

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.79; 551.351

Ю.П. Безродных<sup>1</sup>, Т.А. Янина<sup>2</sup>, В.М. Сорокин<sup>3</sup>, Б.Ф. Романюк<sup>4</sup>

## СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ ГОЛОЦЕНА СЕВЕРНОГО КАСПИЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И УРОВНЯ МОРЯ

Выявление поведения уровня Каспийского моря в условиях разномасштабных и разнонаправленных изменений климата в голоцене и его отражение в строении осадочной толщи Северного Каспия выполнено на основе исследования двухчастотных сейсмоакустических профилей и керна скважин и колонок литологическим, фаунистическим и геохронологическим методами. В строении голоценовой толщи осадков Северного Каспия отражены разномасштабные палеогеографические события голоцена: мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия, развивавшаяся стадийно. Они были вызваны изменениями климата разного масштаба и направленности. Мангышлакская регрессия до –90 м имела место в бореальную (схема Блитта–Сернандера) эпоху раннего голоцена, характеризовавшуюся сравнительно высокой теплообеспеченностью и сухостью. Резкое кратковременное похолодание «8200 event» с одновременным усилением аридности вызвало максимальное снижение уровня бассейна в завершающую фазу регрессивной эпохи. В развитии новокаспийской трансгрессии выражены 3 трансгрессивные стадии: первая развивалась в эпоху теплого и влажного климата атлантического оптимума голоцена; вторая явилась откликом на эпоху позднесуббореального похолодания и высокой увлажненности на Восточно-Европейской равнине; в развитии третьей стадии, охарактеризованной двумя группами дат 1700–1100 и 700–360 л. н., hiatus между ними дает основание к предположению о снижении уровня Каспия в теплый сухой период средневековья, а вторая группа дат отвечает трансгрессивному подъему Каспия в прохладный и влажный климатический эпизод (малый ледниковый период). Трансгрессивные стадии охарактеризованы разными малакофаунистическими сообществами: в раннем новокаспийском бассейне господствовали слабо солоноватоводные виды при незначительном участии моллюсков рода *Didacna*; средняя стадия отличалась широким развитием моллюсков рода *Didacna* и появлением *Cerastoderma glaucum*; видовой состав поздней стадии аналогичен современному, на последних этапах ее развития появились черноморские виды *Mytilaster lineatus* (случайно занесен с судами в начале XX века) и *Abra ovata* (акклиматизирован в середине XX века для питания осетровых). Регрессивные фазы с падением уровня до 9 м отвечали суббореальному термическому максимуму голоцена и этапу потепления и сокращения количества осадков в бассейне Волги.

*Ключевые слова:* Северный Каспий, голоцен, изменения климата, строение отложений.

**Введение.** Колебания уровня Каспия в палео времени зависели от многих факторов: глобальных и региональных климатических изменений, перестройки гидрографической сети, неотектонических процессов, осадконакопления в бассейне и других. На разных этапах геологической истории Каспия уровень их влияния был разным. В голоцене определяющая роль принадлежала разномасштабным и разнонаправленным изменениям климата.

Голоцен, несмотря на свою относительно небольшую продолжительность (~11,5 тыс. лет), характеризуется значительными изменениями климата. Согласно схеме Блитта–Сернандера, он включает 5 климатических периодов: пребореальный (11 700–10 500 л. н.), бореальный (10 300–8800 л. н.), атлантический (8800–5300 л. н.), суббореальный (5300–

2600 л. н.) и субатлантический (с 2600 л. н.) [Борисова, 2014; Новенко, 2016]. Н.А. Хотинским [1977] для территории Северной Евразии выделены три термических максимума голоцена: бореальный (9900–9200 л. н.), атлантический (6800–5800 л. н.) и суббореальный (4700–3600 л. н.). Наиболее ярко в Европе проявился атлантический максимум [Динамика ландшафтных компонентов, 2002]. Заметные периоды похолодания относятся к концу пребореального, к рубежу бореального и атлантического периодов [Хотинский, 1977; Борисова, 2014]. Короткопериодное похолодание зафиксировано около 8200 лет назад («8.2 kyr event») [Alley et al., 1997; Thomas et al., 2007]. В постоптимальном периоде голоцена похолодание и увлажнение климата, часто называемое «неогляциал», зафиксировано в начале суббореального периода [Хо-

<sup>1</sup> АО Моринжгеология, г. Рига, Латвия, гл. геолог, канд. геол.-минерал. н.; e-mail: officeRiga@morinzgeologia.lv

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор; лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, зав. лабораторией, докт. геогр. н.; e-mail: paleo@inbox.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, профессор; докт. геол.-минерал. н.; e-mail: vsorok@rambler.ru

