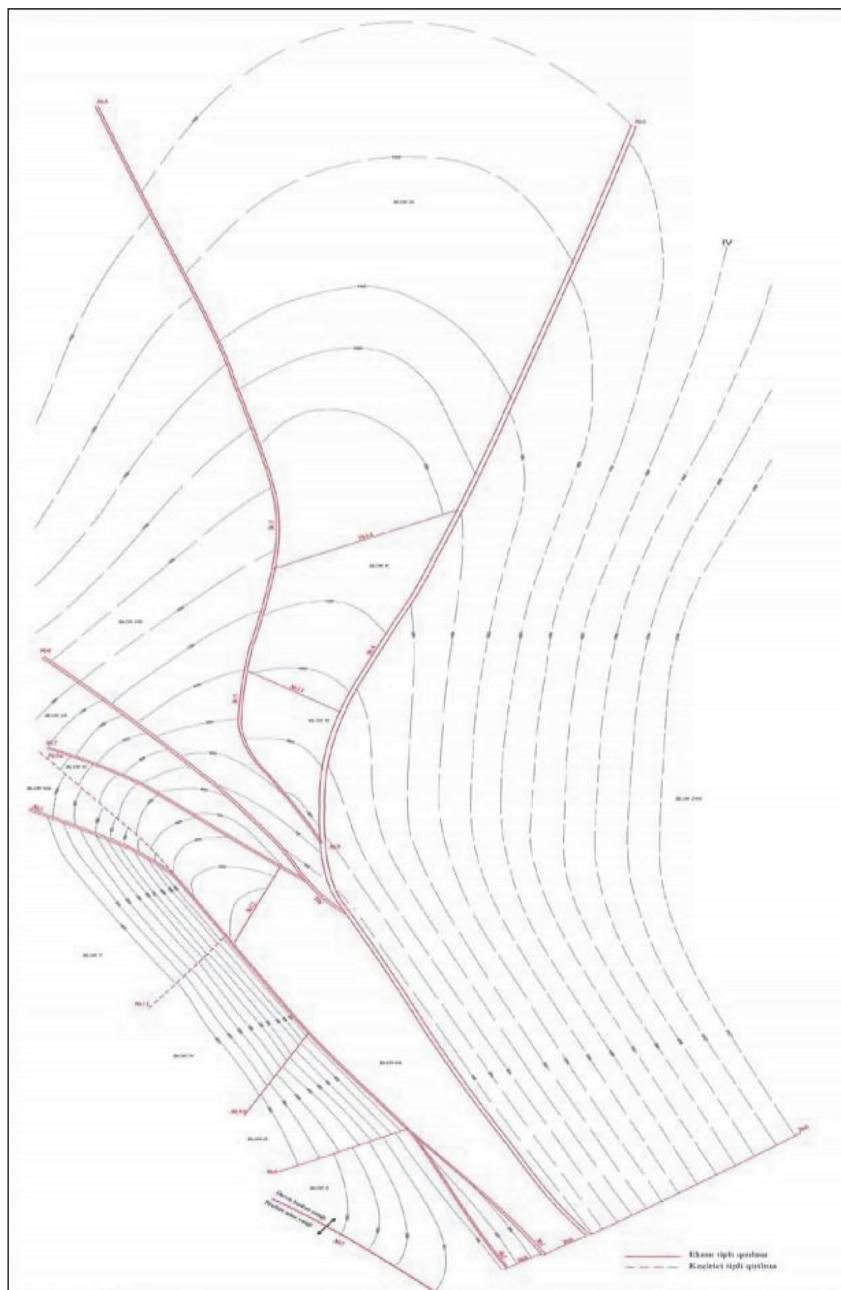


Рисунок 2 – Структурная карта горизонта КС месторождения банка Дарвина

Имеется 5 участков на территории месторождения - северо-восточный, северный, центральный, южный, юго-восточный были введены в эксплуатацию после полного изучения нефтегазоносности и бурения большого количества скважин (более 700). В сводовой части месторождения были прекращены буровые работы ввиду выклинивания ПК и КС [9,10].

**Результаты и обсуждение.** Во всех случаях задача определения характера свойств тектонических нарушений требует должного внимания и разрешения, которое возможно достичь только в результате анализа геолого-промысловых данных и гидродинамических исследований. Наличие достаточного количества геолого-геофизических данных на начальном этапе разработки дает возможность изучить свойства дизъюнктивных разломов, путем сопоставления абсолютных гипсометрических значений глубины залегания пласта, амплитуды разломов, водонефтяного, газонефтяного контуров соседних тектонических блоках [11].

В процессе разработки может произойти изменение свойств разломов: экранированные разломы перейти в проводящие и наоборот. Также характер нарушений в тектонических блоках может меняться в зависимости от степени разработки пластов, гидродинамических балансов и т.д. Для проведения рациональной разработки требуется своевременное обнаружение таких изменений. С этой целью выполняются геолого-промысловые, гидродинамические и геолого-математические исследования [12-16].

