### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.79;551.351.2(262.81)

Н.С. Болиховская<sup>1</sup>, Р.Р. Макшаев<sup>2</sup>

## РАННЕХВАЛЫНСКИЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ КАСПИЯ: ПАЛИНОФЛОРА И КЛИМАТО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

В решении дискуссионных вопросов позднеплейстоценовой палеогеографии Каспийского бассейна важная роль отводится результатам спорово-пыльцевого анализа и выполненным на их основании реконструкциям изменений климата и растительного покрова Северного Прикаспия в период развития раннехвалынской трансгрессии.

В статье представлены основные результаты палинологического изучения отложений максимальной стадии раннехвалынской трансгрессии Каспия (шоколадных глин и других осадков разреза Средняя Ахтуба), проиллюстрированные диаграммой с данными спорово-пыльцевого анализа и подробным списком палинофлоры, а также снимками пыльцы ряда важнейших автохтонных таксонов и, для сравнения, некоторых переотложенных четвертичных палиноморф. Палинологические материалы свидетельствуют о субаквальной (солонатоводной морской и пресноводной) седиментации изученных отложений в перигляциальных ландшафтах и, большей частью, при весьма суровых климатических условиях. Выполненные климатостратиграфические реконструкции не противоречат данным абсолютного датирования о накоплении изученных отложений в период поздневалдайского (осташковского) позднеледниковья. На протяжении этого интервала на территории исследуемого района были развиты растительные сообщества ледникового климата – тундро-степи, перигляциальные лесостепи, перигляциальные степи, перигляциальные редколесья и леса. Широкое участие в составе перигляциального растительного покрова изучаемого района микротермных ерниковых формаций из Betula nana и кустарниковых сообществ из Betula fruticosa, B. nana, Alnaster fruticosus, Juniperus и др. свидетельствует о суровых климатических условиях и, возможно, существовании островной многолетней мерзлоты в холодные (стадиальные) этапы осташковского позднеледниковья.

Ключевые слова: поздний плейстоцен-голоцен, палинология, шоколадные глины, Северный При-каспий

Введение. В раннехвалынский этап на территории Каспийского региона был сформирован уникальный геолого-геоморфологический комплекс, многие компоненты которого предопределили современное развитие природных геосистем в Северном Прикаспии. Важную роль в этом сыграла раннехвалынская трансгрессия — одна из крупнейших трансгрессий в плейстоценовой истории Каспийского бассейна, феномен которой является предметом изучения многих исследователей на протяжении более ста лет.

Начало изучения нижнехвалынских отложений отражено в работах середины XIX в., проводившихся в рамках исследований каспийских слоев, которыми тогда назывались практически все верхние отложения, покрывающие территорию Каспийского региона [Барбот-де-Марни, 1868; Андрусов, 1888; Православлев, 1908]. Сам термин «нижнехвалынские отложения» появился гораздо позже, спустя столетие, в многочисленных публикациях, посвященных основательным исследованиям, благодаря которым был получен обширный фактологический материал

по палеогеографии и стратиграфии четвертичных отложений Северного Прикаспия, Среднего и Нижнего Поволжья.

В эпоху развития раннехвалынского бассейна на территории Северного Прикаспия сформировалась толща шоколадных глин, впервые описанная П.А. Православлевым [1908] в разрезах Нижнего Поволжья. Результаты стратиграфо-палеогеографических исследований нижнехвалынских отложений, в том числе шоколадных глин, проведенных в середине XX века, изложены в ряде монографий и крупных статей [Шанцер, 1951; Брицина, 1954; Федоров, 1957; Васильев, 1961; Москвитин, 1962 и др.]. В последние десятилетия отмечается новый этап активного изучения истории палеогеографического развития Северного Прикаспия в раннехвалынскую эпоху [Бадюкова, 2000; Леонов с соавт., 2002; Янина, 2012; Лаврушин с оавт., 2014; Свиточ с соавт., 2017; Янина с соавт., 2017; Richards, Bolikhovskaya, 2010; Yanina, 2014; Tudryn et al., 2013; Arslanov et al., 2016; Richards et al., 2017; Yanina et al., 2018; и др.]. В процессе этих исследований был получен новый мате-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, вед. науч. с., докт. геогр. н; *e-mail*: natbolikh@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, науч. с.; *e-mail*: radikm1986@mail.ru

риал, позволивший дополнить и уточнить сформулированные ранее выводы.

В работах, освещающих результаты изучения всего комплекса раннехвалынских отложений Северного Прикаспия, к числу наиболее дебатируемых проблем относятся выводы о возрасте, ландшафтно-климатических условиях и фациально-генетических особенностях формирования шоколадных глин.

К настоящему времени доминируют несколько основных представлений о геологическом и абсолютном возрасте шоколадных глин. Рядом исследователей [Зубаков с соавт., 1974; Варущенко с соавт., 1987; Рычагов, 1997] развитие раннехвалынского бассейна и накопление его отложений по термолюминесцентным датировкам оценивается интервалом 71-42 тысячи лет назад (далее – тыс. л. н.), большая часть которого отвечает калининскому оледенению. О более молодом возрасте нижнехвалынских отложений свидетельствуют результаты их датирования радиоуглеродным (РУ, 14С), оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) и уран-ториевым (U-Th) методами. Сводка разнообразия абсолютных определений возраста всего комплекса отложений раннехвалынской трансгрессии, выполненных разными методами, составлена Т.А. Яниной с соавт. [2017]. Судя по литературным данным, длительная дискуссия о возрасте раннехвалынской трансгрессии и ее корреляции с палеоклиматическими событиями ледниковых районов Русской равнины, в значительной степени конкретизируется данными абсолютного датирования, полученными в последнее десятилетие. Более 30 радиоуглеродных датировок шоколадных глин из разрезов Черный Яр, Цаган-Аман, Средняя Ахтуба, Райгород, Светлый Яр (долина р. Волги), Мергенево, Харькино и Индер (долина р. Урал), выполненных сцинтиляционным и AMS методами, показали, что их накопление происходило на протяжении относительно непродолжительного интервала осташковского позднеледниковья – 13–11 (16–13 календарных) тыс. л. н. [Свиточ, Янина, 1997; Леонов с соавт., 2002; Лаврушин с соавт., 2014; Arslanov et al., 2016; Свиточ с соавт., 2017]. Радиоуглеродный возраст шоколадных глин хорошо сопоставляется с датами, полученными ОСЛ и U-Th методами. Нижнехвалынские отложения разреза Средняя Ахтуба, согласно данным ОСЛ метода, накапливались 15-13 тыс. л. н [Янина с соавт., 2017]. Полученные уран-ториевые датировки лежат в интервале 15,9–11,9 тыс. л. н. [Arslanov et al., 2016].