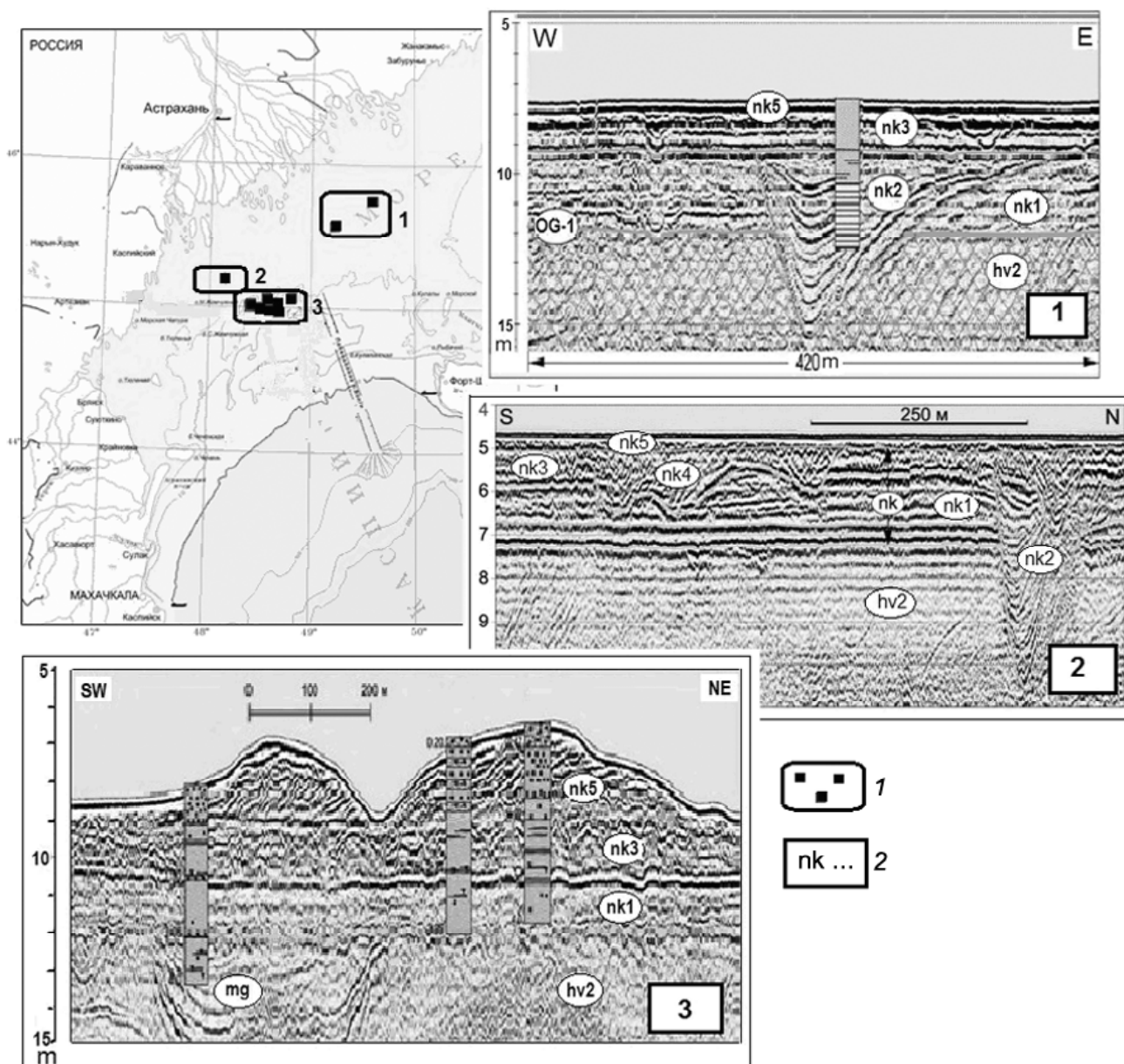
<sup>4</sup> АО Моринжгеология, г. Рига, Латвия, ст. геолог, канд. геол.-минерал. н.; e-mail: officeRiga@morinzgeologia.lv

тинский, 1977; Wanner et al., 2008; Борисова, 2014]. В течение последнего тысячелетия имели место две ярко выраженных климатических фазы: «средневековый климатический оптимум» (950–1250 гг.) и «малый ледниковый период» (1400–1700 гг.) [Mann et al., 2009; Климанов с соавт., 1995; Борисова, 2014].

Событийная схема голоцена Каспия включает мангышлакскую регрессивную и новокаспийскую трансгрессивную эпохи. Различные вопросы развития этих бассейнов рассматриваются в многочисленных публикациях [Федоров, 1978; Хрусталева, Ковалев, 1991; Рычагов, 1993; 1997; Hoogendoorn et al., 2005; Kroonenberg et al., 2007, 2008; Безродных с соавт., 2014; Свиточ, 2011; Leroy, 2010; Leroy

et al., 2013; Янина с соавт., 2011; Болиховская, 2011; Bolikhovskaya, Kasimov, 2010; Richards et al., 2017; Сорокин с соавт., 2017]. Практически все аспекты проблемы колебаний уровня Каспия: их количество, масштаб, временные рамки, связь с климатическими изменениями и пр., являются дискуссионными. Выявление поведения уровня Каспийского моря в условиях разномасштабных и разнонаправленных изменений климата в голоцене и его отражение в строении осадочной толщи Северного Каспия – основная задача работы.

**Материал и методы.** Основой для палеорекострукций явились комплексные исследования голоценовой толщи осадков в Северном Каспии (**рис.**),



Северный Каспий. Местоположение изученных площадей и строение осадочной толщи. Обозначения: 1 – изученные площади придельтовой равнины (1 – северо-восточный участок, 2 – западный участок, 3 – южный участок); 2 – строение осадочной толщи на изученных участках. Буквенные обозначения и описание слоев в тексте

The Northern Caspian Sea. Location of the studied areas and the structure of sedimentary series. 1 – studied areas of the pre-deltaic plain (1 – the northeast site, 2 – the western site, 3 – the southern site); 2 – structure of sedimentary series within the studied sites. Alphabetic references and the description of layers see in the text

строение которой отражает трансгрессивно-регрессивные события разного масштаба. Результаты обработки двухчастотных сейсмоакустических профилей позволили стратифицировать разрез и провести пространственную корреляцию отложений. С опорой на эти данные выполнено инженерно-геологическое бурение скважин и взятие донных колонок. КERN изучен литологическим, фаунистическим и геохронологическим методами. Радиоуглеродные датировки по раковинному материалу и гуминовым кислотам получены в лабораториях Московского и Санкт-Петербургского государственных университетов, Санкт-Петербургского педагогического университета и в Институте географии РАН. Калиброванный возраст рассчитан по программе CalPal Кельнского университета [B. Weninger, O. Joris, and U. Danzeglocke, 2006; www.calpal.de]. Резервуарный эффект учтен согласно работе [Kuzmin et al., 2007]. Материалы о климатических событиях голоцена взяты из литературных источников.

