

Provenances of Upper Quaternary sediments in the Northern Caspian Sea



Tkach N.T.^{1*}, Sorokin V.M.¹, Luksha V.L.¹, Tkach A.A.²

¹Department of Oil-Gas Sedimentology and Marine Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1a, Moscow, 119991, Russia

²Laboratory of Pleistocene Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1a, Moscow, 119991, Russia

ABSTRACT. This paper presents a generalization of the clay minerals composition in the sediments of the KOR-3 core located in the central part of the Northern Caspian Sea (19 samples). The history of changes in the different river basins contribution to the sedimentary supply in the central part of the Northern Caspian Sea could be traced by changes in clay mineral ratios in the Upper Quaternary sediments. Changes in the ratio reflect differences in material sources during the first and second stages of the Khvalynian transgression of the Caspian Sea — one of the most controversial stages in the history of the Caspian Sea. Consequently, our conclusion is that there were different causes of sea-level uprise at different stages of the transgression. The subsequent events (deep Mangyshlak regression and New Caspian transgression) are not associated with abrupt changes in the inflow of rivers into the Northern Caspian Sea, according to the composition of clay minerals.

Keywords: Caspian Sea, Khvalynian transgression, clay minerals

For citation: Tkach N.T., Sorokin V.M., Luksha V.L., Tkach A.A. Provenances of Upper Quaternary sediments in the Northern Caspian Sea // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 696-699. DOI: [10.31951/2658-3518-2024-A-4-696](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-696)

1. Introduction

The Caspian Sea is the largest enclosed inland basin in the world. Nowadays it is a lake system, but in the Quaternary it was repeatedly connected to the world ocean during the transgressive stages of the Caspian Sea. One of the most extensive transgressions was the Khvalynian transgression at the end of the Late Pleistocene. The causes, extent and timescale of this transgression are still debated in the scientific community.

The aim of this research is to study the changes in provenance of the Upper Quaternary sediments of the Northern Caspian Sea (Atelian, Khvalynian, Mangyshlakian, Novocaspian), tracing possible changes in riverine supply during the Late Pleistocene and Holocene. This could show us the relationship between transgressive-regressive events in the Caspian Sea and changes in the source of sedimentary supply.

2. Materials and methods

The KOR-3 core was drilled in the Shirotnaya Depression in the central part of the northern Caspian Sea at a water depth of 12 m as part of the engineering geological survey by “Morinzhegeologiya” LLC and transferred for study to the Department of Oil-Gas Sedimentology and Marine Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University. The length of the studied part of the core is 25 m and covers the second half of the Late Quaternary according to radiocarbon dates (Sorokin et al., 2023).

Clay mineral compositions were determined for 19 samples from the core. Composition was determined for the <0.002 mm fraction by X-ray diffraction using a DRON-3M copper anode analyser at the Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University. The mineral content was determined according to the method of P. Biscaye (Biscaye, 1965). Illite, smectite, kaolinite and chlorite were identified in the samples.

*Corresponding author.

E-mail address: tkachgeo@gmail.com (N.T. Tkach)

Received: June 02, 2024; **Accepted:** July 08, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



3. Results and Discussion

Firstly, analysis of clay mineral content has shown that there is no correlation between their composition and grain size distribution: there are no significant correlations for clay, silt and sand fractions with clay minerals. The illite content is highest in the lower part of the Khvalynian marine sediments (55%). In the underlying Atelian deposits and the overlying Mangyshlakian and Novocaspian deposits its content is lower and varies between 40-50%. Smectite content has a high negative correlation with illite content. The Atelian deposits contain 30-40% smectite, in the lower part of the Khvalynian it does not exceed 25%, and in the upper part of the Khvalynian and overlying Mangyshlakian and Novocaspian deposits it reaches maximum values of 38-57%.

The distribution of chlorite and kaolinite in the core sediments follows a slightly different pattern. However, at the base of the lower part of the Khvalynian deposits, the content of both chlorite and kaolinite is peaked (up to 15 %), and in the middle of the upper part of the Khvalynian, only a relative peak in chlorite content (10 %) is observed.

For the purpose of comparing the composition of the clay minerals in the sediments of the North Caspian with their composition in the main source of material input to the study area - the Volga - the composition of the clay minerals in the Volga basin was analysed. The Volga Basin was divided into two parts: the Upper Volga and the Kama basins, which represent the areas of the Russian Plain with a different composition of the rocks. In the Upper Volga basin, the main source of material are moraines of different ages, in which, according to N. Sudakova and coauthors (2014), the illite component predominates. In the Kama Basin, erosion mainly affects Permian-Triassic rocks, characterized by a significant smectite predominance over other minerals (Mouraviev et al., 2020). The main source of chlorite and kaolinite to the sediments of the Northern Caspian Sea is the catchment area of the Ural River (Turovskiy et al., 1981).

