

## ЗАПИСЬ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕТНЕГО МУССОНА В РАЗРЕЗАХ РАЗНОФАЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВБЛИЗИ НЭБ «СМЫЧКА», ВОСТОЧНОЕ ПРИМОРЬЕ

Н.Г. Разжигаева<sup>1</sup>, Л.А. Ганзей<sup>1</sup>, Т.А. Гребенникова<sup>1</sup>, Л.М. Мохова<sup>1</sup>, П.С. Белянин<sup>1</sup>,  
Т.Р. Макарова<sup>1</sup>, Е.П. Кудрявцева<sup>1</sup>, Т.А. Копотева<sup>2</sup>, М.А. Климин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток*

<sup>2</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск*

**Аннотация.** Проанализировано проявление палеоклиматических событий за последние 7610 лет, определяющих развитие и смену обстановок осадконакопления. Палеорекострукции выполнены на основе комплексного изучения серии разрезов, включающих торфяник Васьковской пади и разнофациальные отложения в нижнем течении р. Монастырка, слагающие лагунную террасу, высокую пойму с погребенным торфяником, накопление которого происходило в старице, и торфяник в бессточной балке. Выделен ряд короткопериодных похолоданий, сопровождавшихся уменьшением увлажнения в условиях ослабления летнего муссона, и периоды высокой водности, связанной с активизацией циклогенеза. Количество атмосферных осадков увеличилось последние 1300 лет, повторяемость и интенсивность паводков увеличивалась в малый ледниковый период.

**Ключевые слова:** климатические изменения, засухи, паводки, циклогенез, голоцен, Дальний Восток

## RECORD OF SHORT-TERM SUMMER MONSOON CHANGES IN DIFFERENT FACIAL SEDIMENT SEQUENCES NEAR SCIENTIFIC STATION «SMYCHKA», EASTERN PRIMORYE

N.G. Razjigaeva<sup>1</sup>, L.A. Ganzey<sup>1</sup>, T.A. Grebennikova<sup>1</sup>, L.M. Mokhova<sup>1</sup>, P.S. Belyanin<sup>1</sup>,  
T.R. Makarova<sup>1</sup>, T.A. Kopoteva<sup>2</sup>, M.A. Klimin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok*

<sup>2</sup>*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk*

**Abstract.** The manifestations of paleoclimatic events over the past 7610 years, determining the development and change of sedimentation environments, are analyzed. Reconstructions are based on multi-proxy study of some sections, including the Vaskovskaya Pad' peat bog and deposits of various facies in the lower reaches of the Monastyrka River – a lagoon terrace, a high floodplain with buried peat bog accumulated in flood lake, and a peat bog in small valley. A series of short-term cold events, accompanied by reduced moisture during the weakening summer monsoon, and periods of high water levels associated with the activation of cyclogenesis were identified. Precipitation has increased over the past 1300 years, recurrence and intensity of floods increased during the Little Ice Age.

**Key words:** climatic changes, droughts, floods, cyclogenesis, Holocene, Far East

**Введение.** Научно-экспедиционная база (НЭБ) «Смычка» расположена в периферийной части Сихотэ-Алинского биосферного района, где более 50 лет проводятся наблюдения за состоянием геосистем как в зонах загрязнения горнорудного производства, так и в фоновых природных условиях [1]. Одним из факторов развития геосистем является климат, определяющий не только их функционирование при современной ситуации, но и влиявший на их эволюционное развитие в голоцене. Особенно важным представляется получение высокоразрешающих реконструкций изменений ландшафтных компонентов, позволяющих

оценить реакцию геосистем на короткопериодные изменения климата. Расположение района около морского побережья определяет высокую информативность изучаемых объектов о процессах, происходивших на контакте «суша-море». Одной из проблем здесь является реконструкция интенсивности летнего муссона, контролировавшего выпадение атмосферных осадков, количество которых существенно менялось в голоцене [6]. Целью работы является анализ изменения увлажнения, как проявления активности летнего муссона, восстановленного на основе развития биотических компонентов и динамики обстановок осадконакопления на побережье и в долинах разнопорядковых водотоков в окрестностях НЭС «Смычка».

