



ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА (АЗЕРБАЙДЖАН)

З.Н. МЕХТИЕВА

*Институт геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджана
119, пр-т Г. Джавида, г. Баку AZ1143, Азербайджан*

АННОТАЦИЯ

Введение. Проведен сравнительный анализ петрохимических характеристик разнофациальных верхнеюрских комплексов юго-восточного погружения Большого Кавказа в Азербайджане.

Цель. Определение особенностей формирования верхнеюрских карбонатно-терригенных комплексов пород Юго-Восточного Кавказа, включая палеоклимат, геохимический режим бассейна и петрофунд прилегающих зон размыва.

Материалы и методы. Материалы были получены в ходе полевых работ, проведенных в течение нескольких лет (2015—2023 гг.) в Шахдаг-Хызынской и Гутон-Гонагкендской фациальных зонах Бокового хребта. Образцы были исследованы на предмет содержания основных породообразующих оксидов и микроэлементов. Химический состав образцов исследовался с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра с волновой дисперсией S8-Tiger. Минералогический анализ проводился методом рентгеновской дифракции с использованием дифрактометра Miniflex 600. На основании интенсивности дифракционных пиков была проведена количественная оценка содержания минералов в образцах. Для изучения структурных и текстурных особенностей горных пород использовался электронный микроскоп Carl ZEISS.

Результаты. Полученные данные использовались для выявления петрохимической характеристики верхнеюрских песчаных, глинистых и песчано-алевролитовых образований Юго-Восточного Кавказа.

Закключение. Впервые на основе силикатного анализа были рассчитаны литохимические модули и проведена петрохимическая характеристика верхнеюрского осадочного комплекса Юго-Восточного Кавказа. Химический состав верхнеюрских пород в целом однороден, и распределение микроэлементов в этих породах не показывает заметных отклонений. Литохимические параметры песчаников свидетельствуют об умеренном уровне зрелости, что указывает на их образование в результате механического разрушения пород.

Ключевые слова: Юго-Восточный Кавказ, Шахдаг-Хызынская зона, хашинская свита, петрохимия, титановый модуль

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: за счет средств аспирантуры Института геологии и геофизики МНО Азербайджана.

Для цитирования: Мехтиева З.Н. Петрохимическая характеристика верхнеюрских отложений Юго-Восточного Кавказа (Азербайджан). *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2025;67(1):114—125. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-114-125> EDN: [VGLMEY](https://www.edn.ru/VGLMEY)

Статья поступила в редакцию 17.07.2024

Принята к публикации 07.02.2025

Опубликована 31.03.2025

PETROCHEMICAL FEATURES OF UPPER JURASSIC DEPOSITS IN SOUTHEASTERN CAUCASUS (AZERBAIJAN)

ZABITA N. MEHDIYEVA

*Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan
119, G. Javid Ave., Baku AZ1143, Azerbaijan*

ABSTRACT

Background. This paper presents the results of complex lithological studies of the Upper Jurassic sediments in the southeastern part of Azerbaijan, the Greater Caucasus area.

Aim. Determination of the formation characteristics of Upper Jurassic carbonate-terrigenous rock complexes in the Southeast Caucasus, including paleoclimate, the geochemical regime of the basin, and the petrophysical properties of adjacent erosion zones.

Materials and methods. Materials were collected during fieldwork conducted over several years (2015–2023) in the Shahdag-Khyzy and Guton-Gonagkend facies zones of the Side range. The chemical composition of samples was analyzed using a S8-Tiger wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometer. Mineralogical analysis was conducted using X-ray diffraction on a Miniflex 600 diffractometer. Quantitative assessment of mineral content in the samples was based on the intensity of diffraction peaks. For studying the structural and textural features of the rocks, a Carl ZEISS electron microscope was utilized.

Results. The data obtained were used to determine the petrochemical properties of the Upper Jurassic sandstone and shale formations in the southeastern Caucasus. Using these parameters, a paleoclimatic and tectonic reconstruction of the formation process of these rocks was also conducted.

Conclusion. For the first time, lithochemical modules were calculated and petrochemical characteristics of the Upper Jurassic sedimentary complex of the South-East Caucasus were carried out based on silicate analysis. The chemical composition of the Upper Jurassic rocks is generally uniform, and the distribution of trace elements in these rocks does not show noticeable deviations. Lithochemical parameters of sandstones show a moderate level of maturity, which indicates their formation as a result of mechanical destruction of rocks.

Keywords: Southeastern Caucasus, Shahdag-Khyzy zone, Khashy suite, petrochemistry titanium module

Conflict of interest: the author declares that there is no conflict of interest.

Financial disclosure: at the expense of the postgraduate program of the Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Education and Science of Azerbaijan.

For citation: Mehdiyeva Z.N. Petrochemical features of upper jurassic deposits in Southeastern Caucasus (Azerbaijan). *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2025;67(1):114—125. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-114-125> EDN: [VGLMEY](https://www.vglmey.com)

Manuscript received 17 July 2024

Accepted 07 February 2025

Published 31 March 2025

Объектом нашего исследования является верхнеюрский осадочный комплекс, который обнажается на северном склоне Большого Кавказа в пределах Азербайджана. Несмотря на обширные тематические и геологические изыскания, проведенные в этом регионе за последние 150 лет [3, 8, 14, 16] все еще есть неопределенности, которые требуют дальнейшего детального анализа. Много вопросов остаются без ответа в отношении более

детального возрастного расчленения, генезиса и классификации ритмично сложенных карбонатно-терригенных верхнеюрских комплексов, а также выявления внутренних и внешних источников кластического материала. Много нерешенных вопросов в контексте более детального возрастного расчленения, генезиса и классификации ритмично сложенных карбонатно-терригенных комплексов верхнеюрского возраста. Не до конца

выяснены также характер прилегающих участков, которые обеспечивали юрские осадочные бассейны обломочным материалом. Сложное строение региона, фрагментарное обнажение отложений, наличие тектонических покровов, внутриформационных перерывов и меланжевых конгломератов значительно затрудняют изучение верхнеюрских отложений, характеризующихся палеонтологической скудостью или полным отсутствием ископаемых. Эти особенности обуславливают необходимость применения комплексного подхода для реконструкции геологической истории региона и изучения условий формирования верхнеюрских отложений.

Материалы и методика работ

Образцы пород были собраны автором в ходе полевых работ, которые проводились периодически в течение нескольких лет (2015—2023 гг.). Общее количество собранных образцов из указанных разрезов составило 125. Химический и минеральный состав отложений был изучен в Аналитическом центре Института геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджана. Анализ проводился на содержание основных породообразующих оксидов и микроэлементов с использованием волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра S8-Tiger. Для подготовки каждый образец весом около 10 г измельчался в агатовой ступке до состояния мелкого порошка, после чего использовался метод пробоподготовки пресованным порошком. Аналитическая точность составляла более $\pm 0,5$ для SiO_2 и Al_2O_3 , выше $\pm 0,17$ для Fe_2O_3 и Na_2O , и более $\pm 0,8$ для MgO , K_2O , MnO , TiO_2 и P_2O_5 . Минералогический анализ проводился с использованием рентгеновской дифракции на рентгеновском дифрактометре Miniflex 600. На основе интенсивности дифракционных пиков была выполнена количественная оценка содержания минералов в образцах.