Фациально-генетические обстановки седиментации шоколадных глин также являются предметом многолетних дискуссий. Большинство авторов указывает на развитие шоколадных глин в морских условиях и их приуроченность исключительно к понижениям дохвалынского рельефа [Брицина, 1954; Федоров, 1957; Свиточ с соавт., 2017]. По мнению Е.Н. Бадюковой [2000], их накопление происходило в днище лагун при временных флуктуациях раннехвалынского бассейна, с которыми связана система образования разновозрастных лагунных террас. Рядом исследователей подчеркивается перигляциаль-

ная природа условий седиментации шоколадных глин. Г.И. Горецкий [1966] считал, что шоколадные глины имеют некоторую схожесть с озерно-ледниковыми отложениями и скорее относятся к флювиогляциальным образованиям. И.А. Чистякова и Ю.А Лаврушин [2004] указывают на определяющую роль криогенных процессов – так называемых криосуспензионных потоков, которые впоследствии отложились в виде шоколадных глин. В одной из публикаций последних лет показана определяющая деятельность талых ледниковых вод поздневалдайского покрова в транспортировке тонковзвешенного материала, послужившего источником накопления шоколадных глин [Tudryn et al., 2013].

В решении дискуссионных вопросов позднеплейстоценовой палеогеографии Каспийского бассейна важная роль отводится результатам спорово-пыльцевого анализа и выполненным на их основании реконструкциям изменений климата и растительного покрова Северного Прикаспия в период развития раннехвалынской трансгрессии [Брицина, 1954; Москвитин, 1962; Обедиентова и Губонина, 1962; Яхимович с соавт., 1986; Лаврушин с соавт., 2014; Свиточ с соавт., 2017].

Наиболее представительные палинологические данные и реконструкции ландшафтно-климатических изменений в районе Нижнего Поволжья, происходивших во время формирования раннехвалынских отложений (шоколадных глин, подстилающих и перекрывающих их осадков) представлены в работах В.П. Гричука [1952], К.В. Ворониной [1959], А.А. Чигуряевой, К.В. Ворониной [1960], Л.С. Тюриной [1961], Г.В. Обедиентовой, З.П. Губониной [1962] и Е.А. Спиридоновой [Лаврушин с соавт., 2014].

Отметим, что уже в начальный период их палинологического изучения выявились разногласия о составе аллохтонных и автохтонных компонентов в анализируемых пробах. Первые самые полные материалы палинологического анализа нижнехвалынских отложений были получены В.П. Гричуком [1952] из разреза второй террасы близ с. Верхний Балыклей, дополненные рядом фрагментарных спорово-пыльцевых спектров из других разрезов Нижнего Поволжья. Присутствие в изученных образцах переотложенных зерен пыльцы и спор из более древних четвертичных отложений им не зафиксировано. Напротив, А.А. Чигуряева и К.В. Воронина [1960], также изучившие хвалынские осадки, в том числе шоколадные глины, в большом числе пунктов Северного Прикаспия, отнесли к переотложенным микрофоссилиям значительную часть пыльцы хвойных деревьев и спор Polypodiaceae, Lycopodium и др. На основании этого отмечается, что полученные ими спорово-пыльцевые комплексы не подтверждают выделенную В.П. Гричуком [1952] таежную фазу в развитии растительности раннехвалынского време-

Мы считаем, что причины существующих и будущих «разногласий» результатов палинологических исследований шоколадных глин и других фаций

нижнехвалынских отложений, прежде всего, кроются в том, что палинологами изучены фрагменты этих осадков из разных районов Северного Прикаспия, возможно, разновозрастные или отличающиеся полнотой представленных в разрезах толщ, формировавшиеся в разных седиментационных и фитоценотических (зональных или локальных) обстановках.

Дискуссионностью всех рассмотренных выше вопросов фациально-генетических и ландшафтноклиматических условий формирования шоколадных глин Северного Прикаспия продиктована необходимость изучения тафономических особенностей пыльцы и спор из этих образований, уточнение таксономической принадлежности важнейших компонентов палинофлоры и их процентного участия в составе спорово-пыльцевых спектров. В связи с этим Н.С. Болиховской было выполнено детальное палинологическое изучение шоколадных глин и вышележащего и подстилающего слоев из разреза Средняя Ахтуба, включающее палиноморфологические и палинотафономические исследования с фотосъемкой пыльцы и спор. Создана электронная коллекция снимков пыльцы деревьев, кустарников и травяно-кустарничковых растений, спор высших споровых растений (зеленых и сфагновых мхов, папоротников, плаунов, хвощей), а также других микроостатков (водорослей, грибов, устьиц и т. д.), принадлежащих автохтонному и аллохтонному комплексам

В настоящей статье представлены основные палеогеографические и палиноморфологические результаты проведенного исследования, проиллюстрированные снимками пыльцы ряда важнейших автохтонных таксонов и, для сравнения, некоторых переотложенных четвертичных палиноморф, диаграммой с данными спорово-пыльцевого анализа и списком палинофлоры изученных нижнехвалынских отложений.

**Краткий анализ данных предшествующих исследований.** С целью обоснования необходимости более детального изучения состава и тафономических особенностей ископаемых остатков палинофлоры нижнехвалынских отложений остановимся на важнейших результатах их предшествующих исследований

Первые результаты палинологического анализа нижнехвалынских отложений были получены В.П. Гричуком [1952] для нескольких разрезов долины нижней Волги и Маныча. Самые полные материалы проиллюстрированы спорово-пыльцевой диаграммой примерно 12-метровой толщи разреза второй террасы у с. Мордовского (близ с. Верхний Балыклей), в которой сверху вниз охарактеризованы следующие слои (в скобках указана их мощность): супесь (2,20 м), глина шоколадная (5,30 м), переслаивание супеси, песка и глины (0,25 м), супесь с прослоями песка и глины, с пресноводной малакофауной в основании слоя (3,05 м); ниже залегает песок (видимая мощность 1,4 м) хазарского или ательского времени. В изученных образцах не отмечались пыльца и споры, переотложенные из бо-

лее древних четвертичных отложений (см. табл. 2, Гричук, 1952). При этом указываются находки, иногда в значительном количестве, микроспор дочетвертичных форм. Низы слоя шоколадных глин и трехметровый слой суглинисто-песчанистых отложений характеризуются спектрами лесного типа (сумма пыльцы древесных пород до 85%, спор до 30%), с высоким содержанием пыльцы ели (Рісеа – 29– 56%) и сосны обыкновенной (Pinus sylvestris) при незначительной доле пыльцы пихты и сибирского кедра (Pinus sibirica). В период накопления рассматриваемых отложений леса из сосны и ели с некоторым участием пихты и сибирского кедра занимали не только всю Волжскую долину, но и выходили на водоразделы [Гричук, 1952]. В шести проанализированных образцах из вышележащей (основной) части шоколадных глин получены спектры переходного типа, свидетельствующие, как пишет В.П. Гричук [1952], о значительном уменьшении облесенности бассейна Волги, развитии островных лесов из березы с участием сосны, вероятно, сибирского кедра и ели, при ограниченном участии липы (Tilia cordata) и вяза (Ulmus laevis).