Analysis of the distribution of clay minerals in the KOR-3 core indicates that (1) during the Atelian stage the supply of material from the Kama basin was predominant relative to the Upper Volga; (2) at the beginning of the Khvalynian stage the supply from the Upper Volga basin was predominant, which may have been accompanied by an increase in the contribution of Ural river runoff; by the end of the Khvalynian stage, input from the Kama basin gradually became dominant; (3) in the Mangyshlakian and Novocaspian stages, fluctuations in the ratio of Kama to Upper Volga runoff were insignificant.

4. Conclusions

The results of the analysis of clay mineral distribution in the Upper Quaternary sediments of KOR-3 core allow us to link the first stage of Khvalynian transgression with an increase in runoff from the Upper Volga basin. While the maximum stage of the transgression is more likely related to other reasons (since it is not sharply marked on the distribution curve of minerals in the borehole) - climatic or an increase in river runoff from other areas. On the other hand, during the stages of transition from the Atelian regression to the Khvalynian transgression and during its subsequent decline, the contribution of the Ural River to the material supply of the studied area changed rather not with an increase in runoff, but with the approach of the Ural estuary to the studied area.

Acknowledgements

We thank “Morinzhgeologiya” LLC for the core material.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Biscaye P.E. 1965. Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep-Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans. *Geological Society of America Bulletin* 76: 803-832.
- Mouraviev F., Arefiev M., Silantiev V. et al. 2020. Paleosols and host rocks from the Middle-Upper Permian reference section of the Kazan Volga region, Russia: A case study. *Palaeoworld*, 29-2: 405-425.
- Sorokin V. M., Yanina T. A., Romanyuk B. F. 2023. On the age of upper quaternary deposits of the northern caspian sea. *Moscow University Geology Bulletin* 78(5): 629–639.
- Sudakova N.G., Nemtsova G.M., Glushankova N.I. 2014. Paleogeographical patterns of variability in the composition of moraines in the central part of the East European Plain. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5: Geografia*, 4: 62-68 (in Russian)
- Turovskiy D.S., Kheirov M.B., Rateev M.A. 1981. Localization of clay minerals in the upper layer of bottom sediments of the Caspian Sea. *Lithology and Mineral Resources* 1: 6-17 (in Russian)

Питающие провинции верхнечетвертичных отложений Северного Каспия



Ткач Н.Т.^{1*}, Сорокин В.М.¹, Лукша В.Л.¹, Ткач А.А.²

¹Кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, Геологический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы 1а, Москва, 119991, Россия

²Лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, Географический факультет, МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы 1а, Москва, 119991, Россия

АННОТАЦИЯ. В работе представлено обобщение результатов определения содержаний глинистых минералов в отложениях керна скважины KOR-3 в центральной части Северного Каспия по 19 пробам. Изменение соотношения минералов в верхнечетвертичных отложениях позволяет сделать заключение об истории изменения вклада разных рек и частей Волжского бассейна в привнос седиментационного материала в центральную часть Северного Каспия. В изменении соотношения минералов фиксируется разница в источниках привноса материала в первом и втором этапах хвалынской трансгрессии Каспийского моря, которая на сегодняшний день является одним из наиболее дискуссионных этапов развития Каспия. Это позволяет сделать заключение о её разных причинах в разные этапы подъема уровня моря. Последующие события (глубокая мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия) не связаны с серьезными изменениями в стоке рек, впадающих в Северный Каспий.

Ключевые слова: Каспийское море, хвалынская трансгрессия, глинистые минералы

Для цитирования: Ткач Н.Т., Сорокин В.М., Лукша В.Л., Ткач А.А. Питающие провинции верхнечетвертичных отложений Северного Каспия // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 696-699. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-696

1. Введение

Каспийское море представляет собой крупнейший в мире бессточный внутриконтинентальный водоем. На сегодняшний день он представляет собой озёрную систему, однако в своей четвертичной истории он неоднократно имел связь с Мировым океаном в трансгрессивные этапы развития Каспийского бассейна. Одной из наиболее обширных была хвалынская трансгрессия в конце позднего плейстоцена. Причины, масштабы и временные рамки этой трансгрессии до сих пор остаются предметом дискуссии в научном сообществе.

Данная работа направлена на изучение изменений в питающих провинциях верхнечетвертичных отложений Северного Каспия (ательских, хвалынских, мангышлакских, новокаспийских), что позволяет установить возможные смены источников стока в течение позднего плейстоцена и голоцена и установить, существует ли связь трансгрессивно-регрессивных событий в Каспии со сменой источника привноса седиментационного материала.

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: tkachgeo@gmail.com (Н.Т. Ткач)

Поступила: 02 июня 2024; **Принята:** 08 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

2. Материалы и методы

Скважина KOR-3 пробурена в Широкой депрессии в центральной части акватории Северного Каспия, на глубине моря 12 м, в рамках инженерно-геологических изысканий компанией ООО «Моринжгеология» и передан для исследований на кафедру нефтегазовой седиментологии и морской геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Длина изученной части керна составляет 25 м и, судя по результатам датирования, охватывает вторую половину позднечетвертичного времени (Sorokin et al., 2023).