Геологическое строение

Вскрытые эрозией опорные стратиграфические разрезы верхней юры Юго-Восточного Кавказа расположены в пределах Судур, Шахаг-Хызынской и Гутон-Гонагкендской структурно-фациальных зон Бокового Хребта. Фациальная изменчивость верхнеюрских пород региона, которая проявляется в переходе от мелководно-лагунных осадков на севере к более глубоководным грубообломочным флишевым отложениям на юге, обусловлена как структурно-морфологическими особенностями палеобассейна, так и нестабильностью

палеогеодинамических условий. Проведенные на сегодняшний день исследования подтверждают участие здесь всех стратиграфических ярусов [1, 2, 3, 5, 7, 17, 18, 23].

Верхнеюрский комплекс Судурской зоны представлен лагунными отложениями в нижней части и шельфовыми в верхней. В основании разреза обнажается толща чередующихся кирпично-красных песчанистых глин, песчаников и прослоев гипса (75 м), трансгрессивно залегающая на различных горизонтах верхнего аалена. Вверх по разрезу толща приобретает все более выраженный лилово-красный оттенок и в кровле пронизана гипс-ангидритовыми прожилками, несогласно перекрываясь гипсоносной глинисто-песчаной свитой верхнего оксфорда [7, 23]. Породы кимериджского яруса представлены известняками, аргиллитами и песчаниками, с маломощными базальными слоями мелкогалечных конгломератов и гравелитов в основании. Общая мощность их варьируется от 60 до 80 м. Титонский ярус состоит преимущественно из известняков и доломитов, при этом мощность этой свиты увеличивается в южном направлении, к центральной части Судурской зоны, от 50 м на севере до 450—500 м на юге.

Верхнеюрские отложения Шахдаг-Хызынской зоны характеризуются рифовыми и склоновыми фациями. Образования рифовой фации (шахдагская свита) в нижней части сложены серыми грубо-слоисто-массивными доломитизированными известняками (около 260 м), а вверху розовыми брекчиевидными известняками и доломитами с пластами красных известняковых брекчий и конгломератов (550 м). На основании многочисленных фаунистических находок возраст рифовых известняков сегодня признан верхнеоксфордско-титонским [1, 5, 7, 23]. Верхнеюрские отложения зоны, наряду с нижнемеловыми, играют ведущую роль в формировании структуры южной окраинной части карбонатной платформы Северо-Восточного Кавказа [4].

Отложения склоновой фации верхней юры входят в состав автохтонного комплекса Шахдаг-Хызынской зоны и выходят на поверхность в ее юго-восточной части, вдоль реки Гильгильчай. Базальная грубообломочная толща верхней юры, обнажающаяся только в долине реки Гильгильчай, выделена как молтская свита и датируется поздним келловеем — ранним оксфордом. [6, 7]. Свита состоит из чередования мощных мелко- и среднегалечных конгломератов и пачек буровато-черных аргиллитов, переходящих в чередование глинистых

песчаников, гравелитов и конгломератов общей мощностью 130 м. Молтская свита согласно переходит в зеленоцветную толщу флишевого чередования песчаников и алевролитов (200 м), относящуюся к кызылгазминской свите [24].

В Гутон-Гонагкендской зоне можно наблюдать две полосы выходов верхнеюрского комплекса на дневную поверхность (рис. 1). На левом берегу реки Джимичай, на южной окраине села Гонагкенд, верхнеюрские отложения, участвующие в строении Каровулустинской синклинали, были отнесены к оксфордскому ярусу на основе их литологического состава и стратиграфического положения. Гаровулустинская свита состоит из чередования темно-серых до черных, местами зеленовато-серых аргиллитов и массивных (до 1,0 м) мелко- и среднезернистых известковых

песчаников с гальками темных аргиллитов и редкими прослоями мергелистых известняков (60 м) [7, 24]. В верхней половине свиты наблюдается увеличение мощности песчаных слоев, где преобладают массивные песчаники толщиной 1—1,5 м. По реке Джимичай мощность гаровулустинской свиты достигает 646 м, тогда как на севере, вблизи реки Истисучай (приток реки Гильгильчай), она сокращается до 270 м.

Гаровулустинская свита перекрывается кызылгазминской свитой по тектоническому контакту; последняя относится к кимериджскому возрасту. Свита состоит из ритмично чередующихся средне- и толстослоистых светло- и пепельно-серых известковых песчаников (0,2—0,5 м), редких песчаных известняков, а также зеленовато-серых, местами буровато-коричневых известковых

