Оригинальная статья / Original Paper

https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5-152-158

Особенности геологической характеристики строения эвапоритовой формации Амударьинского нефтегазоносного бассейна

А.Р. Деряев ✉
Научно-исследовательский институт природного газа ГК «Туркменгаз», г. Ашгабат, Туркменистан
✉ annagulyderyayew@gmail.com

Резюме: Цель исследования – анализ основных характеристик геологического строения эвапоритовой формации в Амударьинском нефтегазоносном бассейне, чтобы расширить знания о геологической и экологической истории региона и выявить потенциал этих отложений для различных сфер применения. Для данного исследования были использованы методы геологической картировки, анализа минералогического состава пород, стратиграфического анализа и геохимических исследований. В результате было обнаружено, что эвапоритовая формация в Амударьинской синеклизе состоит главным образом из соляных и сульфатных пород с характерной кристаллической и мелкозернистой текстурой. Данное строение формируется под воздействием процессов высокого испарения воды в прошлом, что является ключевым фактором для понимания ее генезиса. Геологический анализ выявил наличие геоморфологических элементов, таких как соляные озера и солончаки, которые отражают историю изменений климатических и тектонических условий в данной области. Эти характеристики геологического строения эвапоритовой формации являются важными для глубокого понимания ее эволюции в геологическом времени и определения ее потенциала в различных аспектах, включая экологические, экономические и научные приложения. Понимание процессов формирования эвапоритов позволяет лучше оценить экологические аспекты, связанные с этими отложениями, и разработать эффективные стратегии управления природными ресурсами региона. Такое исследование дополняет общее научное знание о процессах геологического развития и может стать основой для будущих исследований в области геологии, экологии и геохимии данного региона.

Ключевые слова: геологическое строение, эвапоритовая формация, геологические исследования, осадочные породы, минералы, экологическая среда

Для цитирования: Деряев А.Р. Особенности геологической характеристики строения эвапоритовой формации Амударьинского нефтегазоносного бассейна. *Горная промышленность.* 2025;(5):152–158. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5-152-158

Specific features in the geological structure of the evaporite formation of the Amu-Darya oil and gas basin

A.R. Deryaev ✉
State Concern "Turkmengaz", Ashgabat, Turkmenistan
✉ annagulyderyayew@gmail.com

Abstract: The objective of the study was to analyze the main features in the geological structure of the evaporite formation in the Amu-Darya oil and gas basin in order to improve our understanding of the geological and environmental history of the region and to identify the potential of these deposits for various applications. Geological mapping, analysis of the mineral composition of the rocks, stratigraphic analysis, and geochemical studies were used in this study. The results showed that the evaporite formation in the Amu-Darya syncline consists mainly of the salt and sulfate rocks with a distinctive crystalline and fine-grained texture. This structure was formed under the impact of intensive water evaporation processes in the past, which is a key factor in understanding its genesis. Geological analysis has revealed the presence of geomorphological features such as salt lakes and salt marshes, which reflect the history of climatic and tectonic changes in the region. These features in the geological structure of the evaporite formation are important for a deeper understanding of its evolution over geological time and for determining its potential in various aspects, including environmental, economic, and scientific applications. Understanding the evaporite formation processes makes it possible to better assess the environmental aspects associated with these deposits and develop efficient strategies for managing the region's natural resources. Such a kind of research complements the general scientific knowledge of geologic development processes and can serve as a basis for future studies in the fields of geology, ecology, and geochemistry in this region.

Keywords: geological structure, evaporite formation, geological research, sedimentary rocks, minerals, ecological environment

For citation: Deryaev A.R. Specific features in the geological structure of the evaporite formation of the Amu-Darya oil and gas basin. *Russian Mining Industry.* 2025;(5):152–158. (In Russ.) https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-5-152-158

Введение

Целью данного исследования является анализ основных характеристик геологического строения эвапоритовой формации в Амударьинском нефтегазоносном бассейне, чтобы расширить знания о геологической и экологической истории региона и выявить потенциал этих отложений для различных сфер применения. В результате исследования было обнаружено, что эвапоритовая формация в Амударьинской синеклизе состоит главным образом из соляных и сульфатных пород с характерной кристаллической и мелкозернистой текстурой. Эти результаты указывают на процессы высокого испарения воды в прошлом, которые способствовали образованию данных отложений. Кроме того, исследование подтвердило наличие геоморфологических проявлений эвапоритов, таких как соляные озера и солончаки, что подчеркивает их значение для экологической и геологической истории региона. Также был выявлен экономический потенциал эвапоритов как источника полезных ископаемых, что делает их важным объектом изучения не только с научной, но и с практической точки зрения для различных отраслей промышленности. Дополнительно было выявлено, что стратиграфическое положение эвапоритовой формации указывает на периодические изменения в условиях соленакопления, связанные, вероятно, с климатическими колебаниями или тектонической активностью в регионе. Такие выводы обогащают понимание процессов формирования отложений в данной синеклизе и их динамики в геологическом времени, что имеет значение для реконструкции истории этой области.