#### Результаты исследований и их обсуждение.

Анализ мангышлакских отложений, включающий особенности их распространения, состав и возраст, рассмотрены нами в публикациях [Безродных с соавт., 2014; Bezrodnykh, Sorokin, 2016]. Сделан вывод, что они накопились в речных врезках и многочисленных палеопонижениях субширотного направления. На основании изучения органических остатков, сохранившихся в осадках, сделан вывод, что в понижениях в этот период существовали пресноводные и слабо солоноватоводные водоемы. По данным радиоуглеродного датирования, заполнение палеопонижений рыхлым материалом произошло во временном интервале 9860–6350 <sup>14</sup>C лет (~11 400–7300 календарных лет назад). Положение палеоавандельты на современных глубинах 45–60 м может служить свидетельством снижения уровня Каспия до этих отметок.

Новокаспийские отложения, согласно данным сейсмоакустического профилирования, несогласно перекрывают верхнехвалынские осадки и палеоврезы мангышлакской эпохи. Новокаспийская толща неоднородна по строению. Южнее авандельты Волги в Северном Каспии до зоны глубин 6–8 м простирается придельтовая равнина. В строении новокаспийских отложений как северо-восточных, так и западных участков равнины, выделяется три слоя с горизонтальной и субгоризонтальной слоистостью (рис. 1, участки 1 и 2, nk1, nk3, nk5), разделенных ярко выраженными размывами. Стратиграфический перерыв между слоями nk1 и nk3 выражен в виде эрозионных врезок, выполненных осадками со структурой заполнения. Глубина врезок достигает 8–9 м. Эрозионные врезы прослеживаются в строении западного участка равнины и между слоями nk3 и nk5.

Нижний слой (nk1) представляет собой разнопесчаные отложения, иногда с супесчаными прослоями, включающие раковины каспийских моллюсков *Didacna barbotdemarnyi*, *D. baeri*, *Monodacna caspia*, *Adacna laeviuscula*, *A. vitrea*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*,

*Theodoxus pallasi*, *Clessiniola variabilis*, *Micromelania caspia*, с редкими представителями пресноводной фауны *Unio sp.* Слой, залегающий выше (nk3), характеризуется усилением роли дидакн *Didacna barbotdemarnyi*, *D. longipes*, *D. trigonoides*, а также появлением раковин *Cerastoderma glaucum*. Радиоуглеродная датировка 3324±50 лет (табл.). Видовой состав в верхнем новокаспийском слое самый многочисленный, он включает *Cerastoderma glaucum*, *Didacna barbotdemarnyi*, *D. baeri*, *D. longipes*, *D. trigonoides*, *D. pyramidata*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Theodoxus pallasi*, *Monodacna caspia*, *M. Angusticostata*, *Adacna vitrea*, *A. laeviuscula*, *Hypanis plicatus*, *Clessiniola variabilis*, *Micromelania caspia*, в самой верхней его части появляются *Mytilaster lineatus* и *Abra ovata*.

Палеодепрессии (nk2 и nk4) заполнены в основном тонкослойными глинистыми осадками, обогащенными растительным детритом. В составе фаунистического материала преобладают раковины пресноводных моллюсков (*Viviparus viviparus*, *Unio sp.*, *Lymnaea stagnalis*, *Planorbis sp.*). Датирование радиоуглеродным методом раковин моллюсков комплекса nk2 дало результат 4912±70 и 4130±70 лет, датирование органического материала (гуминовые кислоты) показало результаты 4170±70, 4610±70 и 3520±50 лет. Радиоуглеродный возраст раковинного материала из более поздних врезок (nk4) 2254±50 лет. Датирование гуминовых кислот показало возраст 2620±60 и 2860±60 лет.

На южной окраине равнины в интервале минус 32–35 м ракушечные отложения слагают валлообразные тела субширотного направления, представляющие, судя по их морфологии и строению, затопленные береговые образования. Строение новокаспийской толщи здесь трехчленное (рис. 1, участок 3). Нижний слой (nk1) сложен песком пылеватым, с рассеянным тонким растительным детритом, с включениями раковин моллюсков *Didacna barbotdemarnyi*, *Monodacna caspia*, *Adacna vitrea*, *A. laeviuscula*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Clessiniola variabilis*, *Lithoglyphus (Pseudammnicola) caspius*. Радиоуглеродный возраст раковинного материала 4130±70 лет. С размывом слой перекрыт песчаными осадками (nk3) с многочисленными раковинами *Cerastoderma glaucum*, *Didacna barbotdemarnyi*, *D. parallella*, *D. trigonoides*, *Monodacna caspia*, *Adacna vitrea*, *A. laeviuscula*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Clessiniola variabilis*, *Micromelania caspia*, *Theodoxus pallasi*. В верхнем слое (nk5) наряду с раковинами видов, отмеченных в лежащих ниже осадках, появляются раковины *Abra ovata* и *Mytilaster lineatus*. Радиоуглеродная датировка 860±40 лет.

Отложения нижнего слоя (nk1) часто прорезаны эрозионными формами, проникающими в подстилающие его осадки. Они проявляются как речные врезы и палеоложбины, вытянутые в юго-восточном направлении. Врезы в нижней части заполнены глинистыми грунтами, в верхней – песками пыле-

ватами, включающими тонкие прослойки глинисто-го грунта. В них часты включения раковин слабосо-новатоводных и пресноводных моллюсков *Monodacna caspia*, *Adacna laeviuscula*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Clessiniola variabilis*, *Unio sp.* Согласно результатам радиоуглеродного датирования, их возраст  $2895 \pm 60$ ,  $3200 \pm 50$  лет.

Анализ строения толщи новокаспийских отложений придельтовой равнины Северного Каспия показал, что в ней выделяются 5 сейсмоакустических комплексов (nk1–nk5). Комплексы nk1 и nk3 отличаются преимущественно слоистой структурой, определяемой протяженными субгоризонтальными отражающими поверхностями. Комплексы nk2 и nk4 представляют собой фации заполнения русел и/или озерных впадин, наиболее крупные из которых прорезают всю толщу новокаспийских, часто мангышлакских и верхнехвалынских, отложений на глубину до 10 м. Маломощный верхний комплекс nk5 несогласно перекрывает отложения комплексов nk4 и nk3 и сложен песчано-раковинными осадками.