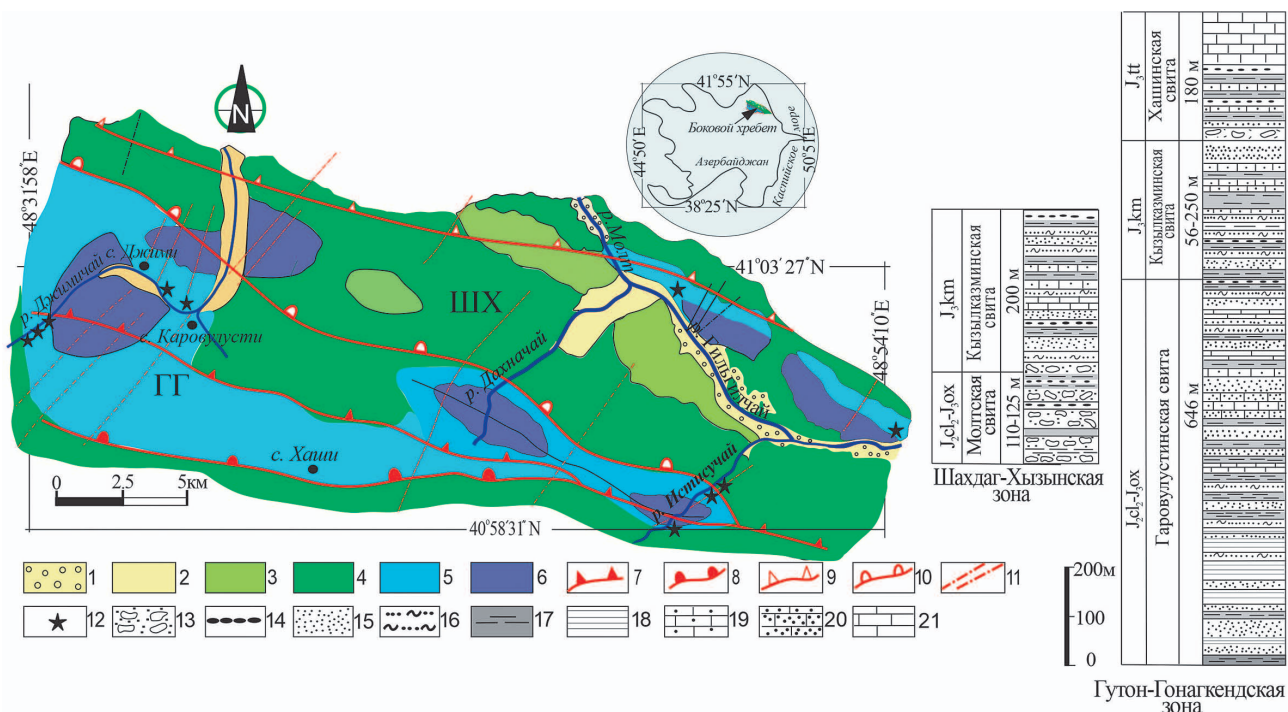


Рис. 1. Схематическая геологическая карта и стратиграфические колонки верхнеюрских пород Шахдаг-Хызынской и Гутон-Гонагкендской зон: ШХ — Шахдаг-Хызынская, ГГ — Гутон-Гонагкендская; 1 — плейстоцен-голоцен, 2 — неоген-палеоген, 3 — верхний мел; 4 — нижний мел, 5 — верхняя юра, 6 — средняя юра; разломы (7—11): 7 — Главный Кавказский надвиг, 8 — Гамарванский надвиг, 9 — Сиязанский надвиг, 10 — Шахдаг-Гонагкендский разлом, 11 — поперечные разломы; 12 — место отбора проб. Для колонок: 13 — конгломераты, 14 — гравелиты, 15 — песчаники, 16 — алевропесчаники, 17 — аргиллиты и глины песчаные, 18 — аргиллиты и глины кремнистые, 19 — известковые песчаники, 20 — известняки песчаные, 21 — известняки

Fig. 1. Schematic geological map and stratigraphic columns of the Upper Jurassic rocks of the Shahdag-Khyzy and Guton-Gonagkend zones: 1 — Pleistocene-Holocene, 2 — Neogene-Paleogene, 3 — Upper Cretaceous, 4 — Lower Cretaceous, 5 — Upper Jurassic, 6 — Middle Jurassic; Faults (7—11): 7 — Major Caucasus overthrust, 8 — Gamarvan overthrust, 9 — Siyazan overthrust, 10 — Shahdag-Gonagkend fault, 11 — other dislocations; 12 — sampling location. For columns: 13 — conglomerates, 14 — gravelites, 15 — sandstones, 16 — siltstone-sandstones, 17 — mudstones and sandy clays, 18 — mudstones and siliceous clays, 19 — calcareous sandstones, 20 — sandy limestones, 21 — imestones

аргиллитов и алевролитов. В восходящем разрезе ритм чередования становится более грубым: мощность крупнозернистых песчаников и гравелитов увеличивается до 20—25 и 20—30 см. Мощность свиты колеблется от 56 до 390 м. Несмотря на выраженную литологическую изменчивость кызылказминской свиты, в ее составе выделяют три подсвиты [24, 25].

Титонские отложения представлены хашинской свитой (170 м), в основании которой залегает 7-метровый пласт крупногравийных базальных конгломератов. Нижняя часть свиты состоит из чередования песчанистых аргиллитов, глинистых песчаников, известковых гравелитов и песчанистых известняков. В верхних слоях разреза чаще встречаются сильноизвестковистые песчаники и песчанистые известняки (мощность прослоев 5—30 см) с прослоями зеленовато-серых известковистых аргиллитов и мергелей.

Вещественный состав и геохимия верхнеюрских отложений

Песчаники плотные, тонкослоистые, средне- и крупнозернистые, слабо отсортированы и обогащены алевролитовым материалом. Все они в той или иной степени обогащены глинистым и алевролитовым материалом. Наиболее крупнозернистые разности песчаных пород обнаружены в верхнекызылказминской подсвите разреза Джимичай. Они также плохо отсортированы. По составу являются полимиктовыми, состоящими из кварца (20—50%), полевыми шпатами (15—25%), кальцитом (2—62%), глинистыми минералами (11—23%), гематитом (1—9%) и обломками глинистых, кремнистых, карбонатных и эффузивных пород. Песчаники с карбонатным цементом отмечаются почти во всех разрезах. Мощность отдельных прослоев колеблется от 5 до 50 см и более. Алевропесчаники представлены средне- и мелкозернистыми полимиктовыми разностями с кремнисто-карбонатным цементом. В составе пород основное место занимают кварц (35—65%), полевые шпаты (15—30%) и глинистые минералы (21—30%). Глинистые породы представлены очень плотными, не размокающими, заметно известковыми кремнистыми сланцами и аргиллитами. Они залегают в виде тонких слоев толщиной от 1 до 5 см, чередующихся со среднезернистыми песчаниками и мелкозернистыми конгломератами.

В общем комплексе верхнеюрских отложений Юго-Восточного Кавказа карбонатные породы достигают наибольшего развития в титонском ярусе [1, 2]. Представлены они в основном обломочными,

оолитовыми, песчанистыми массивными и толстослоистыми известняками. Известняки оксфорда-кимериджа серые, светло-серые, желтовато- и зеленовато-серые, а титонские розовые. Среди известняков выделяются обломочные, оолитовые, песчанистые, кристаллические и пелитоморфные разновидности.

Анализ основных литогенных компонентов в образцах верхнеюрских пород показал, что их химический состав более или менее сходен. Количество основных породообразующих элементов находится в пределах их кларков. Наиболее распространенными элементами являются кремний, алюминий и кальций. Более высокие концентрации SiO_2 были обнаружены в песчаниках гаровулустинской и кызылказминской свит (табл. 1). Содержание Al_2O_3 колеблется от 2,23 до 19,39% в песчаниках, от 7 до 8% в алевролитах и от 12,89 до 19,53% в аргиллитах. В кимеридж (кызылказминская свита) и титоновых (хашинская свита) отложениях наблюдается увеличение содержания кальция, уменьшение общей щелочности и Fe_2O_3 .

Более высокое содержание Fe_2O_3 (9,96% в образце № 711) было зафиксировано в образцах из кызылказминской свиты. Отношение $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ колеблется от 1,73 до 6,93, а $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ — от 0,81 до 2,87. Тройная диаграмма $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3\text{—Fe}_2\text{O}_3$ также иллюстрирует преобладающий глиноземистый состав верхнеюрских пород (рис. 2).