А.А. Чигуряева и К.В. Воронина [1960], получившие репрезентативные спорово-пыльцевые данные из большого числа образцов хвалынских отложений, в том числе шоколадных глин разрезов Енотаевск, Сухая Мечетка, Черный Яр, Пичуга и др., сочли переотложенными значительную часть пыльцевых зерен хвойных деревьев (Abies, Picea, Pinus подрод Haploxylon, Pinus подрод Diploxylon) и спор Polypodiaceae, Lycopodium и Sphagnum (табл. 1 в их статье). На основании этого авторы подчеркивают, что полученные ими «...материалы не позволяют говорить о таежной фазе развития растительности, выделяемой [Гричук, 1952] для времени накопления нижнехвалынских отложений и нижней толщи шоколадных глин» (стр. 1416).

В последние годы опубликованы результаты палинологического анализа нижнехвалынских отложений разрезов Средняя Ахтуба, Колобовка и Цаган-Аман, выполненного Е.А. Спиридоновой [Лаврушин с соавт., 2014], и разрезов Сероглазовка и Райгород, изученных Т.Ф. Трегуб [Свиточ с соавт., 2017]. В подробном списке видов, родов и семейств палинофлоры шоколодных глин Т.Ф. Трегуб в качестве непереотложенных элементов указаны неогеновые реликты *Tsuga*, *Nyssa*, *Magnolia*, *Zelkova*, *Osmunda* и другие таксоны. Этому выводу противоречит анализ развития плейстоценовых флор Прикаспия, выполненный на основании большого объема литературных и собственных палеоботанических данных [Болиховская, 1995; Bolikhovskaya, 2011].

Отметим, что самым детальным (за всю историю их палинологического изучения) анализом шоколадных глин и перекрывающих и подстилающих их нижнехвалынских осадков, выполненным Е.А. Спиридоновой, «таежная фаза» для времени образования осадка из основания шоколадных глин и нижележащего слоя также не выявлена. Высокое содержание пыльцы ели (до 40%) имеют спектры

верхней половины горизонта шоколадных глин разреза Колобовка. По палинологическим данным трех изученных разрезов даны реконструкции лесного и лесостепного растительного покрова трех поздневалдайских интерстадиалов (раунисского, бёллинга и аллерёда) и степных формаций, господствовавших в позднеосташковские похолодания (ранний, средний и поздний дриас). В оптимум аллерёда были развиты сосново-еловые и елово-сосновые леса с участием березы, редко, вяза и липы. К сожалению, подробный состав всей палинофлоры проанализированных горизонтов Е.А. Спиридонова [Лаврушин с соавт., 2014] не приводит.

Материалы и методы. С целью уточнения состава палинофлоры нижнехвалынских отложений и реконструкции климато-фитоценотических сукцессий времени развития максимальной стадии раннехвалынской трансгрессии Н.С. Болиховской было проведено детальное палинологическое изучение шоколадных глин разреза Средняя Ахтуба.

Разрез Средняя Ахтуба (48°41′54.22″ с. ш. и 44°54′33.26″ в. д.) расположен на левом берегу р. Ахтуба в устье крупной балки в 0,5 км южнее одноименного поселка. Полное литологическое описание разреза Средняя Ахтуба и результаты оптико-люминесцентного датирования приведены в работе Т.А. Яниной с соавт. [2017]. В обнажении под современной каштановой почвой вскрывается примерно 17-метровая толща позднеплейстоценовых морских, аллювиальных и субаэральных (с горизонтами ископаемых почв) отложений, для которых получена серия из 11 дат в интервале от 112 630±5400 до 720±70 лет назад [Янина с соавт., 2017]. Для шоколадных глин получены ОСЛ даты 15 000±1000 и 13 000±500 л. н., подтвердившие результаты радиоуглеродных определений их абсолютного возраста, опубликованных в статьях Ю.Г. Леонова с соавт. [2002], Ю.А. Лаврушина с соавт. [2014], и корреляции времени их накопления с периодом деградации осташковской стадии валдайского оледенения Восточно-Европейской равнины.

Выполнен подробный палинологический анализ 12-ти образцов горизонта шоколадных глин и вышележащих и нижележащих осадков (слои 3–8), вскрытых в интервале глубин 1,2–4,0 м в верхней части разреза. Кровля разреза располагается на абсолютной высоте ~15 м, ниже залегают следующие слои:

1. (pdQ<sub>4</sub>). Верхняя часть современного почвенного горизонта (каштановые почвы), суглинистого состава с карбонатными включениями [Lebedeva et al., 2018]. Мощность ~40 см. 2. (pdQ<sub>3-4</sub>). Суглинки светло-коричневые пористые, нижняя часть педокомплекса. Мощность ~80 см. 3. (eQ<sub>3-4</sub>). Супеси коричневые слоистые с тонкими линзами песков. Мощность ~25 см. 4. (mQ<sub>3</sub>hv<sub>1</sub>). Глины шоколадные, плотные, тонкослоистые, в верхней части с прослоями алевритов и песков. Мощность ~60 см. Из данного слоя по кварцу получена ОСЛ дата 13 020 $\pm$ 610 л. н. (Riso-150806) [Янина с соавт., 2017]. 5. (mQ<sub>3</sub>hv<sub>1</sub>). Глины шоколадные плотные, массивные с крупной плитчатой отдельностью. Мощность

 $\sim$ 65 см. 6. (mQ<sub>3</sub>hv<sub>1</sub>). Пески светло-коричневые, плотные, мелкозернистые, с включениями раковин моллюсков *Didacna protracta*, *D. ebersini*, *Dreissena rostriformis*, *Dr. polymorpha*. Мощность  $\sim$ 15 см. Из данного слоя по раковинному материалу получена радиоуглеродная дата 13 570±160 кал. л. н. (ЛУ-7037). 7. (mQ<sub>3</sub>hv<sub>1</sub>). Глины шоколадные плотные, массивные, трещиноватые. Мощность  $\sim$ 75 см. Из данного слоя по кварцу получена ОСЛ дата 15 020±1000 л. н. (Riso-150 807) [Янина с соавт., 2017]. 8. (аQ<sub>3</sub>hv<sub>1</sub>). Супеси и пески светло-бежевые аллювиальные. Мощность  $\sim$ 50 см.