**Материалы и методы.** Изучены торфяник Васьковского болота и 5 разрезов разнофациальных отложений в нижнем течении р. Монастырка: среднеголоценовая лагунная терраса, высокая пойма и заболоченная балка на левом борту долины (рис. 1). Биостратиграфическое изучение включало диатомовый, спорово-пыльцевой и ботанический анализы, выполненные по стандартным методикам. Возрастная привязка сделана с помощью моделирования в программе Bacon 2.2 [5] на основе радиоуглеродного датирования. Приведен календарный возраст.

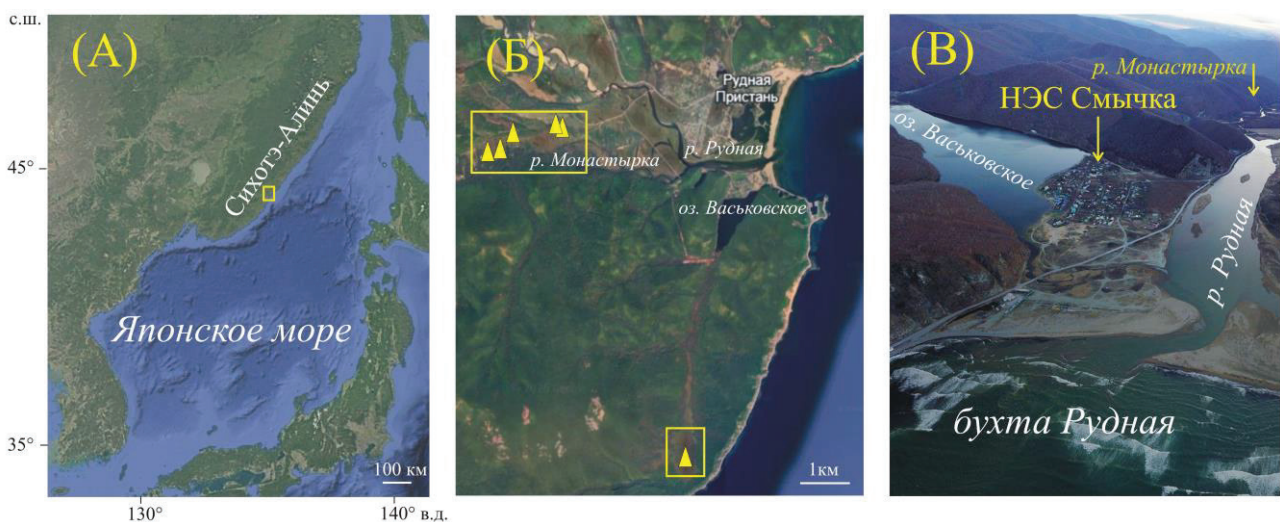


Рис. 1. Район работ: (А) положение района работ в Япономорском регионе; (Б) положение модельных участков с изученными разрезами около НЭС «Смычка»; (В) фото побережья около устья р. Рудная (shpatak.livejournal.com)

**Результаты и их обсуждение.** Реконструкции, сделанные по разрезу торфяника Васьковского болота, охватывают последние ~5120 лет, торф начал накапливаться с 4870 л.н. в условиях перехода к потеплению и увеличению увлажнения [4]. По данным ботанического анализа выделено 5 стадий развития болота. На начальном этапе в условиях избыточного слабо минерализованного грунтового питания с переменным режимом здесь формировалась залежь низинного типа. Основными растениями-торфообразователями были осоки. С 2900 л.н. стало холоднее и суше, болото стало зарастать преимущественно кустарниковой березой. Часто стали проходить пожары. Древесно-осоковый торф накапливался 2120–1180 л.н., среди древесных встречены остатки берез (*Betula ovalifolia*, *B. platyphylla*) и ольхи. При увеличении увлажнения ~1310 л.н. появился гигрофильный сфагновый мох *Sphagnum orientale*. Гидрологический режим стал более контрастным 1180–470 л.н. В последние 470 лет стал более развит древесный ярус.

Анализ распределения диатомей позволил выделить 5 стадий развития болотных обстановок. Увеличение концентраций створок диатомей, рост содержания планктона являются свидетельствами обводнения болота. Наличие видов, характерных для текущих вод, наряду с высокой зольностью торф указывают на прохождение сильных ливней и наводнений.