Согласно [22] соотношение оксидов железа и кальция ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$) является показателем стабильности ферромагнезиальных минералов, тогда как соотношение кремнезема и оксида алюминия варьирует в зависимости от количества кварца, глинистых минералов и полевого шпата. Предположительно источники терригенного материала, формирующие эти отложения, имели глиноземно-кремнеземный состав. На диаграмме, построенной для верхнеюрских отложений на основе этих соотношений, большинство образцов отнесены к грауваккам, лититовым аренитам и железистым песчаникам.

В верхнеюрских отложениях выявлено 16 микроэлементов (Cr, Ni, Co, Ti, V, Pb, Zn, Cu, Sr, Mo, Ge, Ga, Sn, Be, Yb, Y), распределение которых не демонстрирует явной закономерности. Только в нижней части кызылказминской свиты наблюдается незначительное увеличение содержания некоторых элементов (As, Cd, Rb, V, Br и Mo), концентрации которых превышают их кларковые значения. Этот рост, вероятно, связан с локальными геохимическими процессами.

По мнению исследователей [4, 10, 12, 23], окислительно-восстановительное состояние среды

Таблица 1. Минимальные, максимальные и средние значения содержания основных элементов (%) в составе верхнеюрских пород Юго-Восточного Кавказа**Table 1.** The minimum, maximum, and average values of the content of the main elements (%) in the composition of the Upper Jurassic rocks of the Southeastern Caucasus

Компоненты	Каровулустинская свита	Кызылказминская свита	Хашинская свита
SiO ₂	$\frac{38,65-65,82}{44,45}$	$\frac{29,91-63,00}{40,36}$	$\frac{26,13-61,00}{38,40}$
TiO ₂	$\frac{0,64-0,84}{0,72}$	$\frac{0,15-0,69}{0,41}$	$\frac{0,19-0,69}{0,45}$
Al ₂ O ₃	$\frac{8,11-16,65}{13,56}$	$\frac{3,44-15,27}{7,97}$	$\frac{5,98-14,22}{9,58}$
Fe ₂ O ₃	$\frac{5,14-7,09}{6,32}$	$\frac{1,96-9,96}{5,36}$	$\frac{1,60-9,05}{4,65}$
MnO	$\frac{0,03-0,14}{0,11}$	$\frac{0,04-0,52}{0,17}$	$\frac{0,06-0,15}{0,08}$
MgO	$\frac{0,87-1,76}{1,24}$	$\frac{0,56-2,21}{1,36}$	$\frac{1,15-1,99}{1,54}$
CaO	$\frac{1,55-13,4}{5,17}$	$\frac{2,88-44,78}{25,51}$	$\frac{18,80-44,24}{28,58}$
K ₂ O	$\frac{2,15-4,14}{3,22}$	$\frac{0,58-3,75}{1,61}$	$\frac{0,83-2,76}{1,86}$
Na ₂ O	$\frac{0,64-1,59}{1,4}$	$\frac{0,33-2,16}{1,12}$	$\frac{0,52-0,86}{0,65}$
P ₂ O ₅	$\frac{0,20-2,36}{0,25}$	$\frac{0,05-0,74}{0,14}$	$\frac{0,07-0,12}{0,09}$
П.п.п.	$\frac{3,02-8,92}{4,97}$	$\frac{4,89-35,74}{19,02}$	$\frac{11,91-27,41}{20,77}$

Примечание: в числителе — минимальное и максимальное значения, в знаменателе — среднее арифметическое значение.

Note: numerator contains the minimum and maximum values, and the denominator contains the arithmetic mean.

оказывает значительное влияние на содержание соответствующих элементов в осадочных породах. В частности, соотношения молибдена и марганца, а также вольфрама и хрома являются информативными индикаторами, позволяющими оценить уровень окислительно-восстановительных условий, преобладавших в палеобассейне. Изучение соотношений V/Cr и Mo/Mn в верхнеюрских отложениях свидетельствует о преобладании окислительных условий в оксфорд-титонском интервале. Однако вблизи границы киммериджа и титона зафиксированы отдельные случаи аноксических условий, что может указывать на локальные изменения химического режима палеобассейна. Эти эпизодические проявления аноксии, вероятно, связаны с изменением глубины, циркуляции водных масс, колебаниями уровня морской воды. Индекс Ca/Mg биогермов свидетельствует о том,

что температура воды в верхнеюрском бассейне варьировала в пределах 23—27 °С.

Петрохимические модули для верхнеюрских отложений.

Петрохимические модули — это коэффициенты, оценивающие состав и преобразование осадочных пород, их источники, выветривание и диагенез. Геологическая литература содержит множество примеров использования петрохимических модулей для исследования осадочных пород [9, 11, 12, 13, 14].

По величине гидролизатного модуля (ГМ) большинство исследуемых верхнеюрских образцов относятся к гипо- и нормосиаллитам (ГМ = 0,34—0,48). Исключение составляют пять образцов из кызылказминской свиты, которые классифицируются как миоилиты (ГМ = 0,21—0,30).

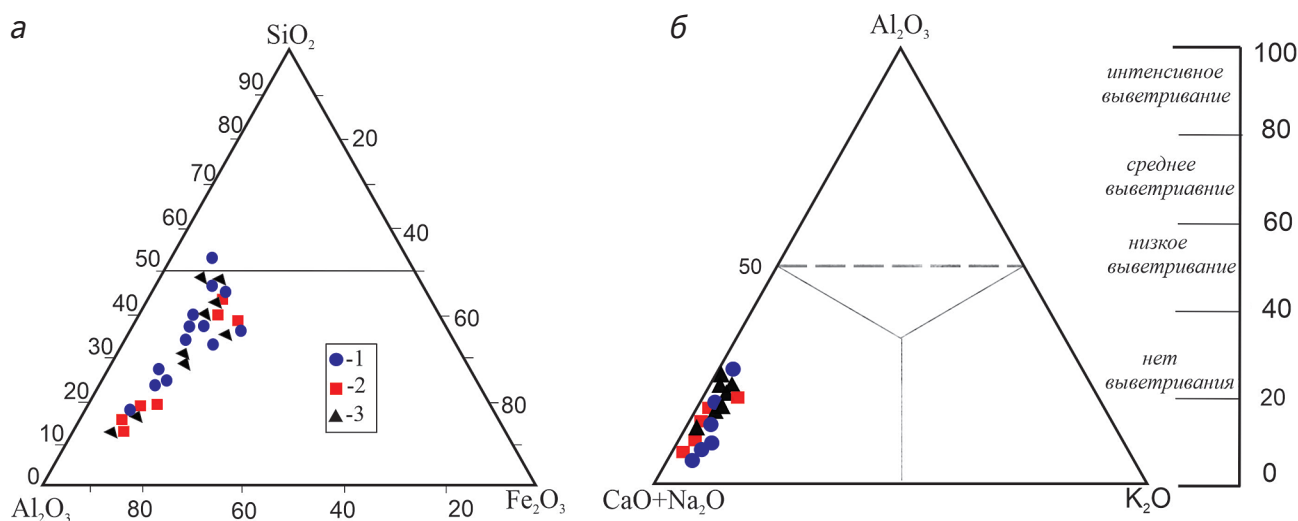


Рис. 2. Треугольные диаграммы, составленные на основе химического состава верхнеюрских отложений: а — диаграмма соотношений $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3\text{—Fe}_2\text{O}_3$; б — диаграмма, иллюстрирующая степень химического выветривания по соотношению $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—(CaO + Na}_2\text{O)—K}_2\text{O}$. 1 — каровулустинская свита, 2 — кызылказминская свита, 3 — хашинская свита