Можно заключить, что в строении осадочной толщи Северного Каспия зафиксированы разномасштабные палеогеографические события голоцена: глубокая мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия, развивавшаяся стадийно. Мангышлакская регрессия датируется временным интервалом ~11 500–8000 лет. В климатическом отношении эта эпоха раннего голоцена (бореал, согласно схеме Блитта–Сернандера) характеризовалась сравнительно высокой теплообеспеченностью и сухостью [Хотинский, 1977; Mangerud et al., 1974; Борисова, 2014]. Такое соотношение климатических показателей привело к повышению отрицательной составляющей водного баланса Каспия и его регрессии. Результаты палинологического анализа свидетельствуют о ксерофитизации растительного покрова в Каспийском регионе в эпоху мангышлакской регрессии [Абрамова, 1974; Вронский, 1987; Букреева, Вронский, 1995; Болиховская, 2011; Leger et al., 2013]. Среднегодовое количество осадков меньше современных значений реконструировано для бассейна Волги в период до 9500 л. н. [Новенко, 2016]. Временной интервал развития мангышлакской регрессии завершился ярким климатическим событием, так называемым «8200 event», резким кратковременным похолоданием [Alley et al., 1997; Борисова, 2014], приведшим к усилению аридности. Именно на завершающем этапе мангышлакской регрессивной эпохи, согласно заключению Маева [2009], отмечалось максимальное снижение уровня Каспия.

Эпоха трансгрессивного подъема уровня, в строении новокаспийской толщи отраженная слоем nk1, датируется интервалом 8200–5600 лет назад. В климатическом отношении (атлантический оптимум голоцена) ее большая часть относится к эпохе теплого и влажного климата [Хотинский, 1977; Величко, 2012; Новенко, 2016]. Согласно [Panin, Matlakhova, 2015], флювиальная активность на Восточно-Европейской равнине была умеренная. Вывод

о существовании продолжительного этапа потепления и увлажнения климата в Нижнем Поволжье в интервале ~8500–7600 л. н. сделан Болиховской [2011]. А позднеатлантический интервал, длившийся с 6100 до 5000 л. н., по уровню и соотношению теплообеспеченности и влагообеспеченности растительного покрова охарактеризован ею как главный климатический оптимум голоцена для этой территории. Очевидно, это эпоха максимального подъема уровня Каспия в голоцене [Варущенко с соавт., 1987; Рычагов, 1997].

Регрессивная стадия (nk2) имеет возрастные рамки 5600–3700 л. н. Уровень Каспия снизился на 8 м, придельтовая равнина вышла из-под каспийских вод и подверглась эрозионному расчленению и воздействию субаэральных процессов. Состав осадков, заполняющих котловины, свидетельствует о том, что это были озерные водоемы типа современных ильменей в дельте Волги. В климатическом отношении это период суббореального термического максимума голоцена (4700–3600 л. н), установленный для Восточно-Европейской части России [Хотинский, 1977]; период низкой флювиальной активности на территории бассейна Волги [Panin, Matlakhova, 2015]. Н.С. Болиховской [2011] с 5000 до 4200 л. н. в Нижнем Поволжье реконструированы условия относительного иссушения климата; фаза импульсного иссушения климата, приведшего к господству степных и полупустынных ценозов на водоразделах, установлена ею в интервале ~3700–3500 л. н.

Трансгрессивная стадия (nk3) охватывала временной интервал 3600–3400 л. н. Это была эпоха поздне-суббореального похолодания на Восточно-Европейской равнине [Хотинский, 1977]. О высокой увлажненности на территории водосборного бассейна Волги свидетельствует флювиальная активность малых и средних рек [Panin, Matlakhova, 2015] и фаза роста оврагов, имевшая место 3600–3000 л. н. [Panin et al., 2011]. Фаза увлажнения климата, начавшаяся около 3500 л. н., реконструирована для Нижней Волги [Болиховская, 2011].

Регрессивная стадия (nk4) датируется 3080–2300 л. н. Уровень бассейна упал на 6–8 м, в придельтовой равнине образовались врезы, заполненные пресной водой. Очевидно, это был отклик Каспия на этап потепления и сокращения количества осадков в бассейне Волги [Новенко, 2016]. Отмечено снижение флювиальной активности [Panin, Matlakhova, 2015].

Последовавшее вслед за регрессивным событием поднятие уровня Каспия произошло после 2300 лет назад. Этому периоду позднего голоцена отвечают две ярко выраженные климатические фазы: «средневековый климатический оптимум» (950–1250 гг.), с количеством осадков на Восточно-Европейской равнине на 25–50 мм ниже современного [Климанов с соавт., 1995], и «малый ледниковый период» (1400–1700 гг.) [Mann et al., 2009; Климанов с соавт., 1995; Борисова, 2014]. Трансгрессивные осадки в Северном Каспии имеют даты 1700–1100 и 900–360 л. н. Условия бассейна и их малакофауни-