«Сухие» периоды фиксируются развитием почвенных видов и диатомей, толерантных к осушению поверхности. Развитие болота 5120–2900 л.н. происходило в хорошо увлажненных условиях. Снижение увлажнения и развитие почвенных процессов произошло 2900–2120 л.н, пик содержания арктобореальных диатомей зафиксирован ~2356 л.н. Затем началось постепенное повышение обводненности болота. Присутствие озерно-реофильных видов указывает на влияние проточных вод. Повторяемость наводнений снижалась 1540–1010 л.н. Хорошо обводненное болото существовало 830–200 л.н. С 650 л.н. увеличилось количество арктобореальных диатомей. Последние 200 лет болото развивалось в условиях снижения увлажнения.

Многопородные широколиственные леса, реликты лесной растительности оптимума голоцена, существовали в низкогорье в начале позднего голоцена. Распространение кедра корейского и ели произошло при снижении температурного фона ~3660 л.н. и последующем прогрессирующем похолодании, сопоставимым с глобальным событием 2800–2600 л.н. [14]. Большую роль в снижении увлажнения играло уменьшение интенсивности летнего муссона и активности циклогенеза, связанного с падением температуры поверхности Тихого океана в западной части тропической зоны [12], а также активизация Эль-Ниньо [9]. В этот период при перестройке зимней циркуляции к летней континентальные циклоны стали более активными, струйное течение (Westerly Jet) смещалось к северу [10]. В разрезе торфяника зафиксирован привнос пыли хвойника (3290–2900 л.н.), возможно, с пыльными бурями из внутренних частей континента. В Васьковской пади постоянно происходили пожары, особенно в сухие сезоны 2520–1780 л.н., что привело к развитию березовых лесов на ближайших склонах.

С ростом увлажнения 1310 л.н. связано распространение еловых, кедрово-еловых, а на более низких уровнях – кедрово-широколиственных лесов. В средневековый климатический оптимум увеличились площади дубовых лесов. Роль кедра корейского и темнохвойных, включая пихту, существенно увеличивалась 830 л.н. Участие темнохвойных видов снизилось в последние 200 лет, хотя еще в начале XX в. в горах было много кедра корейского, участие которого в последние десятилетия существенно снизилось. Палиноспектры из кровли торфяника показывают широкое развитие вторичных дубняков с участками, занятыми березой.

На основе изучения 5 разрезов разнофациальных отложений в долине р. Монастырка восстановлено развитие природной среды последние 7440 лет (рис. 2). При подъеме уровня моря до отметок, близких к современному, и ингрессии морских вод в нижнюю часть бассейна р. Рудная береговая линия располагалась ~4 км вглубь суши относительно современной [2]. В нижнем течении р. Монастырка образовалась приустьевая лагуна, в которой происходило осаждение тонких взвесей и начали накапливаться алевро-пелитовые осадки. Речной сток был высоким, количество атмосферных осадков в Приморье в среднем голоцене превышало современные значения на ~400 мм [3]. О высокой повторяемости наводнений свидетельствует низкая концентрация диатомей, которая в некоторые периоды снижалась до  $\leq 6$ –9 тыс. створок/г за счет активного терригенного разбавления. Активизацию летнего муссона подтверждают и данные по изотопам кислорода и углерода из сталагмитов пещеры Тетюхе [13], расположенной в 30 км от района исследований.

Выделено 10 стадий развития лагуны, наибольшее влияние моря отмечено 6910–5640 л.н. По мере проградации береговой линии связь с морем прекратилась, водоем стал пресноводным, заплеск морских вод происходил только в сильные шторма или цунами. Увеличение речного стока, связанного с активизацией циклогенеза, зафиксировано 6800–6600 и 6200–6140 л.н. В разрезе лагунной террасы обнаружены оторфованные прослойки, образованные в кратковременные похолодания при снижении увлажнения. Здесь ярко проявилось похолодание 7310–6910 л.н. (с максимумом 7010–6910 л.н.), близкое по возрасту к холодному событию северного полушария 4с (7020–6780 л.н.), при котором отмечено снижение интенсивности восточноазиатского летнего муссона [7]. Обводнение долины уменьшалось и

около 4200 л.н. Похолодание, сопровождавшееся иссушением, отмечено в многочисленных разрезах на северо-востоке Китая [15], на Корейском п-ове [11] и Японских островах [8].