Исследование также подчеркивает необходимость дальнейших исследований в области геологии и геоморфологии Амударьинской синеклизы для более полного понимания процессов формирования и динамики эвапоритовых отложений, а также их роли в современных экологической и экономической сферах региона. Практическое значение данного исследования заключается в создании основы для разработки более эффективных стратегий управления природными ресурсами, основанных на понимании геологических процессов формирования эвапоритовых отложений в Амударьинской синеклизе, что имеет ключевое значение для устойчивого развития экологических и экономических систем региона [1; 2].

Задачи:

1. Исследование геологического строения эвапоритовой формации Амударьинской синеклизы с целью более детального анализа ее генезиса и эволюции, включая изучение процессов образования отложений и динамики изменений в геологическом времени.

2. Оценка потенциала эвапоритовых отложений для различных сфер применения, включая их экономическое значение в промышленности, а также возможности использования в сельском хозяйстве, строительстве и других отраслях.

3. Анализ экологического значения эвапоритовой формации и ее влияния на окружающую среду региона с учетом возможных рисков и пользы для природы и человека.

Материалы и методы

Амударьинская синеклиза находится в наиболее опущенной части Туранской плиты, где происходит сочленение этой платформы с Тянь-Шанским и Афгано-Памирским альпийскими эпиплатформенными орогенами.

Геологическая картировка представляла собой методический подход, основанный на систематическом обследовании земной поверхности с целью установления геологических характеристик региона. Развертывание этого метода включало в себя следующие шаги: детальное обследование территории, определение геологических структур, типов пород, их распространения и отношений друг к другу. Проведены полевые работы, в рамках которых изучался ландшафт, горные образования, речные долины и другие элементы рельефа для составления карты и оценки общей геологической структуры региона. На основе полученных данных были классифицированы породы по их составу, текстуре, цвету и другим характеристикам. Геологическая карта также отражала распределение различных типов пород на поверхности земли и их взаимосвязь друг с другом, что помогало понять историю формирования региона и прогнозировать наличие полезных ископаемых или других геологических ресурсов. Таким образом, геологическая картировка была важным инструментом для геологических исследований, который позволял получить детальное представление о строении и эволюции земной коры в конкретном регионе.

Анализ минералогического состава пород проводился путем изучения минерального состава эвапоритовой формации с целью определения преобладающих минералов, их текстур и характеристик. Этот анализ позволил определить ключевые минералы, составляющие эвапоритовую формацию, и оценить их роль в процессах образования отложений. Текстурный анализ давал представление о структуре породы, а характеристики минералов (например, их кристаллическая форма, цвет, прозрачность) указывали на условия осаждения и историю породообразующих процессов. Этот подход помогал более глубоко понять генезис эвапоритовой формации и ее свойства, что имело важное значение для научных и практических приложений в геологии, экологии, горнодобывающей и строительной промышленности.

Стратиграфический анализ осуществлялся путем оценки вертикального и горизонтального распределения слоев эвапоритов и сопутствующих горных пород с целью определения хронологии их образования и эволюции. В процессе исследования анализировались последовательность и структура слоев, их местоположение относительно других слоев и горных формаций, а также проводилось сопоставление с данными других месторождений или регионов. Оценка вертикального распределения позволила установить последовательность формирования слоев в геологическом времени, а горизонтальное распределение дало представление о пространственных отношениях между отложениями. Эти данные помогли уточнить возраст пород и определить историю их накопления, включая изменения в окружающей среде, климатические факторы и геодинамические процессы. Стратиграфический анализ является важным инструментом для реконструкции геологической истории региона и понимания процессов, приведших к формированию эвапоритов и сопутствующих пород. Эти данные имеют значение не только для фундаментальных научных исследований, но и для практического использования в геологии, горнодобывающей промышленности и оценке природных ресурсов.