Fig. 2. Triangular diagrams based on the chemical composition of Upper Jurassic deposits: а — a diagram of the $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3\text{—Fe}_2\text{O}_3$ ratio; б — a diagram illustrating the degree of chemical weathering based on the $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—(CaO + Na}_2\text{O)—K}_2\text{O}$ ratio. 1 — Garovulusty suite, 2 — Gyzykasma suite, 3 — Khashy suite

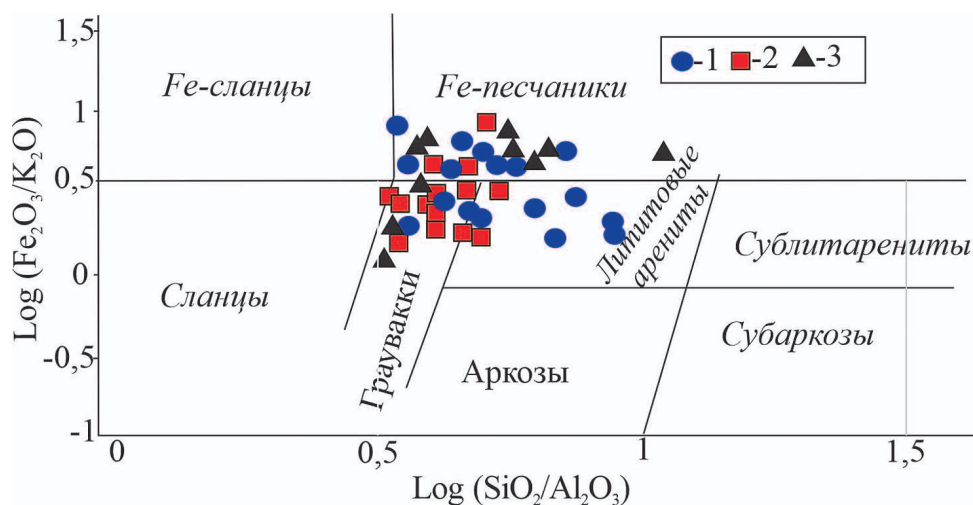


Рис. 3. Расположение верхнеюрских отложений на диаграмме $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O — SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ [23]: 1 — каровулу-
стинская свита, 2 — кызылказминская свита, 3 — хашинская свита

Fig. 3: The position of the Upper Jurassic deposits on the $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O — SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ diagram [23]: 1 — Garovulusty suite, 2 — Gyzykasma suite, 3 — Khashy suite

Во всех изученных образцах ГМ $< 0,55$, что указывает на аридный тип выветривания [19, 20, 21].

Алюмокремниевый модуль (АМ) в верхнеюрских отложениях варьирует в пределах 0,18—0,28 и хорошо коррелирует с ГМ. В интенсивно дифференцированных породах АМ имеет более низкие значения. Почти все образцы относятся к группе нормоглиноземистых. Только три образца из гаровулустинской и шесть образцов

из кызылказминских песчаников классифицируются как гипоглиноземистые (АМ $< 0,20$).

Фемический модуль (ФМ) в верхнеюрских отложениях колеблется от 0,08 до 0,25 в кызылказминской свите, от 0,11 до 0,23 в гаровулустинской свите и от 0,12 до 0,24 в хашинской свите. По значениям ФМ большое число изученных образцов попадает в область нормофемических (ФМ = 0,1—0,2). Однако есть также некоторые образцы,

Таблица 2. Рассчитанные петрохимические модули для верхнеюрских пород
Table 2. Petrochemical modules calculated for Upper Jurassic rocks

Литохимические параметры	Хашинская свита		Кызылказминская свита		Каровулустинская свита	
	песчаник	алевролит	песчаник	алевролит	песчаник	алевролит
ГМ	0,35	0,40	0,32	0,40	0,35	0,42
ТМ	0,051	0,055	0,049	0,056	0,050	0,052
ЖМ	0,46	0,66	0,56	0,63	0,42	0,51
ФМ	0,13	0,19	0,14	0,20	0,12	0,19
НКМ	0,26	0,33	0,27	0,34	0,31	0,31
ШМ	0,46	0,51	0,78	0,55	0,46	0,32
АМ	0,22	0,23	0,19	0,23	0,23	0,26
СИА	73	69	69	68	73	72
IVC	1,71	4,69	1,85	4,72	1,26	5,64

Примечание: формулы для расчета петрохимических модулей:

ГМ = $(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO})/\text{SiO}_2$; ТМ = $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; НКМ = $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$; ФМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$; АМ = $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$; ШМ = $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$.

Note: formulas for calculating petrochemical modules:

Hydrolysate Module («ГМ») = $(\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO})/\text{SiO}_2$; Titanium Module («ТМ») = $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; Normalized Alkalinity («НКМ») = $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$; Femic Module («ФМ») = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$; Aluminum-Silicon Module («АМ») = $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$; Alkaline module (SM) = $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$.

которые относятся к категории гипо- и суперфемических. В первом случае ФМ < 0,1, а во втором ФМ = 0,21—0,25 [19].

Титановый модуль (ТМ = $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) является показателем динамической сортировки терригенного материала. В породах, образовавшихся в мелководных бассейнах и в гумидном типе литогенеза, титановый модуль выше [19]. Количество TiO_2 в верхнеюрских породах Юго-Восточного Кавказа меняется от 0,19 до 0,70%, от 0,29 до 1,01% и от 0,12 до 0,92% соответственно в хашинской, гаровулустинской и кызылказминской свитах, а значения ТМ находятся, соответственно, в пределах 0,047—0,065, 0,049—0,069 и 0,041—0,061. Все образцы относятся к группе нормотитанистых. Титанистость верхнеюрских песчаников ниже (табл. 2), чем у алевролитов и аргиллитов, что позволяет классифицировать эти породы как петрогенные.

Практически во всех образцах содержание калия превышает содержание натрия, при этом значение щелочного модуля варьирует в пределах от 0,27 до 1,67. Эти данные свидетельствуют о существенном воздействии кислых пород на образование отложений. Они также указывают на наличие продуктов выщелачивания кислых пород.

Общая щелочность в верхнеюрских отложениях составляет от 0,78 до 6,5 при среднем значении

2,74. По значению нормированной щелочности (НКМ) все верхнеюрские отложения классифицируются как нормощелочные [19], а величина ШМ соответствует типичному диапазону для нормальных сиаллитов и псевдосиаллитов (0,3—1,0), что также указывает на отсутствие вулканических и терригенных пирокластических материалов в этих породах.