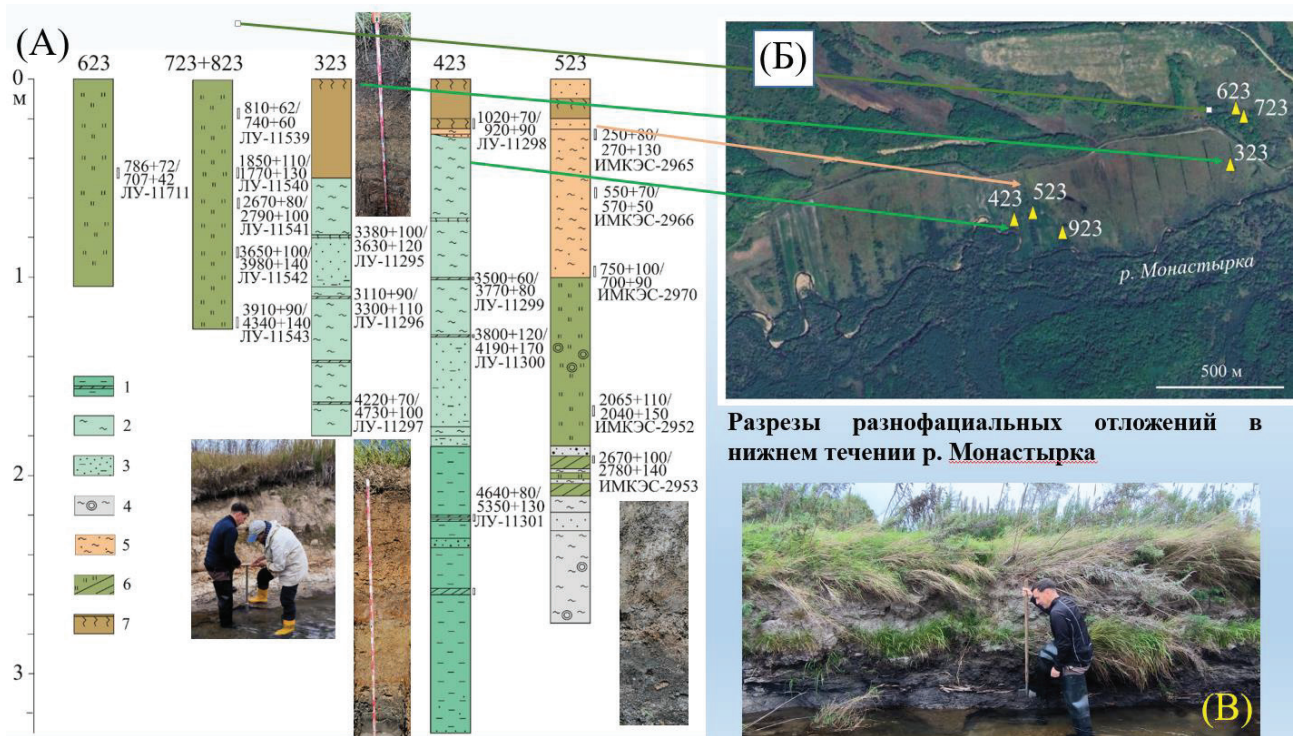


Рис. 2. Строение разнофациальных отложений в нижнем течении р. Монастырка. (А-Б) изученные разрезы, их положение и фото разреза лагунной террасы, (B) разрез высокой поймы с погребенным торфяником; 1 – лагунные алевропелиты с оторфованными прослоями; 2 – озерные отложения; 3 – заиленные пески; 4 – старичные суглинки с древесиной; 5 – пойменные суглинки и супеси; 6 – торф и органо-минеральные отложения; 7 – почва