## Датировки и фаунистический состав новокаспийских отложений Северного Каспия

Лабораторный номер	Материал	Номер слоя	Фаунистический состав	Возраст <sup>14</sup> C	Календарный возраст
1	2	3	4	5	6
МГУ–1567	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. parallella</i>	Соврем.	Соврем.
МГУ–1572	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	860±40	357–499
ЛУ–8160	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1180±70	788–946
ЛУ–6878	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1240±70	885–1013
МГУ–1511	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1330±60	948–1099
МГУ–1560	PM	nk5	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. parallella</i>	1690±40	1304–1416
МГУ–1656	PM	nk5	<i>Monodacna caspia</i> , <i>D. parallella</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	2050±60	1544–1691
СПб–2007	PM	nk4	<i>Viviparus viviparus</i>	2254±50	2341–2301
ИГ–5096	OM	nk4	–	2620±60	2709–2799
МГУ–1638	PM	nk4	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i>	2750±60	2286–2552
МГУ–1662	OM	nk4	–	2830±70	2753–3214
ИГ–5098	OM	nk4	–	2860±60	2919–3064
МГУ–1571	PM	nk4	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	2895±60	2952–3080
МГУ–1566	PM	nk3	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Adacna leviuscula</i>	3200±50	3370–3464
СПб–2005	PM	nk3	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. longipes</i>	3324±50	3611–3544
ЛУ–6130	PM	nk2	–	3520±50	3720–3804
МГУ–1635	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4050±60	3867–4124
МГУ–1644	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4305±80	4199–4498
МГУ–1661	OM	nk2	–	3980±200	4222–4652
МГУ–1570	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4130±70	4569–4714
МГУ–1637	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4500±100	4474–4787
МГУ–1619	OM	nk2	–	4610±70	4595–4853
ИГ–5097	OM	nk2	–	4170±70	4615–4766
МГУ–1512	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4780±50	4830–5069
СПб–2012	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4912±70	5718–5590
МГУ–1617	OM	nk2	–	6350±100	6604–6902
МГУ–1614	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. baeri</i>	5225±110	5382–5645
ЛУ–6920	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	5700±430	5841–6739
МГУ–1563	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	5750±80	5972–6208

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
МГУ–1643	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. baeri</i>	6410±100	6663–6961
МГУ–1509	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	6610±60	6944–7165
МГУ–1559	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	6830±60	7220–7396
МГУ–1615	OM	nk1	–	6590±100	7426–7571
МГУ–1660	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i>	7330±70	7635–7833
МГУ–1618	OM	nk1	–	7420±130	7736–8002
ЛУ–6133	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna parallella</i>	7610±60	7924–8117
СПб–1994	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	7153±70	7927–8031
ЛУ–6134	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	7680±80	7960–8178
МГУ–1611a	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha polymorpha</i>	7300±100	7999–8199
ЛУ–8152	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	8090±160	8311–8736
ЛУ–8154	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	8300±170	8533–8996
МГУ–1611	OM	nk1	–	8100±300	8637–9317

Примечание. МГУ – Московский государственный университет, ЛУ – Санкт-Петербургский государственный университет, СПб – Санкт-Петербургский педагогический университет, ИГ – Институт географии РАН; PM – раковины моллюсков, OM – органический материал.

стический облик были близки современным. На последних этапах развития бассейна (начало и середина XX века) его заселила черноморская фауна, случайно (*Mytilaster lineatus*) и целенаправленно (*Abra ovata*) занесенная человеком.

**Выводы:**

– в строении голоценовой толщи осадков Северного Каспия отражены разномасштабные палеогеографические события голоцена: мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия, развивавшаяся стадийно. Они были вызваны изменениями климата разного масштаба и направленности;

– мангышлакская регрессия до –90 м имела место в бореальную (схема Блитта–Сернандера) эпоху раннего голоцена, характеризовавшуюся сравнительно высокой теплообеспеченностью и сухостью. Резкое кратковременное похолодание «8200 event» с одновременным усилением аридности вызвало максимальное снижение уровня бассейна в завершающую фазу регрессивной эпохи;

– в развитии новокаспийской трансгрессии выражены три трансгрессивные стадии: первая развивалась в эпоху теплого и влажного климата атлантического оптимума голоцена; вторая явилась откликом на эпоху позднесуббореального похолодания

и высокой увлажненности на Восточно-Европейской равнине; в развитии третьей стадии, охарактеризованной двумя группами дат 1700–1100 и 700–360 л. н., hiatus между ними дает основание к предположению о снижении уровня Каспия в теплый сухой период средневековья, а вторая группа дат отвечает трансгрессивному подъему Каспия в прохладный и влажный климатический эпизод (малый ледниковый период);

– трансгрессивные стадии охарактеризованы разными малакофаунистическими сообществами: в раннем новокаспийском бассейне господствовали слабосононоватоводные виды при незначительном участии моллюсков рода *Didacna*; средняя стадия отличалась широким развитием моллюсков рода *Didacna* и появлением *Cerastoderma glaucum*; видовой состав поздней стадии аналогичен современному, на последних этапах ее развития появились черноморские виды *Mytilaster lineatus* (случайно занесен с судами в начале XX века) и *Abra ovata* (акклиматизирован в середине XX века для питания осетровых);

– регрессивные фазы с падением уровня до 9 м отвечали суббореальному термическому максимуму голоцена и этапу потепления и сокращения количества осадков в бассейне Волги.