Петрогенным породам свойственна положительная корреляция между титанистостью (ТМ) и железистостью (ЖМ), а также отрицательная корреляция между щелочностью (НКМ) и гидролизатностью (ГМ) [19]. Умеренно выраженная положительная корреляция между ТМ и ЖМ ($r = 0,68$), и ФМ и ЖМ ($r = 0,62$) позволяет отнести верхнеюрские отложения к петрогенным. В то же время положительная корреляция между НКМ и ГМ ($r = 0,65$), и ТМ и НКМ ($r = 0,14$) указывает на участие процессов рециклизации древних осадочных пород в их формировании.

Согласно [2, 3, 15] в составе среднеюрских отложений Северного Кавказа преобладают тонкозернистые глинистые осадки с однообразным гидрослюдистым составом и незначительным количеством смешаннослоистых минералов, таких как монтмориллонит-гидрослюда и хлорит-гидрослюда, а также мелкозернистые песчаники с повышенным содержанием кварца.

Микроэлементы обнаруживаются в небольших количествах (0,0001—0,003%), при этом большинство из них в несколько раз превышают свои кларковые значения. Верхнеюрский комплекс Юго-Восточного Кавказа характеризуется распространением средне- и крупнозернистых песчаников, обогащенных крупными обломками кварца, а также крупногалечными конгломератами и гравелитами полимиктового состава. Таким образом, в образовании этих пород предполагается также участие продуктов выветривания более древних кристаллических пород внутренних областей денудации. Источником этих материалов был палеозойский фундамент, который был поднят вдоль глубинных разломов в результате предбатских тектонических движений [8, 16].

С увеличением содержания титана в породах наблюдается также рост содержания железа. Это свойственно породам, формирующимся в условиях низкой химической дифференциации, где железо и титан связаны с кремнисто-алевритовым составом [21]. На модульных диаграммах верхнеюрские отложения демонстрируют весьма слабую химическую дифференциацию литологических типов. Существенных различий в расположении фигуративных точек, отражающих составы песчаников, песчано-алевролитовых и глинистых отложений нет. Слабое разрешение литотипов на модульных диаграммах может быть обусловлено недостаточной дифференциацией обломочного материала в условиях аридного литогенеза.

Для количественной оценки и определения характеристик выветривания пород было предложено несколько индексов выветривания, основанных на молекулярном составе мобильных (Na, Ca, K) и немобильных (Al) элементов. Это индекс хи-

мического изменения [$CIA = (Al_2O_3 / \{Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O\}) \times 100$], предложенный Несбиттом и Янгом [26], и индекс изменчивости состава [$ICV = (Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O + CaO + MgO + MnO + TiO_2) / Al_2O_3$] Кокса и Лоу [28]. CaO^* — здесь CaO в силикатной фракции. В силикатах содержание CaO эквивалентно молярному содержанию Na_2O .

Значение CIA , рассчитанного на основе химического состава верхнеюрских пород, колеблется от 60,83 до 74,19, в среднем равняясь 69,23, что свидетельствует об умеренном химическом воздействии. На треугольной диаграмме Al_2O_3 — $(CaO + Na_2O) — K_2O$ [26] верхнеюрские породы демонстрируют очень низкую степень выветривания. Величина ICV колеблется в интервалах 1,01—7,35 в породах гаровулустинской свиты, 1,26—21,07 в породах кызылказминской свиты и 0,98—2,13 в хашинской свите. Значения CIA и ICV , рассчитанные для верхнеюрских пород, свидетельствуют о низком уровне химического выветривания.

Палеоклимат

В. Смикач-Клосс и Д. Рой [27] установили, что различие соотношений Na_2O/Al_2O_3 , Na_2O/TiO_2 и Na_2O/K_2O меняются в зависимости от климатических условий, в которых формировались породы. Таким образом, разница между этими значениями уменьшается с увеличением влажности, и, наоборот, с увеличением засухи разница между ними увеличивается. Вычисление этих соотношений для разрезов верхней юры указывает на то, что формирование пород происходило в основном в засушливых климатических условиях. На графике (рис. 4) распределения этих соотношений видны два отчетливых перехода (примеры 11 и 13) к очень засушливым условиям.

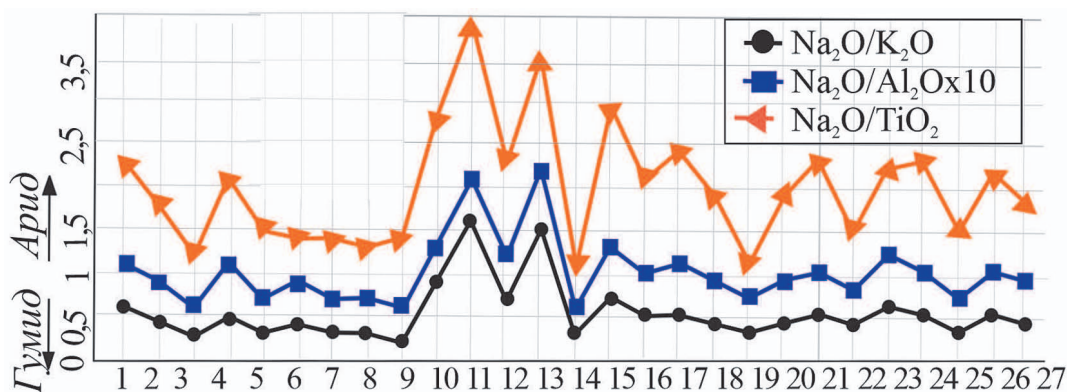


Рис. 4. График распределения соотношений Na_2O/Al_2O_3 , Na_2O/TiO_2 и Na_2O/K_2O и их различия для верхнеюрских отложений [27]

Fig. 4. Distribution graph of Na_2O/Al_2O_3 , Na_2O/TiO_2 and Na_2O/K_2O ratios and their differences for Upper Jurassic deposits [27]

Заключение

Впервые на основе силикатного анализа числены литохимические модули и выполнена петрохимическая характеристика верхнеюрского осадочного комплекса Юго-Восточного Кавказа. Изучение вещественного состава и сравнение петрохимических отложений позволило сделать выводы о сложной многокомпонентной природе этих пород. Химический состав разнофациальных верхнеюрских пород в целом однороден, также распределение микроэлементов в этих породах не демонстрирует значительных отклонений. Более повышенные значения Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O и TiO_2 были обнаружены в глинистых породах кызылкаминской свиты.

Рассчитанные индексы химического изменения (CIA) и изменчивости состава (ICV) для верхнеюрских пород свидетельствуют о сравнительно низком уровне химического выветривания в питающих провинциях. Литохимические параметры песчаников свидетельствуют об умеренном уровне зрелости, что указывает на их образование в результате механического разрушения пород.