Спуск водотока связан с малоамплитудной регрессией Японского моря [3] и эрозийным врезом. Уменьшение водности водотока в условиях снижения атмосферных осадков и развитие меандрирования на участке, где ранее существовала лагуна, зафиксировано в разрезе отложений старицы. Здесь при похолодании 2970 л.н. в более сухих условиях начал накапливаться травяно-гипновый и гипновый сильно минерализованный торф с высокой степенью разложения. Выделено 7 стадий развития старицы, связанные с изменением обводнения. Около 2610–1980 л.н. по обрамлению водоема развивались осушки. Значительное участие в растительном покрове принимали ива и береза кустарниковая. Наводнения проходили, но не были интенсивными, лагунная терраса не затапливалась. Часто происходили пожары – в торфе обнаружено много углей. Около 1510 л.н. основными торфообразователями стали осоки (*Carex vesicata*, *C. limosa*, *C. meyeriana*), а также сабельник, хвощ, камыш. Торф накапливался в условиях контрастного увлажнения. При увеличении количества атмосферных осадков 1390–700 л.н. наблюдалось обводнение старицы, но крупных наводнений не было.

Повторяемость наводнений резко увеличилась в условиях активизации летнего муссона и циклогенеза в переходный период от средневекового климатического оптимума и в малый ледниковый период, когда сформировалась высокая пойма. Мощность слоя суглинков, перекрывших погребенный торфяник достигает 1 м. Данные по другим районам Приморья показывают, что весь регион находился в зоне активного циклогенеза.

Изучение торфяника в заболоченной балке показало, что торфообразование по обрамлению палеозера началось ~3500 л.н. Эволюция обстановок осадконакопления шла от

эвтрофного озера к сильно обводненному болоту, особенно значительное снижение обводнения зафиксировано с 2900 л.н., когда широкое развитие получили почвенные диатомеи. Гидрологический режим был неустойчивым. Развитие обводненного болота с участием сфагновых мхов происходило 2700–2250 л.н. с последующим снижением обводнения и образованием осушек 2250–1800 л.н. Более прохладные и сухие условия наблюдались 1470–1270 л.н. с последующим обводнением вплоть до образования озера. Влажные условия наблюдались в малый ледниковый период.

Палиноспектры из разреза погребенного торфяника и отложений высокой поймы позволили выделить 6 фаз развития лесной растительности на склонах и травянистых группировках в долине. Около 2610–1900 л.н. в низкогорье были распространены еловые леса с участием берез, возможно, были фрагменты березняков. Широколиственные леса занимали ограниченные защищенные участки. В долине были развиты ольховые леса с папоротниковым покровом. Около 1900–700 л.н. в составе темнохвойных лесов на склонах стало больше пихты. В конце периода условия были благоприятными для развития кедра корейского и кедрово-широколиственных лесов, почти исчезли долинныи ольховые леса. В условиях похолодания и обводнения 700–630 л.н. стали распространены ельники, на гарях – березняки, появились вторичные дубняки. В долине восстановились ольховые леса, меньше стало открытых пространств. В отложениях, образованных 630–250 л.н., увеличилось содержание пыльцы кедра корейского (до 18%), в отдельных пробах наблюдаются пики пыльцы пихты, несколько снизилась доля пыльцы древесных берез. Встречена пыльца заносных растений и сорняков, что свидетельствует об активной антропогенной деятельности в долине. В верхней части найдена пыльца *Fagopyrum* – вероятно, были посадки гречихи. Найдена пыльца амброзии. Стало меньше пыльцы ольхи – по-видимому, часть долинных лесов была уничтожена и занята пашней и сенокосами. В осадках исторического периода стало больше пыльцы граба, занесенной с юга. Находки аллохтонной пыльцы криптомерии, перенесенной с Японских островов, свидетельствуют об активизации циклогенеза.

### Заключение

Основным фактором, приводящим к изменению лесной и болотной растительности на изученных модельных участках, были короткопериодные разнонаправленные климатические колебания, на фоне которых определенную роль играли пожары, скорее всего, антропогенной природы. При разном уровне теплообеспеченности большое влияние на развитие биотических компонентов оказывали вариации увлажнения, связанные с изменением интенсивности летнего муссона и активностью циклогенеза. Увеличение увлажнения зафиксировано с 1310 л.н., влажно было в средневековый климатический оптимум и малый ледниковый период, который был наиболее благоприятным для распространения темнохвойных лесов и кедра корейского. Выделены периоды с усилением частоты наводнений и более сухие фазы. Наиболее сильные пожары происходили во время освоения территории представителями лидовской культуры и государства Бохай. Данные по бассейну р. Монастырка свидетельствуют о более широком развитии хвойных пород по сравнению с близлежащими участками, расположенными вблизи моря, где более активный ветровой режим и частые туманы. Выделены периоды более широкого развития кедрово-широколиственных лесов, а также образования вторичных березняков на гарях и дубовых лесов в последние столетия. Проведенные исследования имеют важность для выявления унаследованных реликтовых состояний природных компонентов, что является одной из задач геосистемного мониторинга.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024) и в рамках тем государственных заданий № 125021302113-3 и ИВЭП ДВО РАН № 121021500060-4. При подготовке и просмотре проб использовалось оборудование ЦКП ТИГ ДВО РАН.