Геохимические исследования проводились путем анализа химического состава образцов пород с целью выявления содержания различных элементов, их распределения в различных частях формации, а также их геохимических свойств и характеристик. В ходе исследований анализировались образцы пород на содержание химических элементов, таких как металлы, минералы, органические вещества и другие составляющие. Это позволило определить химический состав породы и выявить особенности ее состава в различных точках формации. Изучение распределения элементов в различных частях формации позволило понять процессы, происходившие в геологическом прошлом, например, условия осаждения пород или изменения в окружающей среде. Геохимические свойства и характеристики элементов также играли важную роль при анализе влияния пород на окружающую среду, включая аспекты экологии и геохимии. Такие геохимические исследования были важным инструментом для понимания геологических процессов, происходивших в формации, и имели широкое практическое применение в геологии, экологии, горнодобывающей и строительной промышленности, а также в других областях геологических исследований.

Результаты

Амударьинская синеклиза – это обширная впадина на территории Центральной Азии, в основном расположенная на территории Узбекистана. Этот регион характеризуется разнообразными геологическими формациями, в том числе эвапоритовыми отложениями. Эвапориты представляют собой осадочные породы, образовавшиеся в результате высокого испарения воды из морей или озер, что привело к образованию минеральных отложений, таких как соли и сульфаты. Эти отложения часто имеют характерные текстурные и структурные особенности, которые отражают процессы и условия их образования, что делает их интересными объектами изучения для геологов [3].

Проблема успешного строительства и заканчивания скважин в соленосных отложениях все еще остается актуальной и экономически целесообразной не только для Восточной Туркмении и Западного Узбекистана, но и также для других регионов, где соленосные отложения являются значительным геологическим ресурсом. Необходимость разработки эффективных технологий и методов добычи и управления этими отложениями становится особенно важной в условиях растущего спроса на соль и другие полезные компоненты, которые могут быть извлечены из этих пород. Успешное решение проблемы строительства и эксплуатации скважин в соленосных отложениях также имеет большое значение для устойчивого развития региона, обеспечивая не только экономические выгоды, но и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду при добыче и переработке полезных ископаемых [4].

Амударьинская синеклиза расположена в наиболее опушенной части Туранской плиты, в зоне ее сочленения с Тянь-Шанским и Афгано-Памирским альпийскими эпиплатформенными орогенами. Соленосные отложения относятся к кимеридж-титонскому возрасту.

Глубина залегания кровли кимеридж-титонских отложений достигает 3,5–4,0 км в наиболее погруженной части Бешкентского прогиба и на территории, примыкающей с севера к Патлыкской межбассейновой зоне. Мощность их в погруженной части бассейна до 1200 м. Разрез соленосной серии состоит из пяти свит: нижней – карбонатно-ангидритовой, далее – нижней галитовой, затем – карбонатной, верхней галитовой и, наконец, перекрывающей соленосный разрез – карбонатно-ангидритовой. Состав свит от центра к периферии изменяется, причем резкие изменения наблюдаются по разрезу верхней свиты. В целом слагает разрез преимущественно бесцветная крупнокристаллическая соль, ближе к кровле встречается буровато-красный кристаллический галит, а разрез обогащается прослоями ангидрита и терригенного материала. Насыщенность разрезов галитом в среднем составляет 65–70%, ангидритом – 25–30, карбонатными породами – 10 % [5].

Несмотря на развитие мощных (свыше 200 м) пачек «чистых» галогенных пород на большей части Амударьинского региона, соленосная серия находится в нормальном пластовом залегании и не образует специфических соляно- купольных форм. Структура подсолевых отложений обычно идентична или подобна структуре в надсолевом комплексе. В отдельных случаях наблюдается смещение сводов подсолевых отложений по отношению к надсолевым. Это происходит вдоль длинной оси локальных поднятий; на крыльях же поднятий такое явление не наблюдается. Свод локальных поднятий в подсолевых отложениях смещается в сторону регионального подъема слоев и уменьшения мощности соленосной толщи. Такие явления обусловлены пластическими свойствами соленосного разреза. Структуры с явно выраженной соляной тектоникой в Амударьинской синеклизе развиты лишь вдоль Палеоамударьинского и Палеомургабского эрозионных срезов.

Рассолы эвапоритовой формации. Эвапоритовую формацию в отличие от представления о ней как о региональном флюидоупоре рассматриваем как водонапорный комплекс закрытого типа, понимая под этим отсутствие областей питания и разгрузки. Факты свидетельствуют о наличии в разрезе эвапоритовой формации двух типов залегания рассолов: в породах-коллекторах и неколлекторах. В первых – рассолы заключены в пластах-резервуарах, сложенных проницаемыми карбонатными, терригенными породами. Это так называемые водонапорные горизонты, которые имеют региональное площадное распространение, контролируемое слагающими их проницаемыми породами [6].