**Благодарности.** Инженерно-геологические изыскания выполнены АО «Моринжгеология» (г. Рига) по проекту ООО «Лукойл». Фациально-литологический анализ выполнен при поддержке РФФИ (проект № 18-05-00684). Фаунистический и геохронологический анализы выполнены при поддержке РФФИ (проект № 16-17-10103).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова Т.А.* Реконструкция палеогеографических условий эпох четвертичных трансгрессий и регрессий Каспийского моря (по данным палеоботанических исследований). Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М., 1974. 24 с.
- Безродных Ю.П., Делия С.В., Романюк Б.Ф., Федоров В.И., Сорокин В.М., Лукиа В.Л.* Мангышлакские отложения (голоцен) Северного Каспия // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 4. С. 88–108.
- Болховская Н.С.* Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 13–27.
- Борисова О.К.* Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
- Букреева Г.Ф., Вронский В.А.* Палиностратиграфия и палеогеография Каспийского моря в голоцене по результатам моделирования палеоклимата // Палинология в России. 1995. Т. 2. С. 12–25.
- Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К.* Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремене. М.: Наука, 1978. 238 с.
- Величко А.А.* Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
- Вронский В.А.* Стратиграфия и палеогеография Каспийского моря в голоцене // Изв. РАН, серия геолог. 1987. № 2. С. 73–82.
- Климанов В.А., Хотинский Н.А., Благовещенская Н.В.* Колебания климата за исторический период в центре Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. № 1. С. 89–96.
- Маев Е.Г.* Фазы мангышлакской регрессии Каспийского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 1. С. 15–20.
- Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата центральной и восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. Автореф. дис. ... докт. геогр. н., 2016. 44 с.
- Рычагов Г.И.* Уровненный режим Каспийского моря за последние 10 000 лет // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. № 2. С. 38–49.
- Свиточ А.А.* Голоценовая история Каспийского моря и других окраинных бассейнов Европейской России: сравнительный анализ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 28–37.
- Сорокин В.М., Янина В.М., Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф.* Строение, возраст и условия накопления новокаспийских отложений Северного Каспия // Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа. М.: Географический факультет МГУ, 2017. С. 133–136.
- Федоров П.В.* Плейстоцен Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 165 с.
- Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
- Хрусталева Ю.П., Ковалев В.В.* Основные этапы позднелейстоценовой и голоценовой истории Северного Каспия // Палеогеография и геоморфология Каспийского региона в плейстоцене. М.: Наука, 1991. С. 106–116.
- Янина Т.А., Свиточ А.А., Весселинг Ф.П.* Биоразнообразие малакофауны Каспийского моря в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 38–48.
- Alley R.B., Mayevski P.A., Sowers T. et al.* Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago // *Geology*. 1997. № 25. P. 483–486.
- Bezrodnykh Yu.P., Sorokin V.M.* On the age of the Mangyshlakian deposits of the Northern Caspian Sea // *Quaternary Research*, 2016. № 85(2). P. 245–254.
- Bolikhovskaya N.S., Kasimov N.S.* The evolution of climate and landscapes of the lower Volga region during the Holocene // *Geography. Environment. Sustainability*, 2010. № 2(3). P. 78–97.
- Danzeglocke U., Jöris O., Weninger B.*, CalPal\_2007online. [http://www.calpal\\_online.de/](http://www.calpal_online.de/).
- Hoogendoorn R.M., Boels J.F., Kroonenberg S.B., Simmons M.D., Aliyeva E., Babazadeh A.D., Huseynov D.* Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian sea level changes // *Marine Geology*. 2005. № 222–223. P. 359–380.
- Kroonenberg S.B., Abdurakhmanov G.M., Badyukova E.N., van den Borg K., Kalashnikov A., Kasimov N.S., Rychagov G.I., Svitoch A.A., Vonhof H.B., Wesselingh F.P.* Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea // *Quaternary International*. 2007. № 173–174. P. 137–143.
- Kroonenberg S.B., Kasimov N.S., Lychagin M.Yu.* The Caspian Sea, a natural laboratory for sea-level change // *Geography, Environment, Sustainability*, 2008. № 1(1). P. 22–37.
- Kuzmin Ya.V., Nevesskaya L.A., Krivonogov S.K., Burr G.S.* Apparent 14C ages of the 'pre-bomb' shells and correction values (R,  $\delta R$ ) for Caspian and Aral Seas (Central Asia) // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 2007. № 259. P. 463–466.
- Leroy S.A.G.* Palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes in the Caspian Sea region since the Lateglacial from palynological analyses of marine sediment cores // *Geography, Environment, Sustainability*, 2010. № 2. P. 32–41.
- Leroy S.A.G., Tudryn A., Chalif F., Lopez-Merino L., Gasse F.* From the Allerød to the mid-Holocene: palynological evidence from the south basin of the Caspian Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2013. № 78. P. 77–97.
- Mangerud J., Andersen S.T., Berglund B.E., Dorrner J.J.* Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification // *Boreas*. 1974. № 3. P. 109–128.
- Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S. et al.* Global signatures and dynamical origins of the little ice age and medieval climate anomaly // *Science*. 2013. № 326. P. 1256–1260.
- Panin A., Fuzeina Yu., Karevskaya I., Sheremetskaya E.* Mid-Holocene gullying indicating extreme hydroclimatic events in the centre of the Russian plain // *Geographia Polonica*. 2011. № 84. Special Issue. Part 1. P. 95–115.
- Panin A., Matlakhova E.* Fluvial chronology in the East European plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // *Catena*. 2015. № 130. P. 46–61.
- Richards K., Mudie P., Rochon A., Bolikhovskaya N., Hoogendoorn R., Verlinden V.* Late Pleistocene to Holocene evolution of the Emba delta, Kazakhstan, and coastline of the north-eastern Caspian Sea: Sediment, ostracods, pollen and dinoflagellate cyst records // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017. № 468. P. 427–452.
- Rychagov G.I.* Holocene oscillations of the Caspian Sea, and forecasts based on palaeogeographical reconstructions // *Quaternary International*. 1997. № 41/42. P. 167–172.
- Thomas E.R., Wolff E.W., Mulvaney R. et al.* The 8.2 ka event from Greenland ice cores // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 26. P. 70–81.
- Wanner H., Beer J., Butikofer J. et al.* Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 27. P. 1791–1828.

Поступила в редакцию 10.04.2018  
Принята к публикации 21.05.2018

Yu.P. Bezrodnykh<sup>1</sup>, T.A. Yanina<sup>2</sup>, V.M. Sorokin<sup>3</sup>, B.F. Romanyuk<sup>4</sup>STRUCTURE OF THE HOLOCENE SEDIMENTARY SERIES  
OF THE NORTHERN CASPIAN SEA AS A REFLECTION  
OF CLIMATE AND SEA LEVEL CHANGES