## Литература

1. Баденков Ю.П., Качур А.Н., Копцев А.П., Кудрявцева Е.П., Шулькин В.М., Христофорова Н.К. Полвека географических исследований и мониторинга в Сихотэ-Алинском биосферном районе (к 50-летию научно-экспериментальной станции «Смычка» // Тихоокеанская география. 2022. – № 4. – С. 60–71. DOI: 10.35735/26870509\_2022\_12\_6
2. Игнатов, Е.И. Береговые морфосистемы. – М.-Смоленск: Маджента, 2004. – 352 с.
3. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С., Разжигаева Н.Г., Волков В.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // Вестник ДВО РАН. – 1997. – № 3. – С. 121–143.
4. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Белянин П.С., Кудрявцева Е.П., Шекман Е.А., Копотева Т.А., Климин М.А. Васьковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене // Тихоокеанская география. 2025. – № 3. – С. 44-64.
5. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. – 2011. V. 6. – Pp. 457–474. <https://doi.org/10.1214/ba/1339616472>
6. Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. Mid- to late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China // Holocene. 2015. V. 25. P. 454–468.
7. Gorbarenko S.A., Shi X., Liu Y., Bosin A.A., Vasilenko Y.P., Artemova A.V., Yanchenko E.A., Zou J., Yao Z., Kirichenko I.S. Reconstructing Holocene centennial cooling events: synthesized temperature changes, chronology, and forcing in the Northern Hemisphere // Front. Earth Sci. 2024. V. 12. P. 1415180. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1415180>
8. Leipe C., Müller S., Hille K., Kato H., Kobe F., Schmid M., Seyffert K., Spengler III R., Wagner M., Weber A.W., Tarasov P. Vegetation change and human impacts on Rebus Island // Quaternary Science Reviews. – 2018. – V.193. – Pp. 129-144. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.06.011>
9. Moy C.M., Seltzer G., Rodbell D.T., Anderson D.M. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch // Nature. 2002. V. 420(6912). Pp. 162–165. <https://doi.org/10.1038/nature01194>
10. Nagashima K., Tada, R., Toyoda, S. Westerly Jet – East Asian summer monsoon connection during the Holocene // Geochem. Geophys. Geosyst. – 2013. – V. 14. – Pp. 5041–5053.
11. Park, J.; Park, J.; Yi, S.; Kim, J.C.; Lee, E.; Choi, J. Abrupt Holocene climate shifts in coastal East Asia, including the 8.2 ka, 4.2 ka, and 2.8 ka BP events, and societal responses on the Korean Peninsula // Scientific Reports. 2019. V. 9. Pp. 10806. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47264-8>.
12. Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch // Nature. 2004. V. 431(7004). Pp. 56–59.
13. Wang K., Zhao J., Cai Y., Zhang H., Li H., Zhang X., Zhang X., Wan J., Gorbarenko S.A., Bersenev Yu.I., Vasilenko Yu.P., Cheng H. Contrasting responses of monsoon rainfall and speleothem oxygen isotope between Northeast Asia and North China during the early-mid Holocene // Geophysical Research Letters. – 2025. – V. 52. P. e2025GL114717. <https://doi.org/10.1029/2025GL114717>
14. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. Structure and origin of Holocene cold events // Quaternary Science Review. – 2011. – V. 30. – Pp. 3109–3123.
15. Zhou X., Liu X., Zhan T., Oyebanji D.B., Zhang J., Tu L., Jiang S. Low-latitude forcing on 4.2 ka event indicated by records in the Asian monsoon region // Global and Planetary Change. 2024. V. 235. Pp. 104401. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104401>