Наряду с водопроявлениями, связанными с пластами-резервуарами, в эвапоритовом комплексе вскрываются водопроявления непосредственно в соляно-ангидритовых отложениях, являющихся флюидоупорами. Эти водопроявления имеют локальное спорадическое распространение и тяготеют к системам трещин. Среди них в силу принципиальных различий прогнозирования водопроявления следует выделить две системы трещин: первого порядка,

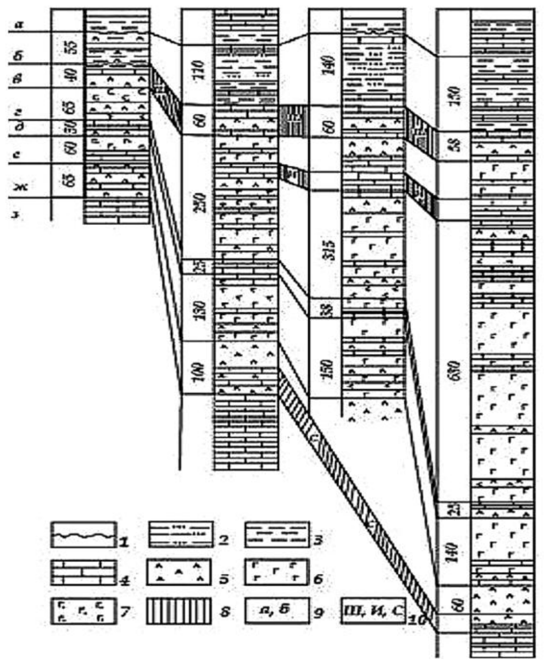

Рис. 1
Схема сопоставления разрезов эвапоритовой формации:
1 – межформационный размыв;
2 – алевролиты;
3 – глины;
4 – известняки;
5 – ангидриты;
6 – соли;
7 – соли с примесью терригенных частиц;
8 – водоносный горизонт;
9 – формации и возраст отложений:
а – берриас-барремский ярус (терригенно-красноцветная формация);
б – титонский ярус (карабильская свита):
в–ж – свиты кимеридж-титонского яруса (эвапоритовая формация);
в – верхняя ангидрит-карбонатная;
г – верхняя галитовая;
д – средняя ангидритовая;
е – нижняя галитовая;
ж – карбонатно-ангидритовая;
з – оксфордский ярус (карбонатная формация);
10 – водоносные горизонты:
ш – шараллинский,
и – иолотанский,
с – сакарский

Fig. 1
A diagram comparing cross-sections of the evaporite formation:
1 – interformation washout;
2 – siltstones;
3 – clays;
4 – limestones;
5 – anhydrites;
6 – salts;
7 – salts mixed with terrigenous particles;
8 – aquifer;
9 – formations and age of the sediments:
а – the Berriasian-Barremian stage (terrigenous red formation);
б – the Tithonian stage (Karabil suite):
в–ж – suites of the Kimmeridgian-Tithonian stage (evaporite formation);
в – upper anhydrite-carbonate;
г – upper halite;
д – middle anhydrite;
е – lower halite;
ж – carbonate-anhydrite;
з – the Oxfordian stage (carbonate formation);
10 – aquifers: ш – Sharallin, и – Yolotan,
с – Sakar

образующую линейно-вытянутые зоны разломов, и площадного развития в пределах антиклинальной структуры.

В отличие от зон разломов, являющихся следствием крупных тектонических процессов, нарушающих сплошность выше- и нижезалегающих пород эвапоритовой формации, система трещин второго порядка менее масштабна и является привилегией эвапоритовой формации. Образование ее является следствием формирования антиклинальной складки с вовлечением в складкообразование пластичных соляно-ангидритовых отложений [7].

Рассолы водонапорных горизонтов. В разрезе эвапоритовой формации четко прослеживаются водоносные пласты, разобщенные соляно-ангидритовыми отложениями, выступающими в роли флюидоупоров (рис. 1). К водоносным относятся карбонатно-терригенные отложения шараплинского горизонта, межсолевые доломиты иолотанского горизонта и подсолевые сульфатно-карбонатные отложения сакарского горизонта. Названия водоносным горизонтам даны по типовым площадям, где они были вскрыты.