Oscillations of the Caspian Sea level under climate changes of different scale and direction during the Holocene and their reflection in the structure of the sedimentary series of the Northern Caspian Sea area were studied through the analysis of two-frequency seismoacoustic profiles and the drill cores using lithological, malacofaunistic, and geochronological (radiocarbon) methods. The analysis of the Holocene sedimentary series of the Northern Caspian Sea revealed palaeogeographic events of different scale, namely the Mangyshlak regression and the multiple-stage New Caspian transgression. Both resulted from climatic changes varying in scale and direction. The Mangyshlak regression down to –90 m occurred in the Boreal period (according to the Blytt-Sernander scheme) of the Early Holocene characterized by rather high level of heat supply and aridity. A short-term sharp cooling known as «8200 event» and a simultaneous increase in aridity resulted in the maximum drop of the Caspian Sea level at the final stage of the regression. The New Caspian transgression had three transgressive stages: the first one developed under warm and wet climate of the Holocene Atlantic optimum; the second one was a response to the Subboreal cooling and increasing moisture supply on the East European Plain; the third stage is characterized by two groups of dates 1700–1100 and 700–360 yr BP and the hiatus between them suggests a lower level of the Caspian Sea at the warm and dry medieval interval, while the second group of the dates corresponds to the Caspian Sea level rise during cool and wet climate of the Little Ice Age. The transgressive stages are characterized by different mollusk assemblages: slightly brackish-water species were dominant in the early New Caspian basin, the presence of *Didacna* genus mollusks was insignificant; the middle transgressive stage is noted for widely spread mollusks of *Didacna* genus and the advent of *Cerastoderma glaucum*; the species composition of the late transgressive stage is similar to the present-day one and at the latest stages of its evolution some of the Black Sea species appeared, such as *Mytilaster lineatus* (brought in by chance with ships in the early 20<sup>th</sup> century) and *Abra ovata* (acclimatized intentionally as a sturgeon feed in the mid-20<sup>th</sup> century). The regressive phases when the sea level went down to 9 m corresponded to the Subboreal thermal maximum of the Holocene and the period of warming and decreasing rainfall in the Volga drainage basin.

*Key words:* Northern Caspian Sea, Holocene, climate changes, sediment structure.

**Acknowledgements.** Engineering-geological research was executed by Morinzhgeologiya Company (Riga) within the project of the Lukoil Company. The facial-lithological analysis was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00684). Faunistic and geochronological analyses were financially supported by the Russian Science Foundation (project № 16-17-10103).

## REFERENCES

- Abramova T.A.* Rekonstruktsiya paleogeograficheskikh usloviy epoh chetvertichnykh transgressiy i regressiy Kaspiyskogo morya (po dannym paleobotanicheskikh issledovaniy) [Reconstruction of paleogeographical conditions of the epochs of Quaternary transgressions and regressions of the Caspian Sea (by the data of paleobotanical research)]. Thes. of PhD in Geography dissert. M., 1974. 24 p. (in Russian).
- Alley R.B., Mayevski P.A., Sowers T. et al.* Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago // *Geology*. 1997. № 25. P. 483–486.
- Bezrodnykh Yu.P., Delia S.V., Romanyuk B.F., Fedorov V.I., Sorokin V.M., Luksha V.L.* Mangyshlaksiye otlozheniya (golotsen) Severnogo Kaspiya [Mangyshlakian deposits (Holocene) of the Northern Caspian Sea] // *Stratigraphy. Geological correlation*. 2014. V. 22. № 4. P. 88–108 (in Russian).
- Bezrodnykh Yu.P., Sorokin V.M.* On the age of the Mangyshlakian deposits of the Northern Caspian Sea // *Quaternary Research*. 2016. № 85(2). P. 245–254.
- Bolikhovskaya N.S.* Evolyutsiya klimatov i landshaftov Nizhnego Povolzhya v golotsene [Evolution of climate and landscapes of the Lower Volga River area in the Holocene] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2011. № 2. P. 13–27 (in Russian).
- Bolikhovskaya N.S., Kasimov N.S.* The evolution of climate and landscapes of the lower Volga region during the Holocene // *Geography. Environment. Sustainability*. 2010. № 2(3). P. 78–97.
- Borisova O.K.* Lanshaftno-klimaticheskie izmeneniya v golotsene [Landscape and climatic changes in the Holocene] // *Izv. Russian Academy of Sciences. Ser. Geogr.* 2014. № 2. P. 5–20 (in Russian).
- Bukreeva G.F., Vronsky V.A.* Palinostratigrafiya i paleogeografiya Kaspiyskogo morya v golotsene po rezultatam modelirovaniya paleoklimata [Palynostratigraphy and paleogeography of the Caspian Sea during the Holocene by results of the paleoclimate modeling] // *Palynology in Russia*. 1995. V. 2. P. 12–25 (in Russian).

<sup>1</sup> Morinzhgeologiya, Riga, Latvia, Leading Geologist, PhD in Geology and Mineralogy; *e-mail:* officeRiga@morinzhgeologia.lv

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor; Laboratory of the Pleistocene Paleogeography, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; *e-mail:* paleo@inbox.ru

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Department of Oil and Gas Sedimentology and Marine Geology, Professor, D.Sc. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* vsorok@rambler.ru

<sup>4</sup> Morinzhgeologiya, Riga, Latvia, Geologist, PhD in Geology and Mineralogy; *e-mail:* officeRiga@morinzhgeologia.lv