Основу климато-фитоценотической интерпретации полученных спорово-пыльцевых данных составили литературные и собственные материалы по субрецентным спектрам современных разнофациальных отложений Северного Прикаспия, а также морских донных осадков [Мальгина, 1952; Федорова, 1952; Вронский, 1976; Болиховская, 1995; Болиховская, Касимов, 2008].

В процессе микроскопирования и определений палиноморф пристальное внимание уделялось их тафономическим особенностям. Изученные нами ранее отложения ательской регрессии из скважины в северной части Каспийского моря [Болиховская с соавт., 2018] содержали заметное количество (в отдельных образцах до 10%) переотложенных докайнозойских миоспор и в значительной степени разрушенных или минерализованных пыльцевых и споровых зерен из четвертичных отложений. Анализ нижнехвалынских осадков из этой колонки показал, что в ряде проб содержание аллохтонных палиноморф столь же высоко. В шоколадных глинах разреза Средняя Ахтуба доля переотложенных растительных микрофоссилий составляет не более нескольких процентов от общего числа изученных в каждом образце палиноморф. Примеры переотложенных и, для сравнения, накапливавшихся *in situ* зерен пыльцы ели (*Picea* sect. *Picea*, *Picea* cf. *abies*), кедровидной сосны (Pinus sibirica), докайнозойских миоспор и спор сфагнового мха (Sphagnum) приведены на рис. 1. При изучении на микроскопе AXIO IMAGER D1 препаратов анализируемых микрофоссилий нами с помощью фотосъемки фиксировались их тафономические признаки. Это позволило создать для каждого образца коллекцию электронных снимков пыльцы деревьев, кустарников и травянокустарничковых растений, спор высших споровых растений (зеленых и сфагновых мхов, папоротников, плаунов, хвощей), а также других микроостатков (водорослей, грибов и др.), входящих в автохтонный и аллохтонный комплексы. Составлен представительный список изученной автохтонной палинофлоры.

Результаты исследований и их обсуждение. Представительная палинофлора и репрезентативные спорово-пыльцевые спектры (СПП спектры) получены для следующих отложений разреза Средняя Ахтуба: суглинков слоя 3 (над шоколадными глинами), шоколадных глин (слои 4, 5, 7) и содержащего многочисленные раковины раннехвалынских мол-

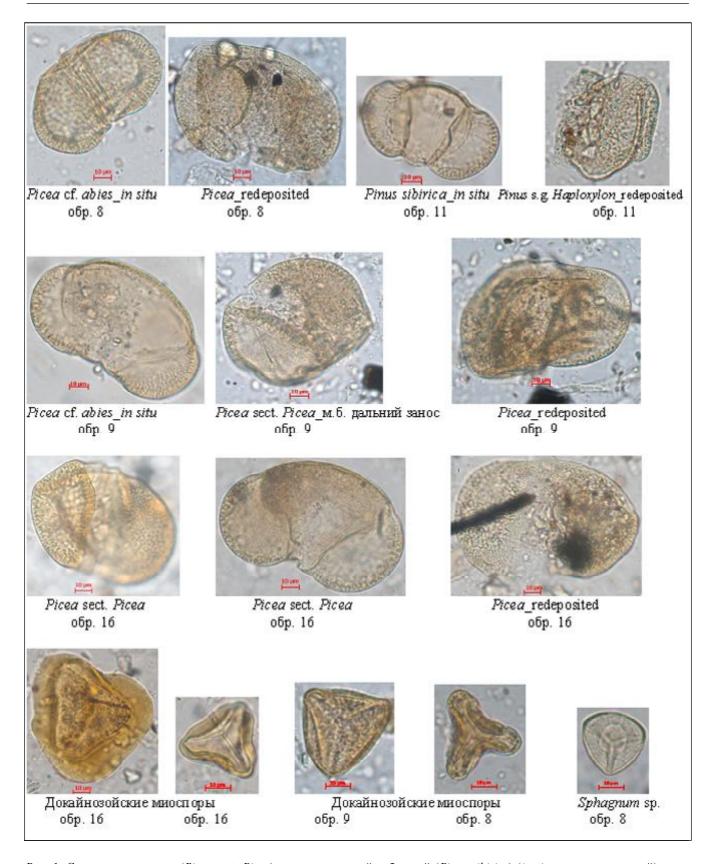


Рис. 1. Снимки пыльцы ели (*Picea* sect. *Picea*) и сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*) (*in situ* и переотложенной), спор сфагнового мха (*Sphagnum*), докайнозойских миоспор, присутствующих в образцах шоколадных глин разреза Средняя Ахтуба (увеличение х400)

Fig. 1. Images of the spruce (*Picea* sect. *Picea*) and the Siberian stone pine (*Pinus sibirica*) pollen (*in situ* and redeposited), spores of sphagnum moss (*Sphagnum*), pre-Cenozoic miospores in chocolate clays of the Srednaya Akhtuba section (zoom x400)

люсков песчаного прослоя внутри глин (слой 6), формировавшихся во вторую (максимальную), по Т.А. Яниной с соавт. [2017], стадию раннехвалынской трансгрессии, а также для нижележащих аллювиальных супесей и песков (слой 8), отвечающих концу ранней стадии этой трансгрессии.

Состав палинофлоры. Впервые в истории палинологического изучения отложений максимальной стадии раннехвалынской трансгрессии получены данные о значительном содержании в большинстве СПП спектров и почти постоянном участии в палинофлоре изученных образцов таксонов аркто-бореальных и аркто-альпийских флор (Betula fruticosa, B. nana, Alnaster fruticosus, Juniperus communis, J. sp., Dryas octapetala, Botrychium boreale и др.), а также сосны кедровой сибирской (Pinus sibirica), являющихся характерными видами равнинных и горных тундровых, лесотундровых и северо-таежных фитоценозов. На рис. 2 и 3 приведены серии снимков присутствующей в проанализированных осадках пыльцы указанных древесных пород, иллюстрирующие их палиноморфологические и тафономические признаки.