Водоносные горизонты обладают всеми присущими для них признаками, позволяющими выделить их в самостоятельную таксономическую единицу [8]. Они обладают общностью химического состава рассолов и емкостно-фильтрационных свойств пород, фациальной выдержанностью и гидродинамической изолированностью, и едиными условиями формирования. Четкая приуроченность водоносного горизонта к разрезу и общность признаков дают уверенность в надежности гидрогеологической стратификации разреза [9]. Перечисленные горизонты являются водонапорными горизонтами закрытого типа.

Шараплинский водонапорный горизонт венчает эвапоритовую формацию. От вышезалегающего горизонта его изолируют глины валанжинского возраста, от нижезалегающего – верхние слои. Горизонт слагают трещиноватые ангидриты в восточной части бассейна или карбонаты с прослоями глинистых алевролитов на остальной. Для горизонта характерна малая (10–20 м) мощность в осевой зоне (Сундукли). На площадях, расположенных в южной половине бассейна, его мощность составляет 45–60 м (Каракель, Байрамали), в северной половине – 30–90 м (Фараб, Северный Балкуи).

Водоносность шараплинского горизонта установлена большим числом скважин, среди которых имеются и объекты, повлиявшие на успешность заканчивания скважин. При испытании на площадях Байрамали, Шарапли, Кели, Сев. Чешме, Мары, Вост. Шатлыка, Юж. Йолотани, Тархана притоки флюида получены только на Сев.Чешме, Кели, Шарапли, т.е. на площадях, расположенных в центральной части бассейна, где водовмещающие отложения представлены преимущественно карбонатными.

Характерно, что на большинстве площадей совместно с рассолом получены притоки нефти и газа, но они не имеют промышленного значения. Дебиты рассолов относительно небольшие: 0,35–1,43 м³/сут.

Коэффициент аномальности пластового давления (КАПД) в шараплинском горизонте в центральной части бассейна не превышает 1,3–1,5 (Шарапли, Кели); к периферии значения КАПД меньше – 1,05–1,3.

Водоносный горизонт разобщен от нижезалегающего сакарского водонапорного горизонта мощной соляно-ангидритовой толщей. Непосредственно под йолотанским водонапорным горизонтом залегают соли мощностью до 600 м. Мощность их максимальная в осевой зоне. Под солями выделяется хорошо выдержанная пачка межсолевых ангидритов. Межсолевые ангидриты в осевой зоне представлены исключительно серовато-белыми плотными ангидритами, обогащенными местами включениями и прожилками карбонатного вещества. Максимальная мощность пачки (до 200 м) прослеживается в районе Сундукли. Межсолевые ангидриты испытаны на Байрамали-2, Сев.Чешме-3, Юж. Йолотане-1, Майском-12. Притоки нигде не получены.

Заключает мощную толщу соляно-ангидритового флюидоупора нижняя галитовая пачка. Она представлена в основном бесцветным крупнокристаллическим галитом, содержащим включения и пропластки ангидрита [10]. Во внутренней части бассейна мощность пачки максимальная. Здесь восточнее Байрамали мощность до 200 м, на структурах юго-восточного окончания Чарджоуской ступени – до 200–250 м (Култак, Памук). Отсюда к северу мощность закономерно сокращается. К югу от осевой зоны бассейна до Карабильского поднятия мощность пачки изменяется от 65 до 140 м (Каракель, Байрамали). На Шатлыкском и Гаурдакском участках галиты замещаются сульфатами и сливаются с карбонатно-ангидритовой пачкой, слагающей сакарский водонапорный горизонт.

Сакарский водонапорный горизонт сложен переходными карбонатно-сульфатными породами и залегает на карбонатной формации келловей-оксфордского ярусов. Слагают пачку главным образом ангидриты, содержащие в нижней части разреза пласты продуктивных известняков и доломитов. Максимальная мощность в осевой зоне бассейна Байрамали, Сундукли – 80–130 м и на близрасположенных структурах Чарджоуской ступени и Бешкентского прогиба: Култак – 140 м, Шуртан – 100 м.

Водоносность отложений изучена почти на всех площадях северного и отдельных площадях (Сакар, Учаджи, Ходжамбас, Астанабаба, Сундукли, Самантепе и др.) южного сектора бассейна.