- Danzeglocke U., Jöris O., Weninger B.*, CalPal\_2007online. [http://www.calpal\\_online.de/](http://www.calpal_online.de/).
- Fedorov P.V.* Pleystotsen Ponto-Kaspiya [Pleistocene of the Ponto-Caspian Sea]. M.: Nauka, 1978. 165 p. (in Russian).
- Hotinsky N.A.* Golotsen Severnoy Evrazii [Holocene of the Northern Eurasia]. M.: Nauka, 1977. 200 p. (in Russian).
- Hoogendoorn R.M., Boels J.F., Kroonenberg S.B., Simmons M.D., Aliyeva E., Babazadeh A.D., Huseynov D.* Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian Sea level changes // *Marine Geology*. 2005. № 222–223. P. 359–380.
- Khrustalyov Yu.P., Kovalyov V.V.* Osnovnye etapy pozdnepleistotsenovoi i golotsenovoi istorii Severnogo Kaspiya [The main stages of the late Pleistocene and Holocene history of the Northern Caspian Sea] // *Paleogeography and geomorphology of the Caspian region during the Pleistocene*. M.: Nauka, 1991. P. 106–116 (in Russian).
- Klimanov V.A., Hotinsky N.A., Blagoveshchenskaya N.V.* Kolebaniya klimata za istoricheskiy period v tsentre Russkoy ravniny [Fluctuations of climate for the historical period in the center of East European Plain] // *Izv. Russian Academy of Sciences. Ser. Geogr.* 1995. № 1. P. 89–96 (in Russian).
- Kroonenberg S.B., Abdurakhmanov G.M., Badyukova E.N., van den Borg K., Kalashnikov A., Kasimov N.S., Rychagov G.I., Svitoch A.A., Vonhof H.B., Wesselingh F.P.* Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea // *Quaternary International*. 2007. № 173–174. P. 137–143.
- Kroonenberg S.B., Kasimov N.S., Lychagin M.Yu.* The Caspian Sea, a natural laboratory for sea-level change // *Geography, Environment, Sustainability*. 2008. № 1(1). P. 22–37.
- Kuzmin Ya.V., Nevesskaya L.A., Krivonogov S.K., Burr G.S.* Apparent 14C ages of the ‘pre-bomb’ shells and correction values (R,  $\Delta R$ ) for Caspian and Aral Seas (Central Asia) // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 2007. № 259. P. 463–466.
- Leroy S.A.G.* Palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes in the Caspian Sea region since the Lateglacial from palynological analyses of marine sediment cores // *Geography, Environment, Sustainability*. 2010. № 2. P. 32–41.
- Leroy S.A.G., Tudryn A., Chalif F., Lopez-Merino L., Gasse F.* From the Allerød to the mid-Holocene: palynological evidence from the south basin of the Caspian Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2013. № 78. P. 77–97.
- Maev E.G.* Fazy mangyshlakskey regressii Kaspiyskogo morya [Phases of the Mangyshlak regression of the Caspian Sea] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2009. № 1. P. 15–20 (in Russian).
- Mangerud J., Andersen S.T., Berglund B.E., Dorrner J.J.* Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification // *Boreas*. 1974. № 3. P. 109–128.
- Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S. et al.* Global signatures and dynamical origins of the little ice age and medieval climate anomaly // *Science*. 2013. № 326. P. 1256–1260.
- Novenko E.Yu.* Izmeneniya rastitelnosti i klimata tsentralnoy i vostochnoy Evropy v pozdnem pleistotsene i golotsene v mezhdniovyye i perehodnye etapy klimaticheskikh macrosiklov [Changes of vegetation and climate of the Central and Eastern Europe during the late Pleistocene and the Holocene in the interglacial and transitional stages of climatic macrocycles]. Thes. of the Dr. Sci. in Geography dissert. M., 2016. 44 p. (in Russian).
- Panin A., Fuzeina Yu., Karevskaya I., Sheremetskaya E.* Mid-Holocene gullying indicating extreme hydroclimatic events in the centre of the Russian Plain // *Geographia Polonica*. 2011. № 84. Special Issue. Part 1. P. 95–115.
- Panin A., Matlakhova E.* Fluvial chronology in the East European plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // *Catena*. 2015. № 130. P. 46–61.
- Richards K., Mudie P., Rochon A., Bolikhovskaya N., Hoogendoorn R., Verlinden V.* Late Pleistocene to Holocene evolution of the Emba delta, Kazakhstan, and coastline of the north-eastern Caspian Sea: Sediment, ostracods, pollen and dinoflagellate cyst records // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017. № 468. P. 427–452.
- Rychagov G.I.* Urovenny rezhim Kaspiyskogo morya during the last 10 000 let [Sea level mode of the Caspian Sea for the last 10 000 years] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 1993. № 2. P. 38–49 (in Russian).
- Rychagov G.I.* Holocene oscillations of the Caspian Sea, and forecasts based on palaeogeographical reconstructions // *Quaternary International*. 1997. № 41/42. P. 167–172.
- Sorokin V.M., Yanina T.A., Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F.* Stroyeniye, vozrast i usloviya nakopleniya novokaspiyskikh otlozheniy Severnogo Kaspiya [Structure, age and conditions of accumulation of the New Caspian deposits of the Northern Caspian Sea] // *Questions of geomorphology and paleogeography of sea coasts and shelf*. M.: Geographical faculty of MSU, 2017. P. 133–136 (in Russian).
- Svitoch A.A.* Golotsenovaya istoriya Kaspiyskogo morya i drugih okrainnykh basseinov Evropeiskoy Rossii: sravnitelniy analiz [Holocene history of the Caspian Sea and other opened basins of the European Russia: comparative analysis] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2011. № 2. P. 28–37 (in Russian).
- Thomas E.R., Wolff E.W., Mulvaney R. et al.* The 8,2 ka event from Greenland ice cores // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 26. P. 70–81.
- Varushchenko S.I., Varushchenko A.N., Klige R.K.* Izmeneniye rezhima Kaspiyskogo morya i besstochnykh vodoemov v paleovremeni [Change of the mode of the Caspian Sea and drainless reservoirs in paleotime]. M.: Nauka, 1978. 238 p. (in Russian).
- Velichko A.A.* Evolutsionnaya geografiya: problemy i resheniya [Evolutionary geography: problems and decisions]. M.: GEOS, 2012. 563 p. (in Russian).
- Vronsky V.A.* Stratigrafiya i paleogeografiya Kaspiyskogo morya v golotsene [Stratigraphy and paleogeography of the Caspian Sea during the Holocene] // *Izv. Russian Academy of Sciences. Ser. Geol.* 1987. № 2. P. 73–82 (in Russian).
- Wanner H., Beer J., Butikofer J. et al.* Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 27. P. 1791–1828.
- Yanina T.A., Svitoch A.A., Wesselingh F.P.* Bioraznoobraziye malakofauny Kaspiyskogo morya v golotsene [Biodiversity of malacofauna of the Caspian Sea in the Holocene] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2011. № 2. P. 38–48 (in Russian).

Received 10.04.2018  
Accepted 21.05.2018