Согласно результатам скрупулезного палинологического анализа, в изученную автохтонную раннехвалынскую палинофлору вошли около 100 таксонов разного ранга. Группа деревьев и кустарников (AP – Arboreal pollen) содержит пыльцу 34 таксонов: пихты (Abies sp.), ели (Picea sect. Omorica. Picea sect. Picea, Picea abies (L.) Karst.), сосны подрода Haploxylon (видовая принадлежность не идентифицирована), сосны сибирской кедровидной (Pinus sibirica), лиственницы сибирской (Larix sibirica), сосны обыкновенной (Pinus sylvestris), березы (Betula sect. Albae, Betula pendula, В. pubescens), кустарниковой березы (Betula sect. Fruticosae, B. fruticosa), березы карликовой (Betula sect. Nanae, B. nana), ольховника кустарникового (Alnaster fruticosus /по С.К. Черепанову [1973], Duschekia fruticosa (Rupr.) Pouzar.), ольхи черной (Alnus glutinosa), ольхи серой (A. incana), лещины (Corylus avellana), липы (Tilia sp., Tilia cordata), дуба (Quercus sp., Quercus robur), ясеня (Fraxinus sp.), вяза (Ulmus sp., Ulmus laevis, U. cf. pumila), лоха (Elaeagnus), дикого винограда (Vitis sylvestris C.C. Gmel.), ивы (Salix spp.), можжевельника (Juniperus sp. и можжевельника обыкновенного J. communis L.), смородины красной (Ribes rubrum L.), хмеля (Humulus lupulus) и др. Группа пыльцы недревесных растений (NAP – Non-Arboreal pollen) включает более 50 семейств, родов и видов трав и кустарничков: верескоцветных (Ericales), злаков (Poaceae), осоковых (Cyperaceae), конопли (Cannabis), эфедры (Ephedra sp.), полыни (Artemisia sp., Artemisia subgenera Seriphidium, Artemisia subgenera Euartemisia), семейств маревые (Chenopodiaceae, в их числе Atriplex cana C.A.M., A. litoralis L., A. verrucifera M.B., Halostachys capsica (Pall.) C.A.M., Kochia prostrata (D.) Schrad. И др.), свинчатковые (Plumbaginaceae, кермек широколистный Limonium latifolium /Smith./ O.Kundze),

сельдерейные (Apiaceae), бобовые (Fabaceae), гречишные (Polygonaceae, Polygonum, Fagopyrum), колокольчиковые (Campanulaceae), гвоздичные (Caryophyllaceae), лютиковые (Ranunculaceae), норичниковые (Scrophulariaceae), розоцветные (Rosaceae, в их числе дриада Dryas octapetala), мареновые (Portulacaceae), портулаковые (Rubiaceae), фиалковые (Violaceae, в том числе фиалка трехцветная Viola tricolor), подорожниковые (Plantaginaceae, *Plantago*), крапива (*Urtica*), бобовые (Fabaceae), льновые (Linaceae), касатиковые (Iridaceae), лилейные (Liliaceae), тюльпан (Tulipa), луковые (Alliaceae), астровые (Asteraceae), дурнишник (Xanthium), амброзия (Ambrosia), цикориевые (Cichoriaceae) и др. Среди травянистых растений присутствует также пыльца водных и прибрежноводных растений: урути (Myriophyllum), рдеста (Potamogeton), ряски (Lemna), повейника мокричного (Elatine alsinastrum), частуховых (Alismataceae), рогоза (*Typha*) и ежеголовника (*Sparganium*). В группе спор высших споровых растений определены: зеленые мхи (Bryales), сфагновый мох (Sphagnum), папоротники сем. Многоножковые (Polypodiaceae, в их числе пузырник горный Cystopteris montana (Lam.) Desv.), папоротники сем. Ophioglossaceae (гроздовник северный Botrychium boreale (Fr.) Milde,) г. виргинский и др. (B. virginianum (L.) Sw., Botrychium sp.), плауны булавовидный и др. (Lycopodium clavatum, L. sp.), хвощ (Equisetum sp.).

Реконструкции генезиса отложений и эволюции растительности и климата. Большинство проб нижнехвалынских осадков разреза Средняя Ахтуба охарактеризовано определениями свыше 600 зерен пыльцы и спор; в меньшем количестве образцов изучено более 300-480 зерен. Полученные репрезентативные спорово-пыльцевые спектры представлены на диаграмме (рис. 4). Высоким суммарным участием в ряде СПП спектров пыльцы кустарников продиктована необходимость раздельного показа на диаграмме содержаний пыльцы деревьев и кустарников. Это позволяет установить соотношения площадей лесных древостоев и кустарниковых сообществ в реконструируемых палеоландшафтах. Для выявления роли умеренной теплолюбивой дендрофлоры, характеризующей интервалы потеплений, суммарное содержание пыльцы широколиственных деревьев (Quercetum mixtum) отображено на отдельном графике перед персональными данными этих таксонов. В связи с многочисленностью таксонов разнотравья для оптимизации размера диаграммы даны суммы их процентных значений в каждом спектре (график Herbetum mixtum).

Эколого-ценотический анализ изученной палинофлоры и изменения состава и процентного участия таксонов в полученных СПП спектрах позволяют сделать заключение о генезисе шоколадных глин и реконструировать последовательные смены ландшафтно-климатических условий, происходившие при образовании всей рассмотренной нижнехвалынской толши.

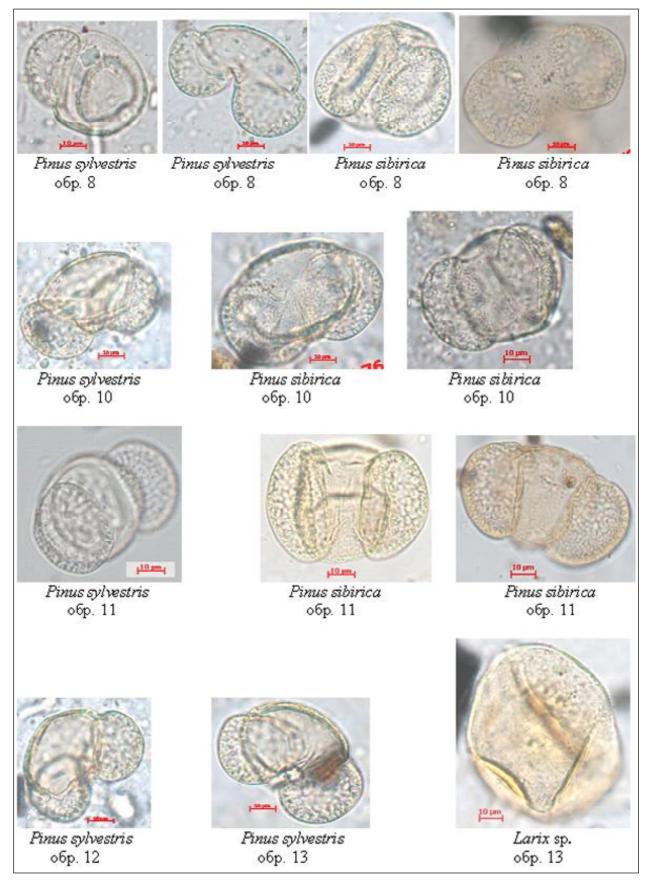


Рис. 2. Снимки пыльцы сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и лиственницы (*Larix* sp.), присутствующей *in situ* в образцах шоколадных глин (раннехвалынские отложения) разреза Средняя Ахтуба (увеличение х400)

Fig. 2. Images of the Siberian stone pine (*Pinus sibirica*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and larch (*Larix* sp.) pollen (*in-situ*) in chocolate clays (Early Khvalynian deposits) of the Srednaya Akhtuba section (zoom x400)