Верхняя часть водоносного горизонта, сложенная подсолевыми, т.е. цокольными ангидритами, была испытана на Байрамали (скв. 9, 11, 12), Сев. Чешме (скв. 2, 3), Юж. Йолотане (скв. 1, 3). Водоносность ангидритов неравномерна и обусловлена трещиноватостью. Из перечисленных площадей притоки рассолов получены на Байрамали и Юж. Йолотане. На площади Байрамали скв. 9 вскрыла воды самоизливающиеся дебитом 86,4 м^3/сут, а при испытании этих отложений в скв. 12 самоизлив не получен. На площади Юж. Йолотане получен совместный приток воды и газа соответственно дебитами 29,8 и 156 м^3/сут.

Повсеместная водоносность связана с нижезалегающей пачкой известняков с редкими прослоями ангидритов и доломитов.

Для горизонта четко установлена корреляция КАПД с мощностью формации [11]. Максимальные КАПД, до 1,8–1,9 и более, получены в районе Сундукли.

Минерализация рассолов в сакарском горизонте 160–340 г/л, что существенно меньше минерализации рассолов, заключенных в вышележащих отложениях, но больше, чем в подстилающих, где минерализация воды 95,5–101,2 г/л.

Динамика изменения минерализации рассола с глубиной прослежена на месторождении Сакар.

В эвапоритовом водонапорном комплексе выделяются три водонапорных горизонта, которые проявляются в центральной части бассейна, образуя полный объем водонапорных горизонтов. Однако к периферии бассейна йолотанский и шараплинский горизонты отсутствуют в разрезе. Это свидетельствует о характере и особенностях распространения водонапорных горизонтов, которые соответствуют фациальной зональности и условиям образования соленосной формации в данном регионе. Такое соответствие подчеркивает важность учета геологических факторов при изучении и эксплуатации водоносных комплексов в рамках геологических и инженерных работ.

Обсуждение результатов

Исследование геологического строения эвапоритовой формации Амударьинской синеклизы позволило получить ценные результаты, которые имеют важное значение для понимания геологической истории региона. Проведенный анализ основных характеристик позволил установить, что эвапоритовая формация состоит в основном из соляных и сульфатных пород с характерной кристаллической и мелкозернистой текстурой. Это указывает на процессы высокого испарения воды в прошлом, что является ключевым фактором в формировании этих отложений.

Фациальная зональность эвапоритовой формации является важным аспектом ее геологического строения. Внутри формации выделяются несколько фациальных зон, каждая из которых характеризуется определенным типом пород и особенностями их накопления. Центральная зона представлена мощными толщами солей, что указывает на высокую концентрацию солей в прошлом и интенсивное осаждение воды. Прибрежная зона отличается преобладанием карбонатных и терригенных пород, что свидетельствует более прибрежных или морских условиях осаждения. Переходная зона между центральной и прибрежной зонами характеризуется смешанным карбонатно-сульфатным составом пород, отражая переходные условия в процессе образования отложений [12]. Изучение фациальной зональности помогает понять условия образования эвапоритов и их распределение в геологическом прошлом данной области.

Эвапоритовая формация включает разнообразные литологические типы пород, которые сформировались в результате особых процессов осаждения и диагенеза. Среди основных литологических компонентов формации можно выделить соли, такие как галит, сильвинит, гипс и ангидрит, которые отражают процессы высокого испарения воды и образования солевых отложений. Кроме того, в составе эвапоритовых пород присутствуют карбонаты, такие как доломиты и известняки, а также терригенные породы, включающие песчаники, алевролиты и глины. Мощность эвапоритовой формации в данной области может достигать нескольких километров, что свидетельствует о значительном объеме отложений и важности данной формации для понимания геологической истории региона.

Геоморфологические особенности, такие как соляные озера и солончаки, могут служить своеобразными «архивами» прошлых климатических и геологических условий, что позволяет ученым реконструировать историю этого региона и оценить влияние различных факторов на его формирование [13]. Такие исследования помогают расширить знания о геологической и климатической истории региона, что важно для понимания его современного состояния и разработки эффективных стратегий управления его природными ресурсами.

Стратиграфическое положение эвапоритовой формации указывает на периодические изменения в условиях соленакопления, связанные, вероятно, с климатическими колебаниями или тектонической активностью в регионе [14]. Эти выводы обогащают понимание процессов формирования отложений в данной синеклизе и их динамики в геологическом времени, что имеет значение для реконструкции истории этой области, играет ключевую роль в экономике региона благодаря добыче различных ценных ресурсов. В частности, здесь осуществляется добыча солей, нефти, газа, а также драгоценных строительных материалов, что способствует развитию промышленности и созданию рабочих мест, а также обеспечивает экономическую устойчивость и процветание данного региона.