По значению ГМ верхнеюрские отложения аттестуются как гипо- и нормосиаллиты. По значению НКМ все верхнеюрские отложения относятся к нормощелочным. Песчаники характеризуются относительно высокими значениями НКМ (в среднем 0,33), что связано с присутствием калиевого полевого шпата. Низкие значения НКМ в глинистых отложениях (0,28) объясняются значительным содержанием бесщелочных алюмосиликатов, таких как хлорит, каолинит и монтмориллонит. Основная часть песчаников состоит из граувакков и лититовых аренитов, при этом K_2O преобладает над Na_2O . Только небольшую долю песчаников составляют железистые песчаники. Значение титанового модуля в отложениях ($TM = 0,040—0,063$) указывает на преобладание кислой природы их петрофона.

Анализ соотношений V/Cr и Mo/Mn в верхнеюрских отложениях указывает на доминирование окислительных условий в оксфордско-титонском интервале. В позднеюрское время на территории всего Юго-Восточного Кавказа существовал аридный тип климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаев В.Б. Стратиграфия юрских отложений Азербайджана. Баку: Элм, 1990. 160 с.
2. Алиев А.Г., Акаева В.Б. Петрография юрских отложений Юго-Восточного Кавказа. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1957. 209 с.
3. Большой Кавказ в альпийскую эпоху. Под ред. Ю.Г. Леонова. М.: ГЕОС, 2007. 368 с.
4. Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.В., Барабошкин Е.Ю., Щербина Е.А. Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: Седиментология и геохимия. Литология и полезные ископаемые. 2002. № 4. С. 359—380.
5. Геология Азербайджана. Т. 1, Стратиграфия. Ч. 2. Мезокайнозой. Под ред. А.А. Ализаде. Баку: Nafta-Press, 2007. 580 с.
6. Геология Азербайджана. Т. IV. Тектоника. Под ред. А.А. Ализаде. Баку: Nafta Press, 2005. 506 с.
7. Кенгерли Т.Н., Баламедов Ш.Р., Садыхов Э.А., Мехтиева З.Н. Седиментационные и геодинамические обстановки формирования верхнеюрского комплекса Юго-Восточного Кавказа. Малье зоны Бокового хребта. Известия НАН Азербайджана. 2013. № 3. С. 3—15.
8. Кенгерли Т.Н., Алиев Ф.А., Алиев А.М. и др. Современная структура и активная тектоника Южного Склона Большого Кавказа в пределах Азербайджана (междуречье рр. Мазымчай и Пирсаат). Геолого-тектоническая обстановка. Известия. Науки о Земле. 2018. № 2. С. 19—38. DOI: 10.33677/ggiasnas20180200013
9. Маслов А.В. Вулканические туфы, красцветные и обычно окрашенные глинистые породы в разрезах верхнего рифея и венда Среднего, и Южного Урала: сравнение литохимических характеристик. Литология и полезные ископаемые. 2021, № 2. С. 122—143. DOI: 10.31857/S0024497X2102004X
10. Маслов А.В., Алексеев В.П. Осадочные формации и осадочные бассейны: учебное пособие. Екатеринбург: изд-во УГГА, 2003. 203 с.
11. Малиновский А.И. Палеогеодинамическая реконструкция обстановок кайнозойской седиментации Западно-Сахалинского террейна по вещественному составу терригенных пород. Литология и полезные ископаемые. 2021, № 1. С. 28—53. DOI: 10.31857/S0024497X21021006
12. Страхов Н.М. Методы изучения осадочных пород. Химическое изучение осадочных пород в генетических и корреляционных целях. Т. II. Ч. 3. М.: Госгеолтехиздат, 1957. С. 157—188.
13. Старцев И.Д. Применение петрохимических модулей к верхнедевонским отложениям юго-восточной части Нюрольской мегаплатины (Томская область). Азимут геонаук. Вып. 2 Материалы Междисциплинарной молодежной научной конференции. Томск. 2022. С. 11—15.
14. Фейзуллаев А.А., Бабазаде А.Н. Палеорекострукция условий формирования продуктивной и красцветной толщ по геохимическим критериям (на примере Абшерон-Прибалханской зоны). Известия. Науки о Земле. 2016. № 1. С. 28—33.

15. Халифа-заде Ч.М., Магомедов А.М. Среднеюрские отложения восточной части Большого Кавказа. М.: Наука, 1982.
16. Халифазаде Ч.М., Мехтиева З.Н. Фациальная зональность и палеогеографические критерии верхнеюрских отложений Юго-Восточного Кавказа. Евразийский Союз Ученых. Серия: междисциплинарный. 2024. № 7(115). С. 4—10.
17. Хаин В.Е., Шихалибеги Э.Ш., Гроссгейм В.А. К истории Азербайджанской части Большого Кавказа в верхнеюрское время. Известия АН Азерб. ССР. 1951. № 10. С. 19—43.
18. Хаин В.Е., Шарданов А.Н. Геологическое строение северного склона Юго-Восточного Кавказа. Материалы по геологии Северо-Восточного Азербайджана. Баку, Изд-во АН Аз.ССР, 1957. С. 5—179.
19. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
20. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (Литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
21. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Рыбина Н.В. Геохимия титана. Сыктывкар: Геопринт. 2018. 432 с.
22. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. J. Sediment. Petrology. 1988. No. 58. P. 820—829.
23. Jones B., Manning D.A.C. Comparison of Geochemical Indices Used for the Interpretation of Palaeoredox Conditions in Ancient Mudstones. Chemical Geology. 1994. No. 111. P. 111—129.
24. Kangarli T.N., Mehdiyeva Z.N. Upper Jurassic Complex of Greater Caucasus side range: Lithofacies and sedimentation (Azerbaijan). Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. 2017. Vol. 2. P. 28—53.
25. Mehdiyeva Z.N. Characteristics and conditions of accumulation of the Upper Jurassic sediments in the South-Eastern Caucasus. Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. 2022. Vol. 1. P. 56—65.
26. Nesbitt H.W., Young G.M. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1984. No. 48(7). P. 1523—1534.
27. Smykatzkloss W., Priyadarsi D. Roy. Evaporite mineralogy and major element geochemistry as tools for palaeoclimatic investigations in arid regions: A synthesis. Bulletin of the Mexican Geological Society. 2010. Vol. 62. No. 3. P. 379—390.
28. Cox R., Lowe D., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on the evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1995. Vol. 59. No. 14. P. 2919—2940.