Характер трещин (проводящие или экранированные), влияющий на эффективную разработку месторождений, определяется кривыми восстановления давления (КВД) в промысловых условиях, изотопно-интерференционными испытаниями и др. [3]. Вместе с тем широко исследуется сходства и различия нефтегазовых месторождений, тектонических блоков и объектов разработки. Однако, определение степени сходства по какому-либо одному параметру месторождения, не отображает полностью сопоставимость пластов. Поэтому при проведении исследований необходимо использовать комплексные геолого-промысловые данные сопоставимых месторождений или тектонических блоков.

В этом случае каждый тектонический блок месторождения рассматривается как многомерный объект и классификация осуществляется по специально разработанным моделям. Среди информированных факторов выступают гидрохимический характер пластов, пластовое давление, вязкость нефти, удельный вес. Решение вопроса основано на следующем соображении:

Однотипное геологическое строение, одинаковые значения физико-химических свойств пластовых флюидов и давления в процессе разработки двух и более тектонических участков, указывают на проводимый тип тектонических нарушений, резко отличающиеся – на экранированный тип. Безусловно, полученные результаты должны соответствовать текущим показателям разработки исследуемого месторождения. Для решения поставленной задачи на всех тектонических участках месторождения анализируются пробы воды и нефти, отобранные из скважин, эксплуатируемых в текущий период (по скважинам регистрируются пластовые давления и суточные дебиты).

В статье использовались значения данных по 25 скважинам (текущее пластовое давление, вязкость нефти, плотность нефти и степень минерализации пласто-

вой воды), пробуренным на тектонических блоках № 4, 5, 6, 6а, 7, 8 месторождения банка Дарвина, выступающего в качестве объекта исследования.

**Выводы.** Был проведен кластерный анализ по скважинным данным, приведенным в *таблице (рисунок 3)*. Как видно из результатов кластерного анализа, разломы между тектоническими блоками IV, V и VI, VIa характеризуются проводящими

Таблица 1 – Распределение параметров по тектоническим блокам

	IV	V	VI	VIa	VII	VIII
Эффективная толщина, м	24	22	17	16	19	21
Коэффициент пористости	0.26	0.25	0.24	0.23	0.24	0.21
Проницаемость, мД	153	180	243	243	210	240
Коэффициент нефтенасыщенности	0.62	0.64	0.68	0.69	0.71	0.73
Вязкость нефти, мПа·с	1	1	1	1	1	1
Плотность нефти, г/см <sup>3</sup>	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925
Начальное пластовое давление, МПа	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
Текущее пластовое давление, МПа	5.6	5.8	5.7	5.8	5.6	6
Конечный коэффициент добычи нефти	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

свойствами. При наличии таких трещин наблюдается свободное перетекание нефти, газа и воды (в том числе закачиваемой в пласт) из одного блока месторождения в другой (соседний блок). Тектонический разрыв же между VII и VIII блоками относится к экранированному типу. Переток жидкости между этими участками, как правило, не наблюдается. По этой причине их запасы подсчитываются отдельно и применяются отдельные системы разработки. Также следует отметить, что границы тектонических нарушений играют очень важную роль в образовании и формировании нефтяных месторождений.

На месторождениях, характеризующихся проводящими свойствами тектонических нарушений, целесообразно применение идентичных систем разработки. Реализация таких проектов также рациональна экономически. Учитывая, что основным показателем месторождений являются их запасы, необходимо принимать во внимание эту особенность тектоники при освоении ресурсов месторождений. Таким образом, предлагаемый метод, как и другие геолого-математические методы, может быть использован с целью изучения характера тектонических нарушений и иметь высокую достоверность полученных результатов. 