Тектонические процессы оказали значительное влияние на формирование эвапоритовой формации. Она залегает в складчатом чехле платформы, что свидетельствует о ее деформации под воздействием складок и разломов различного возраста и амплитуды. Эти структурные изменения в геологическом прошлом региона имели существенное значение для формирования распределения и свойств эвапоритовых отложений [15].

В контексте практического применения результаты исследования имеют важное значение для различных отраслей промышленности и науки. Например, полученные данные о составе и структуре эвапоритовой формации могут быть использованы для оптимизации процессов добычи полезных ископаемых из этих отложений. Также углубленное понимание геологического строения помогает разработать более эффективные стратегии управления природными ресурсами, что важно для устойчивого развития экологических и экономических систем региона.

Выводы

Анализ литологического состава эвапоритовой формации показал преобладание солевых пород, таких как галит, сильвинит, гипс и ангидрит. Эти находки свидетельствуют о процессах высокого испарения воды и образования солевых отложений в прошлом. Кроме того, в составе эвапоритовой формации обнаружены карбонаты (доломиты, известняки) и терригенные породы (песчаники, алевролиты, глины), что указывает на разнообразие процессов осаждения и эволюции пород.

Другим важным аспектом исследования является стратиграфический анализ, который позволил определить вертикальное и горизонтальное распределение слоев эвапоритов и сопутствующих пород. Это распределение свидетельствует о периодических изменениях в условиях соленакопления, связанных, возможно, с климатическими колебаниями или тектонической активностью в регионе. Также были выявлены геоморфологические проявления эвапоритов, включая соляные озера и солончаки, что подтверждает их важное значение для экологической и геологической истории региона.

Эвапоритовая формация играет ключевую роль в экономике региона, поскольку в ней содержатся различные ценные ресурсы. В частности, здесь добываются соли, такие как галит, сильвинит и гипс, которые широко используются в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и других отраслях. Нефть и газ также являются важными ресурсами, извлекаемыми из эвапоритовой формации, что способствует развитию нефтегазовой промышленности и энергетическому обеспечению региона.

Из проведенных исследований выявлено, что в месторождении Сакар изменение минерализации в сакарском водоносном горизонте с глубиной проявляется вариативно: например, в скважине 5 минерализация составляла 340,3 г/л на интервале 2698–2707 м, 260,9 г/л – на интервале 2731–2729 м и 238,6 г/л – на интервале 2750–2754 м, в то время как в скважине 2 она составляла 151,6 г/л на интервале 2601–2545 м, 141,9 г/л – на интервале 2754–2673 м и 93,3 г/л – на интервале 2814–2790 м. Также отмечается различие в дебите рассола и его плотности в разных скважинах: например, в скважине Байрамали 1 дебит рассола составлял 47–77 м^3/сут, с плотностью 5,52 г/см^3 и примесью 1,227, а в скважине Шарапли 3 дебит рассола был 1,43 м^3/сут, с плотностью 1,095 г/см^3. Также важно отметить присутствие различных примесей, таких как нефть и газ, в шараплинском водонапорном горизонте, что имеет важное значение для оценки потенциала месторождения и разработки соответствующих технологий добычи.

Для более полного понимания эволюции и динамики эвапоритовой формации Амударьинской синеклизы необходимо провести дополнительные исследования по анализу палеоклиматических данных, взаимосвязей с тектонической историей региона, а также глубинных геологических процессов, определяющих формирование и изменение пород в течение времени.

Список литературы / References

1. Деряев А.Р. Бурение направленной разведочной скважины в мелководье Каспия. *Горные науки и технологии*. 2024;9(4):341-351. https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-02-217
Deryaev A.R. Directional drilling of an exploratory well in the shallow waters of the Caspian Sea. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2024;9(4):341-351. https://doi.org/10.17073/2500-0632-2024-02-217

2. Деряев А.Р. Регулирование реологических свойств утяжеленных тампонажных растворов при цементировании глубоких скважин в условиях аномально высокого пластового давления. *Нефтяное хозяйство*. 2024;(5);86–90. https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-5-86-90
Deryaev A.R. Regulation of rheological properties of weighted grouting solutions during cementing of deep wells under conditions of abnormally high reservoir pressure. *Neftyanoe Khozyaystvo*. 2024;(5);86–90. (In Russ.) https://doi.org/10.24887/0028-2448-2024-5-86-90

3. Shields G.A., Mills B.J.W. Evaporite weathering and deposition as a long-term climate forcing mechanism. *Geology*. 2021;49(3):299–303. https://doi.org/10.1130/G48146.1