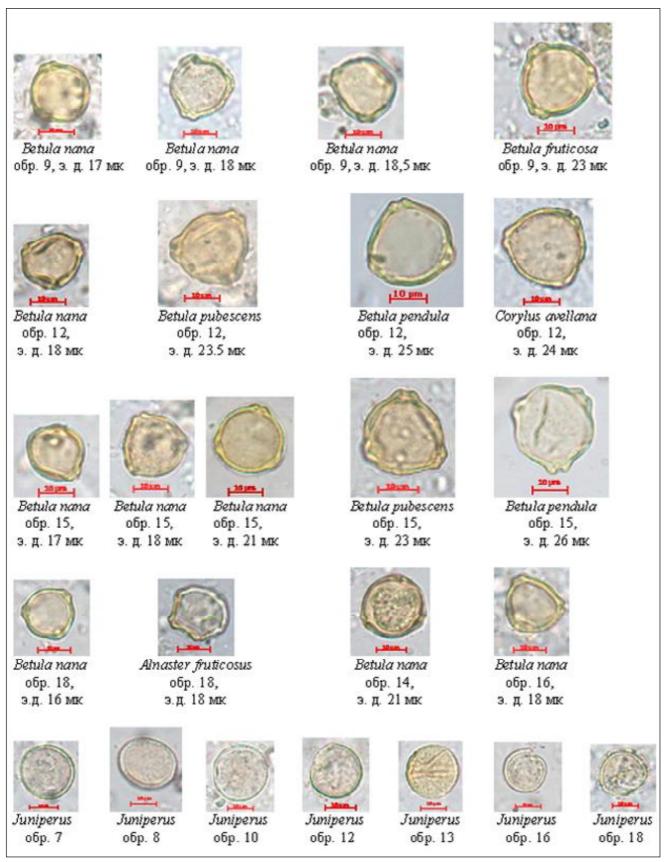


Рис. 3. Снимки пыльцы березы карликовой (Betula nana L.), березы кустарниковой (Betula fruticosa Pall.), березы пушистой (Betula pubescens Ehrh.), ольхи кустарниковой (Alnaster fruticosus (Rupr.) Ledeb.) и можжевельника (Juniperus), присутствующей in situ в образцах раннехвалынских отложений разреза Средняя Ахтуба (увеличение х400). э.д. 17 мк — экваториальный диаметр в микронах

Fig. 3. Images of the Dwarf birch (*Betula nana* L.), Fruticose birch (*Betula fruticosa* Pall.), Pubescent birch (*Betula pubescens* Ehrh.), Alder fruticose (*Alnaster fruticosus* (Rupr.) Ledeb.) and Juniper (*Juniperus*) pollen (*in-situ*) in Early Khvalynian deposits of the Srednaya Akhtuba section (zoom x400). э.д. 17 мк – equatorial diameter. μm

Толща шоколадных глин формировалась в мелководном водоеме, на что указывает большое количество во всех образцах зеленых водорослей (Botryococcus и Pediastrum), а также высокое содержание в образцах 10-12 (до 24%) и 14-16 (до 16%) пыльцы водных растений (Myriophyllum, Potamogeton, Lemna), обитающих в лиманах, плавнях, озерах, старицах, болотах и т. д., и представителей прибрежно-водных сообществ (Alismataceae, Typha, Sparganium, Elatine alsinastrum). Палинологические индикаторы солоноватоводных обстановок малочисленны. О морских условиях седиментации верхнего горизонта шоколадных глин, возможно, говорят присутствующие в обр. 9 морские диноцисты хорошей сохранности (Cleistosphaeridium sp.). В обр. 13 слоя песков, содержащего морскую малакофауну, обнаружены 10 экземпляров также морских диноцист (Cordosphaeridium gracile). Эти таксоны были широко распространены в палеогене и неогене, поэтому нельзя исключить их принадлежность к аллохтонному комплексу.

Все СПП спектры нижнехвалынских отложений являются типичными перигляциальными образованиями. Сопоставление палинологической записи палеоклиматических событий, полученной для эпохи раннехвалынской трансгрессии Палеокаспия, с детальной летописью ландшафтно-климатических изменений, происходивших в Нижнем Поволжье в последние 11 500 лет, которая реконструирована Н.С. Болиховской [2011; Bolikhovskaya, Kasimov, 2011] по результатам подробного спорово-пыльцевого анализа и <sup>14</sup>С датирования озерно-старичных голоценовых осадков Волго-Ахтубы разреза Соленое Займище (расположен в 130 км юго-восточнее Средней Ахтубы), показывает, что образование изученных нижнехвалынских отложений происходило в перигляциальных климатических условиях ледниковой эпохи.

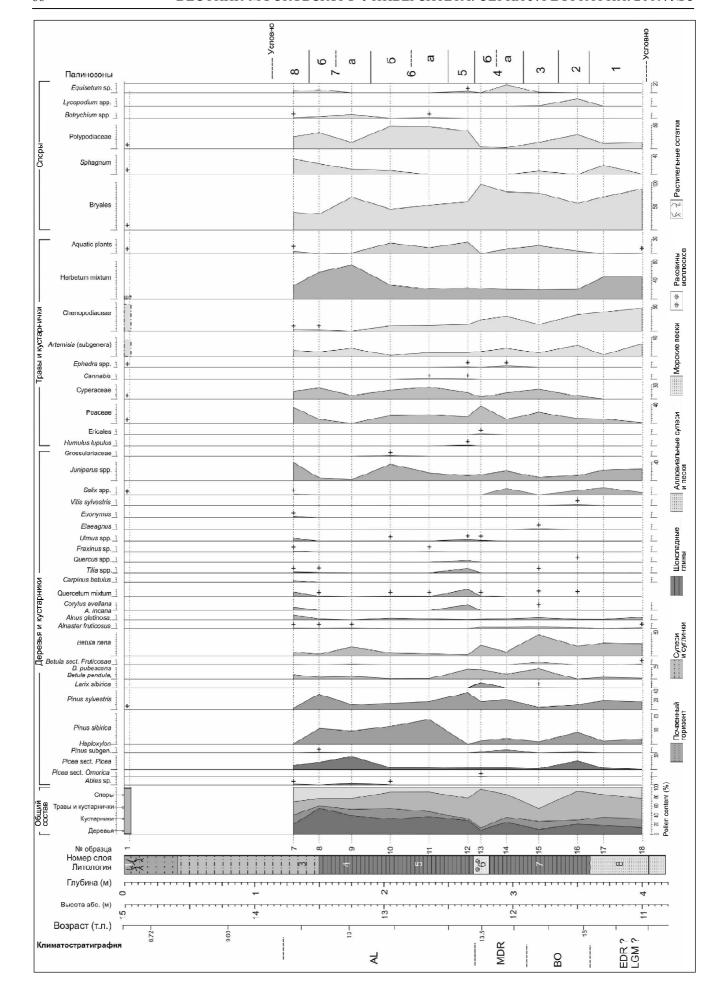
О формировании этих отложений в условиях перигляциальных ландшафтов наглядно свидетельствует также совместное участие в СПП спектрах пыльцы и спор представителей тундровой, бореально-лесной и пустынно-степной флор (Betula nana, B. fruticosa, Alnaster fruticosus, Dryas octapetala, Botrychium boreale, Abies sp., Picea sect. Picea, Picea abies, Pinus sibirica, Larix sibirica, Pinus sylvestris, Betula pendula, B. pubescens, Ephedra sp., Artemisia s.g. Seriphidium, A. s.g. Euartemisia, видов сем. Chenopodiaceae /Atriplex cana, A. litoralis, A. verrucifera, Halostachys capsica, Kochia *prostrate* / и др.). В них присутствуют пыльца и споры растений, произрастающих ныне в различных эколого-ценотических и эдафических условиях - в лесных стациях, на степных участках, заболоченных и луговых местообитаниях, участках с эродированным или неразвитым почвенным покровом, с засоленными и многолетнемерзлыми субстратами. Полученные СПП спектры свидетельствуют о сложной структуре и мозаичности растительного покрова и перигляциальных ландшафтов в целом, существовавших в раннехвалынское время.