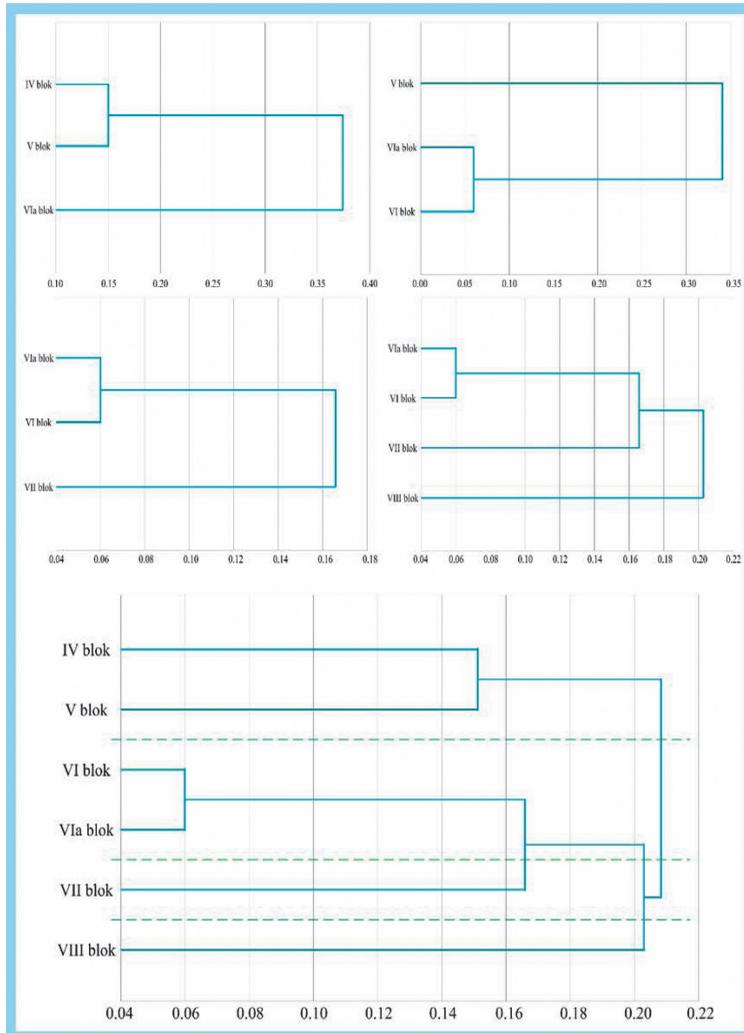


Рисунок 3 – Кластерный анализ по тектоническим блокам

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А. Петрофизические особенности глубокозалегающих коллекторов Апшеронского и Бакинского архипелагов // Пермский журнал нефтегазового и горного машиностроения. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 25-37. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2019.3.1> [Gurbanov V.SH., Sultanov L.A. Petrofizicheskie osobennosti glubokozalegayushchih kollektorov Apsheronского i Bakinskogo arhipelagov // Permskij zhurnal neftegazovogo i gornogo mashinostroeniya. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 25-37. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2019.3.1>]
- 2 Гурбанов В.Ш., Султанов Л.А., Гулуева Н.И. Анализ петрофизических исследований глубокозалегающих нефтегазовых коллекторов сухопутных и морских месторождений Азербайджан // Пермский журнал нефтегазового и горного машиностроения. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 204-213. <https://doi.org/10.15593/2712-8008/2020.3.1> [Gurbanov V.SH.,