4. Абдуллаев Г.С., Эйдельнант Н.К., Богданов А.Н. Результаты реализации программы целенаправленных геологоразведочных работ с целью изучения палеозойского комплекса Бухаро-Хивинского региона Республики Узбекистан. *Актуальные проблемы нефти и газа*. 2020;(1):1–28. https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-28.art2
Abdullaev G.S., Eidelnant N.K., Bogdanov A.N. Results of the implementation of the program of targeted geological exploration works for the purpose of studying the Paleozoic complex of the Bukhara-Khiva region of the Republic of Uzbekistan. *Actual Problems of Oil and Gas*. 2020;(1):1–28. (In Russ.) https://doi.org/10.29222/ipng.2078-5712.2020-28.art2

5. Jin Z., Nie H. Evolution history of overpressured and normally pressured shale gas reservoirs in wufeng formation – Longmaxi Formation, Sichuan Basin, China: An analysis from the perspective of source and seal coupling mechanism. *Energy & Fuels*. 2022;36(18):10870–10885. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.2c01925

6. Kumar R., Al-Mutairi T., Bansal P., Havelia K., Ben Amor F., Farhan B. et al. Connecting the dots between geology and seismic to mitigate drilling risks: Mapping & characterization of the high pressure high temperature gotnia formation in kuwait. Paper presented at the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE, November 2021. https://doi.org/10.2118/207452-MS

7. Chang J., Li Y., Lu H. The morphological characteristics of authigenic pyrite formed in marine sediments. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022;10(10):1533. https://doi.org/10.3390/jmse10101533

8. Duffy O., Hudec M., Peel F., Apps G., Bump A., Moscardelli L. et al. The Role of salt tectonics in the energy transition: An overview and future challenges. *Tektonika*. 2023;1(1):18–48. https://doi.org/10.55575/tektonika2023.1.1.11

9. Sirota I., Enzel Y., Mor Z., Moshe L.B., Eyal H., Lowenstein T.K., Lensky N.G. Sedimentology and stratigraphy of a modern halite sequence formed under Dead Sea level fall. *Sedimentology*. 2021;68(3):1069–1090. https://doi.org/10.1111/sed.12814

10. Raad S.M.J., Leonenko Y., Hassanzadeh H. Hydrogen storage in saline aquifers: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022;168:112846. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112846

11. Pal S.C., Saha A., Chowdhuri I., Ruidas D., Chakrabortty R., Roy P., Shit M. Earthquake hotspot and coldspot: Where, why and how? *Geosystems and Geoenvironment*. 2023;2(1):100130. https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100130

12. Luo A., Li Y., Chen X., Zhu Z., Peng Y. Review of CO2 sequestration mechanism in saline aquifers. *Natural Gas Industry B*. 2022;9(4):383–393. https://doi.org/10.1016/j.ngib.2022.07.002

13. Charton R., Kluge C., Fernández-Blanco D., Duval-Arnould A., Bryers O., Redfern J., Bertotti G. Syn-depositional Mesozoic siliciclastic pathways on the Moroccan Atlantic margin linked to evaporite mobilization. *Marine and Petroleum Geology*. 2021;128:105018. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105018

14. Rioja H.S.S., Saravias S., López M. Geological, legal and environmental aspects of lithium brine projects, NW Argentina. *Brazilian Journal of Development*. 2023;9(11):29387–29395. https://doi.org/10.34117/bjdv9n11-007

15. Omidpour A., Rahimpour-Bonab H., Moussavi-Harami R., Mahboubi A. Anhydrite fabrics as an indicator for relative sea-level signatures in the sequence stratigraphic framework of a carbonate ramp. *Marine and Petroleum Geology*. 2023;155:106400. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106400

Информация об авторе
Аннагулы Реджепович Деряев – доктор технических наук, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт природного газа ГК «Туркменгаз», г. Ашгабат, Туркменистан; e-mail: annagulyderyayew@gmail.com

Information about the author
Annaguly R. Deryaev – Dr. Sci. (Eng.), Chief Research Associate, State Concern “Turkmengaz”, Ashgabat, Turkmenistan; e-mail: annagulyderyayew@gmail.com

Информация о статье
Поступила в редакцию: 17.05.2025
Поступила после рецензирования: 09.07.2025
Принята к публикации: 10.07.2025

Article info
Received: 17.05.2025
Revised: 09.07.2025
Accepted: 10.07.2025