REFERENCES

1. Aghayev V.B. Stratigraphy of the Jurassic deposits of Azerbaijan. Baku: Elm, 180p, 1990 (In Russian).
2. Aliev A.G., Akayeva V.B. Petrography of the Jurassic deposits of the South-Eastern Caucasus. Publishing House of the Academy of Sciences of Azerbaijan SSR, Baku, 1957. 209 p. (In Russian).
3. Alpine History of the Great Caucasus. Ed. by Yu.G. Leonov. Moscow: GEOS, 2007. 368 p. (In Russian).
4. Gavrilov Yu.O., Shchepetova E.V., Baraboshkin E.Yu., Shcherbinina E.A. The Early Cretaceous Anoxic Basin of the Russian Plate: Sedimentology and Geochemistry. Lithology and Mineral Resources. 2002. Vol. 37. No. 4. P. 310—329 (In Russian).
5. Geology of Azerbaijan. Vol. 1. Part 2. Ed. by A.A. Alizade. Mesozoic Stratigraphy. Baku: Nafta-Press, 2007 (In Russian).
6. Geology of Azerbaijan. Vol. IV. Tectonics. Ed. V.Y. Khain, Ak.A. Alizadeh. Baku, 2005. 506 p. (In Russian).
7. Kangarli T.N., Balamedov Sh.R., Sadykhov E.F., Mehdiyeva Z.N.. Lithological-Facies Zonality of Stratification of the Southeastern Caucasus Upper Jurassic Complex. Malmian Formations of Side Range Zone. Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences. The Sciences of Earth. 2013 No. 3. P. 3—15 (In Russian).
8. Kengerli T.N., Aliyev F.A., Aliyev A.M., et al. Modern Structure and Active Tectonics of the Southern Slope of the Greater Caucasus within Azerbaijan (the Interfluvium of the Mazyamchay and Pirsat Rivers). Geological and Tectonic Setting. Izvestiya. Earth Sciences. 2018. No. 2. P. 19—38 (In Russian).
9. Maslov A.V. Volcanic tuffs, red-colored and usually colored clay rocks in sections of the Upper Riphean and Vendian of the Middle and Southern Urals: comparison of geochemical characteristics. Lithology and Mineral Resources. 2021. No. 2, P. 122—143 (In Russian). DOI: 10.31857/S0024497X2102004X
10. Maslov A.V., Alekseyev V.P. Sedimentary Formations and Sedimentary Basins: A Textbook. Yekaterinburg: UGGU Publishing House, 2003. 203 p.
11. Malinovsky A.I. Paleogeodynamic reconstruction of the Cenozoic sedimentation conditions of the West Sakhalin terrane based on the material composition of terrigenous rocks. Lithology and Mineral Resources. 2021. No. 1. P. 28—53 (in Russian). DOI: 10.31857/S0024497X210210067
12. Strakhov N.M. Methods of studying sedimentary rocks. Chemical study of sedimentary rocks for genetic and correlation purposes Vol. II. Part 3. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1957. P. 157—188 (In Russian).
13. Startsev I.D. Application of petrochemical modules to the Upper Devonian sediments of the southeastern part of the Nyrol mega-basin (Tomsk region). Azimuth of Geological Sciences. Iss. 2 Materials of the Interdisciplinary Youth Scientific Conference. Tomsk, 2022. P. 11—15 (In Russian).
14. Feyzullaev A.A., Babazade A.N. Paleoreconstruction of conditions for the formation of productive

- and red-colored strata according to geochemical criteria (using the example of the Absheron-Balkhane zone) Proceedings. The sciences of Earth. 2016. No. 1. P. 28—33 (In Russian).
15. Khalifazadeh Ch.M., Magomedov A.N. Middle Jurassic Deposits of the Eastern Part of the Greater Caucasus. Moscow: Nauka, 1982. P. 271.
 16. Khalifazadeh Ch.M., Mehdiyeva Z.N. Facies Zonation and Paleogeographic Criteria of Upper Jurassic Deposits of the South-Eastern Caucasus. Eurasian Union of Scientists. Series: Interdisciplinary. 2024. No. 7(115), P. 4—10.
 17. Khain V.Ye., Shikhalibayli A.Sh., Grossgeim V.A. Upper Jurassic History of the Azerbaijani part of the Greater Caucasus. News of Academy of Sciences of Azerbaijan SSR. 1951. No. 10. P. 19—43 (In Russian).
 18. Khain V.Ye., Shardanov A.N. Geological Structure of the Northern Slope of Southeastern Caucasus. In: Materials on the Geology of Northeastern Azerbaijan. Publishing House of the Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR, Baku, 1957. P. 5—179 (In Russian).
 19. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Fundamentals of lithochemistry. Saint-Petersburg: Nauka. 2000. P. 479.
 20. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Geochemical Indicators of Lithogenesis. Syktyvkar: Geoprint, 2011. 742 p. (In Russian).
 21. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. Geochemistry of titanium. Syktyvkar: Geoprint, 2018. 432 p. (In Russian).
 22. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. J. Sediment. Petrology. 1988. No. 58. P. 820—829.
 23. Jones B., Manning D.A.C. Comparison of Geochemical Indices Used for the Interpretation of Palaeoredox Conditions in Ancient Mudstones. Chemical Geology. 1994. No. 111. P. 111—129.
 24. Kangarli T.N., Mehdiyeva Z.N. Upper Jurassic Complex of Greater Caucasus side range: Lithofacies and sedimentation (Azerbaijan). Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. 2017. Vol. 2. P. 28—53.
 25. Mehdiyeva Z.N. Characteristics and conditions of accumulation of the Upper Jurassic sediments in the South-Eastern Caucasus. Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. 2022. Vol. 1. P. 56—65.
 26. Nesbitt H.W., Young G.M. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1984. No. 48(7). P. 1523—1534.
 27. Smykatzkloss W., Priyadarsi D. Roy. Evaporite mineralogy and major element geochemistry as tools for palaeoclimatic investigations in arid regions: A synthesis. Bulletin of the Mexican Geological Society. 2010. Vol. 62. No. 3. P. 379—390.
 28. Cox R., Lowe D., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on the evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. Geochimica et Cosmochimica Acta. 1995. Vol. 59. No. 14. P. 2919—2940.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Мехтиева З.Н. — в ходе полевых исследований собрала каменный материал, разработала основу статьи, написала ее текст, утвердила окончательный вариант для публикации и согласна принять ответственность за все этапы работы.

Zabita N. Mehdiyeva — collected rock samples, developed the article's basis, wrote its text, approved the final version for publication, and agreed to take responsibility for all stages of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Мехтиева Забита Намазовна — диссертант, научный сотрудник отдела «Радиоактивное поле Земли» Института геологии и геофизики Министерства науки и образования Азербайджана. 119, пр-т Г. Джавида, г. Баку AZ1143, Азербайджан
e-mail: zabita.mehdiyeva@gmail.com
тел.: +99450 3748908
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6421-7001>

Zabita N. Mehdiyeva — PhD candidate, scientific researcher at the Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Science and Education of the Azerbaijan Republic, Department of Radiometry of Geological Environment. 119, G. Javid Ave., Baku AZ1143, Azerbaijan
e-mail: zabita.mehdiyeva@gmail.com
tel.: +99450 3748908
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6421-7001>