- Sultanov L.A., Gulueva N.I. Analiz petrofizicheskikh issledovaniy glubokozalezgayushchih neftegazovykh kollektorov suhoputnyh i morskikh mestorozhdenij Azerbajdzhana // Permskij zhurnal neftegazovogo i gornogo mashinostroeniya. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 204-213. <https://doi.org/10.15593/2712-8008/2020.3.1>
- 3 Кириллова В.В., Ткачев Ю.Л. Статистика кластеров в совокупности случайно размещенных точек // Там же. С. 388-390. [ Kirillova V.V., Tkachev YU.L. Statistika klasterov v sovokupnosti sluchajno razmeshchennyh toчек // Tam zhe. S. 388-390.]
  - 4 Корнеева Л.В., Карлинская Р. Р. Кластерный анализ бинарных признаков и признаков, характеризующихся качественными градациями // Тр. Тбил. ун-та. – 1987. – С. 229-243. [Korneeva L.V., Karlinskaya R. R. Klasternyj analiz binarnyh priznakov i priznakov, harakterizuyemykh kachestvennymi gradაციями // Tr. Tbil. un-ta. – 1987. – S. 229- 243.]
  - 5 Дюран Б., Одел П. Кластерный анализ. - М.: Статистика, 1977. - 185 с. [Dyuran B., Odel P. Klasternyy analiz. - M.: Statistika, 1977. - 185 s.]
  - 6 Иванченков В.П., Козлов А.А. Классификация типов геологического разреза методами кластерного анализа по данным сейсмических наблюдений // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318, № 1. – С. 42-46. [Ivanchenkov V.P., Kozlov A.A. Klassifikaciya tipov geologicheskogo razreza metodami klasterного analiza po dannym sejsmicheskikh nablyudenij // Izvestiya Tomского politexnicheskogo universiteta. – 2011. – Т. 318, № 1. – S. 42-46.]
  - 7 Салманов А.М., Эминов А.Ш., Абдуллаева Л.А. Современное состояние разработки нефтяных месторождений Азербайджана и геолого-промысловые показатели. – Баку, 2015. – С. 8-15. [Salmanov A.M., Eminov A.SH., Abdullayeva L.A. Sovremennoye sostoyaniye razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy Azerbaydzhana i geologo-promyslovyye pokazateli. – Baku, 2015. - S. 8-15.]
  - 8 Ахмедов Э.Х. Новый метод определения структурно-тектонических характеристик залежей нефти и газа // Геофизические инновации в Азербайджане. – 2020. – № 1-2. – С. 50-54. [Ahmedov E.H. Novyj metod opredeleniya strukturno-tektonicheskikh harakteristik zalezhej nefти i gaza // Geofizicheskie innovacii v Azerbajdzhane. – 2020. – № 1-2. – S. 50-54.]
  - 9 Хейдерли С.О. Уточнение структурно-тектонического строения и геологические риски в оценивании запасов месторождения Дарвин купеси // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2022. – № 3. – С. 4-9. [Kheyderli S.O. Utochneniye strukturno-tektonicheskogo stroyeniya i geologicheskkiye riski v otsenivanii zapasov mestorozhdeniya Darwin kyupesi // Azerbaydzhanskoye neftyanoye khozyaystvo. – 2022. – № 3. – S. 4-9.]
  - 10 Джафаров Р.Р., Гаджиев С.С. К выявлению новых тектонических блоков и стратиграфических разрезов на месторождениях, находящихся на завершающей стадии разработки (на примере банка Дарвин и месторождений Пираллахи) // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2020. – № 9 – С. 5-10. [Dzhafarov R.R., Gadzhiyev S.S. K vyavleniyu novykh tektonicheskikh blokov i stratigraficheskikh razrezov na mestorozhdeniyakh, nakhodyashchikhsya na zavershayushchey stadii razrabotki (na primere banka Darwin i mestorozhdeniy Pirallakhi) // Azerbaydzhanskoye neftyanoye khozyaystvo. – 2020. – № 9 – S. 5-10]
  - 11 Багиров В.А. Геологические основы доразработки нефтяных залежей. – Баку: Элм, 1986. – С. 99-109. [Bagirov V.A. Geologicheskie osnovy dorazrabotki neftyanykh zalezhej. – Baku: Elm, 1986. – S. 99-109.]
  - 12 Хенн Н., Квинтар М., Бурбио Б., Сактикумар С. Моделирование проводящих разломов с помощью многомасштабного подхода // Нефтегазовая наука и технологии. – 2004. – Т. 59, № 2. – С. 87-96. <https://doi.org/10.2516/ogst:2004015> [Henn N., Kvintar M., Burbio B., Saktikumar S. Modelirovaniye provodyashchih razlomov s pomoshch'yu

- mnogomasshtabnogo podhoda // Neftegazovayanauka i tekhnologii. – 2004. – Т. 59, № 2. – С. 87-96. <https://doi.org/10.2516/ogst:2004015>]
- 13 Газли М.Ф., Коллинз К.С., Роберстон Дж. и др.Б.Р. Применение анализа главных компонентов и кластерного анализа в разведке полезных ископаемых и горной геологии / Ежегодная конференция новозеландского отделения AusIMM. Баку, 2015. – С. 131-139. [Gazli M.F., Kollinz K.S., Roberston Dzh. i dr.B.R. Primenenie analiza glavnyh komponentov i klasternogo analiza v razvedke poleznyh iskopaemyh i gornoj geologii / Ezhegodnaya konferenciya novozelandskogo otdeleniya AusIMM. Baku, 2015. – S. 131-139.]
  - 14 Фанг Ю., Ван Дж. Выбор количества кластеров с помощью метода начальной загрузки // Вычислительная статистика и анализ данных. – 2012. – № 56. – С. 468-477. [Fang Yu., Van Dzh. Vybora kolichestva klasteroi s pomoshch'yu metoda nachal'noj zagruzki // Vychislitel'naya statistika i analiz dannyh. – 2012. – № 56. – S. 468-477.]
  - 15 Ткачев Ю.А. Основания многомерного кластерного анализа в геологии // Вестник института геологии Коминачного центра Уральского отделения РАН – 2019. – № 2. <https://doi: 10.19110/2221-1381-2019-2-44-52> [Tkachev YU.A. Osnovaniya mnogomernogo klasternogo analiza v geologii // Vestnik instituta geologii Kominauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN – 2019. – № 2. <https://doi: 10.19110/2221-1381-2019-2-44-52>]
  - 16 Кириллова В.В., Ткачев Ю.Л. Кластер: от термина свободного пользования к статистически обоснованному объекту I / Материалы минералогического семинара «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии». – Сыктывкар, 2013. С. 385-388. [Kirillova V.V., Tkachev YU.L. Klaster: ot termina svobodnogo pol'zovaniya k statisticheski obosnovannomu ob"ektu I / Materialy mineralogicheskogo seminara «Sovremennyye problemy teoreticheskoy, eksperimental'noj i prikladnoj mineralogii». – Syktyvkar, 2013. S. 385-388.]