Близ верхней кромки спорово-пыльцевой диаграммы показан СПП спектр образца (рис. 4), отобранного с поверхности современной каштановой почвы, завершающей изученный разрез Средней Ахтубы. Этот субрецентный спектр, в котором господствует пыльца полыни, маревых, эфедры и разнотравья (среди последнего небольшой набор видов сем. Polygonaceae, Liliaceae, Asteraceae и Cichoriaceae), а пыльца деревьев единична (принадлежит сосне обыкновенной и иве), адекватно отражает зональную полупустынную растительность и растительное сообщество, произрастающее в настоящее время на сегменте второй террасы.

Сравнение СПП спектров шоколадных глин с этим субрецентным спектром, а также со спектрами современных субаквальных осадков [Федорова, 1952; Вронский, 1976; Болиховская, 1995; Болиховская, Касимов, 2008], показало, что влагообеспеченность Северного Прикаспия в эпоху раннехвалынской трансгрессии была значительно более высокой, чем в настоящее время.

Согласно палинологическим данным, на протяжении периода накопления слоев 6, 7 и 8 нижнехвалынских осадков господствовали открытые ландшафты: тундро-степи, перигляциальные лесостепи, перигляциальные степи (рис. 4, палинозоны 1–4). При формировании слоев 4 и 5 (палинозоны 5-7) существенно возросли площади лесных формаций. В них преобладали темнохвойные породы. Доминантами и содоминантами выступали кедровидная сибирская сосна и ель европейская. Большую часть этого интервала доминировали перигляциальные лесостепи. Зональное значение перигляциальные темнохвойные леса и редколесья, занимавшие не только склоны речных долин, но и плакоры, вероятно, приобрели в исследуемом районе только в заключительную фазу образования шоколадных глин.

Климатические особенности времени накопления обоих горизонтов шоколадных глин и разделяющего их слоя песков наиболее ярко выражены колебаниями участия пыльцы холодостойких кустарников, хвойных и лиственных деревьев, спор мхов и папоротников в СПП спектрах трех частей палинологической записи. О вероятности развития криогенных процессов и островной мерзлоты свидетельствуют СПП спектры палинозон 2-4, в которых доминантами или содоминантами являются пыльцевые зерна карликовой березы (Betula nana), при высоком участии Juniperus, Salix и спор зеленых мхов, а также присутствии пыльцы Alnaster fruticosus и Betula fruticosa. Самое значительное потепление фиксируется в начале накопления верхнего горизонта шоколадных глин палинозоной 5, в которой выражены 15-процентный максимум пыльцы липы, дуба и вяза, заметный пик лещины (до 12%) вкупе с высоким содержанием пыльцы сосны обыкновенной (Pinus sylvestris), березы (Betula pendula, B. pubescens) и спор папоротников (Polypodiaceae) при почти полном исчезновении криофитов. Формирование остальной, т. е. большей части верхнего горизонта шоколадных глин (палинозоны 6 и 7), осу-



ществлялось при возросшей гумидизации климата (достигшей максимума при накоплении слоя 4), деградации островной мерзлоты и широкой экспансии в лесные формации темнохвойных пород — сосны сибирской кедровидной (*Pinus sibirica*) и ели европейской (*Picea abies*), при участии пихты и сосны обыкновенной.

Полученная палинологическая запись позволила выполнить климатостратиграфическое расчленение изученных отложений и реконструировать следующие фазы в развитии растительности и климата примерно 2—2,5 тысячелетнего, исходя из абсолютного датирования, интервала позднеледниковой истории Северного Прикаспия.

В период седиментации аллювиальных осадков слоя 8, отвечающий стадиальному похолоданию раннего дриаса (EDR), господствовали тундро-степи (палинозона 1), в которых преобладали открытые пространства с пустынно-степными полынно-маревыми и злаково-разнотравными сообществами (среди разнотравья преимущественно Plumbaginaceae, Asteraceae, Liliaceae, Violaceae, Ranunculaceae, Polygonaceae, Fabaceae, Malvaceae) и ерниковые формации (Betula nana). Развитие ерников и кустарниковых зарослей из Alnaster fruticosus, Betula fruticosa, В. nana, Juniperus, Salix свидетельствует о существовании многолетнемерзлых пород. Высокое содержание спор зеленых и сфагновых мхов, вероятно, является показателем значительной заболоченности. В самых благоприятных экотопах, возможно, встречались фрагменты кедрово-сосновых редколесий.

Спектры палинозон 2 и 3 отражают межстадиальное потепление климата (сопоставляемое с бёллингом), приведшее к распространению перигляциальных лесостепей. В начальную фазу их развития (палинозона 2) сократились площади кустарниковых формаций и участие в них гипоарктических таксонов, автоморфные ландшафты заняли сосново-елово-кедровые редколесья, в травяном покрове которых заметную роль играли папоротники и плауны. Состав доминирующих сообществ степных участков оставался прежним, но начали появляться участки влажных лугов. Во вторую фазу (палинозона 3) широкое распространение получили влажные луговые экотопы с разнотравно-осоково-злаковыми ассоциациями и участки моховых болот, заселявшиеся ерниками. В древостое лесных колков преобладали береза (Betula pendula, B. pubescens) и ольха (Alnus glutinosa, A. incana). Важнейшая особенность межстадиальной растительности этого интервала выразилась тем, что в древостое лесных сообществ появились широколиственные породы (дуб черешчатый, липа сердцелистная), в подлеске лещина, а в прибрежных экотопах – лох и лианы дикого винограда (Vitis sylvestris).