В рамках исследования для образцов отложений из керна был определен состав глинистых минералов. Состав глинистых минералов для фракции <0.002 мм был изучен рентгенодифрактометрическим методом на анализаторе ДРОН-3М с медным анодом на Геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. Содержание минералов выяв-

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



лялись при помощи метода П. Бискайе (Biscaye, 1965). В составе глинистых минералов отложений были определены следующие составляющие: иллит, смектит и смешаннослойные (далее для простоты обозначения упоминается как «смектит»), каолинит и хлорит.

3. Результаты и их обсуждение

В первую очередь, при анализе содержания глинистых минералов было установлено отсутствие связи их состава с гранулометрическим составом: значимые корреляции для фракций пелита, алевролита и песка с глинистыми минералами не выявлены. Содержание иллита достигает наибольших значений в нижней части морских хвалыньских отложений (55 %). В нижележащих ательских отложениях и вышележащих мангышлакских и новокаспийских его содержания ниже и варьируются в пределах 40-50 %. Содержания смектита имеют высокую отрицательную корреляцию с содержаниями иллита. В ательских отложениях содержится 30-40 % смектита, в нижней части хвалыньских — не более 25 %, а в верхней части хвалыньских и вышележащих мангышлакских и новокаспийских достигает максимальных значений 38-57 %.

Хлорит и каолинит распределяются по отложениям керна несколько по иному принципу. В целом отмечается тренд на уменьшение их содержания от более древних к более молодым отложениям (от 10 к 5 %), но в подошве нижней части хвалыньских отложений отмечаются пики содержаний и хлорита, и каолинита (до 15 %), а в середине верхней части хвалыни отмечаются только относительный пик содержания хлорита (10 %).

Для сравнения состава глинистых минералов в отложениях Северного Каспия с их составом в основном источнике привноса материала в исследуемой зоне — Волге — был проанализирован состав глинистых пород в водосборе Волги. Верхневолжский бассейн был разделен на две части: Верхневолжский и Камский, которые представляют разные по составу пород территории Русской равнины. В Верхневолжском бассейне основным источником материала служат разновозрастные морены, в которых по данным Н. Судаковой и соавторов (2014) отмечается преобладание иллитовой составляющей. В Камском же бассейне эрозии подвержены преимущественно пермско-триасовые породы, для которых характерно существенное преобладание смектита над остальными минералами (Mouraviev et al., 2020). Хлорит и каолинит в отложения Северного Каспия попадают в основном из бассейна р. Урал (Туровский и др., 1981).

Анализ распределения глинистых минералов по скважине KOR-3 позволяет выявить, что (1) в ательскую эпоху существовало преобладание привноса материала из Камского бассейна относительно Верхневолжского; (2) в начале хвалыньской эпохи

было преобладание привноса из Верхневолжского бассейна, которого при этом, возможно, сопровождалось увеличением вклада стока р. Урал; к концу хвалыньской эпохи постепенно становился доминирующим привнос из Камского бассейна; (3) в мангышлакскую и новокаспийскую эпохи флуктуации в соотношении стока из Камского и Верхневолжского бассейнов были незначительны.

4. Заключение

Результаты анализа распределения глинистых минералов в верхнечетвертичных отложениях скважины KOR-3 позволяют установить связь первого этапа хвалыньской трансгрессии с увеличением стока с Верхневолжского бассейна. В то время как максимальная стадия трансгрессии, скорее всего, связана уже с другими причинами (так как она резко не выделяется на кривой распределения минералов по скважине) — климатическими или же увеличением стока из других областей. При этом вклад реки Урал в привнос материала в изученный район менялся скорее не с увеличением стока, а с приближением устья Урала к району в этапы перехода от ательской регрессии к хвалыньской трансгрессии и при ее последующем спаде.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность ООО «Моринжгеология» за предоставленный буровой материал.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Судакова Н.Г., Немцова Г.М., Глушанкова Н.И. 2014. Палеогеографические закономерности изменчивости состава морен в центральной части Восточно-Европейской равнины. Вестник Московского университета. Серия 5: География. №4.: 62-68.
- Туровский Д.С., Хейров М.Б., Ратеев М.А. 1981. Локализация глинистых минералов в верхнем слое донных осадков акватории Каспийского моря. Литология и полезные ископаемые. №1: 6-17.
- Biscaye P.E. 1965. Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep-Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans Geological Society of America Bulletin, 76: 803-832.
- Mouraviev F., Arefiev M., Silantiev V. et al. 2020. Paleosols and host rocks from the Middle-Upper Permian reference section of the Kazan Volga region, Russia: A case study. *Palaeoworld*, 29-2: 405-425.
- Sorokin V. M., Yanina T. A., Romanyuk B. F. 2023. On the age of upper quaternary deposits of the northern Caspian sea. *Moscow University Geology Bulletin*, Vol. 78, no. 5: 629-639.