Фаза ухудшения климата последующего стадиала, коррелируемого со средним дриасом, ознаменовалась развитием перигляциальных степей и исчезновением широколиственных деревьев в условиях похолодания и возросшей континентальности (палинозона 4). В первую подфазу (4а) в травянокустарничковом покрове степных участков превалировали полынно-маревые ассоциации с эфедрой, а в составе лесных колков – березовые и сосновокедровые редколесья с можжевельником и карликовой березой в кустарниковом ярусе. В прибрежных экотопах наряду с другими ксерофитами и галофитами росли Atriplex cana, A. litoralis, Kochia prostrata. Вторая подфаза (4б) этого холодного этапа характеризовалась расширением площади степных пространств, сокращением в них роли полынно-маревых группировок и доминированием разнотравнозлаковых сообществ с участием верескоцветных. Сократилась роль кедровой сосны и сосны обыкновенной. На залесенных участках преобладали березово-лиственничные древостои с кустарниковой березой и можжевельником в подлеске. Моховой покров обеих подфаз составляли зеленые мхи.

Полученная палинологическая запись позволяет предполагать неполноту геологической летописи, представленной в слое 6, то есть перерыв в осадконакоплении между слоями 6 и 5.

В самый длительный интервал изученной части позднеледникового периода, сопоставляемый с интерстадиалом аллерёд, в разрезе Средней Ахтубы формировался верхний горизонт шоколадных глин. Особенности климато-фитоценотических сукцессий времени накопления этого горизонта рассмотрены выше, поэтому здесь охарактеризуем последовательные смены, происходившие в эволюции зональных типов растительности (палинозоны 5-7). В начальную фазу (палинозона 5) развития растительности этого межстадиала господствовали перигляциальные лесостепи. В составе лесных формаций преобладали сосново-березовые с примесью ели и вязово-дубово-липовые с лещиной в подлеске сообщества. В травяном покрове доминировали злаки, разнотравье и папоротники (Polypodiaceae). Водные и прибрежно-водные ценозы составляли рдест, повейник мокричный (Elatine alsinastrum), осоки, тростник, ежеголовник. Последующая фаза (палинозона 6; время накопления средней части верхнего горизонта шоколадных глин) отражает развитие перигляциальных лесотепных ландшафтов с лесными стациями, в которых господствовали сосново-кедровые формации с примесью ели и пихты, с можжевельниковыми зарослями в кустарниковом ярусе. Из широколиственных деревьев в древостое участвовали ясень и вяз. В долинных лесах заметную роль играли ольшаники. Состав травяно-кус-

Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма нижнехвалынских отложений разреза Средняя Ахтуба. + – при содержании <3%

Fig. 4. Spore-pollen diagram of the Lower Khvalynian sediments of the Srednaya Akhtuba section +- less than 3%

тарничкового покрова степных и лесных экотопов оставался прежним. В сообществах водных и прибрежно-водных фитоценозов доминировали уруть (Myriophyllum), рдест (Potamogeton), ряска (Lemna), повейник мокричный, частуховые (Alismataceae) и ежеголовник (Sparganium).

Время накопления слоя 4 шоколадных глин отвечает следующему этапу рассматриваемого межстадиала, который характеризует гумидная фаза (палинозона 7) господства перигляциальных кедрово-еловых и елово-кедровых лесов и редколесий с участием в древостое пихты, сосны и березы, а в кустарниковом ярусе — кустарниковых берез (Betula fruticosa, B. nana и, реже, Juniperus). В травяном покрове открытых местообитаний доминировали лилейные (Liliaceae), осоки, папоротники (Polypodiaceae, Botrychium boreale, B. virginianum и др.). Пыльца водных и прибрежно-водных растений в спектрах отложений этой фазы отсутствует. В наземном ярусе растительности широкое распространение имел моховой покров из зеленых и сфагновых мхов.

В данной работе мы не может дать уверенное заключение о геологическом возрасте вышележащих отложений, представленных переслаивающимися суглинками и супесями слоя 3. Судя по составу СПП спектра образца 7 (палинозона 8), он отражает одну из ранних фаз в развитии растительности голоцена. Об этом свидетельствует разнообразие состава и доля участия в нем пыльцы широколиственных пород (граба обыкновенного, липы, вяза, ясеня, лещины) и спутников (Alnus glutinosa, A. incana, Euonymus) образуемых ими лесных сообществ. Более корректный вывод, вероятно, станет возможным после получения серии репрезентативных СПП спектров из слоев 1 и 2 изучаемого разреза.

Завершая характеристику реконструированной климато-фитоценотической летописи, подчеркнем,

что, согласно палинологическим данным, отложения последнего холодного этапа осташковского позднеледниковья, отвечающего стадиалу поздний дриас, в разрезе Средней Ахтубы, вероятно, отсутствуют.

#### Выводы:

- палино-климатостратиграфические реконструкции, выполненные для изученных нижнехвалынских отложений, не противоречат результатам абсолютного датирования о их накоплении в период позднеосташковского позднеледниковья;
- полученные палинологические данные свидетельствуют о субаквальной (солонатоводной морской и пресноводной) седиментации изученных отложений в перигляциальных ландшафтах и, большей частью, при весьма суровых климатических условиях:
- на протяжении периода накопления изученных нижнехвалынских отложений на территории исследуемого района были развиты растительные сообщества ледникового климата тундро-степи, перигляциальные лесостепи, перигляциальные степи, перигляциальные редколесья и леса;
- широкое развитие в составе перигляциального растительного покрова изучаемого района микротермных ерниковых формаций из Betula nana и кустарниковых сообществ из Betula fruticosa, B. nana, Alnaster fruticosus, Juniperus и др. свидетельствует о суровых климатических условиях и, возможно, существовании островной многолетней мерзлоты в холодные (стадиальные) этапы осташковского (исходя из данных абсолютного датирования) позднеледниковья. Тем самым подтверждены представления ряда исследователей [Москвитин, 1962; Горецкий, 1964; Чистякова, Лаврушин, 2004], опирающихся на результаты литологических исследований шоколадных глин.

**Б**лагодарности. Экспедиционные исследования проведены в рамках проекта РНФ №16-17-10103. Аналитическая работа выполнена по проекту РФФИ-КОМФИ № 18-00-00470 и по программе ГЗ «Палео-климаты, развитие природной среды и долгосрочный прогноз ее изменений». Авторы выражают признательность канд. геол.-мин. н. Г.Н. Александровой за помощь в определении диноцист.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андрусов Н.И. Очерк истории развития Каспийского моря и его обитателей // Изв. РГО. 1888. Т. 24. Вып. 1–2. С. 91–114. Бадюкова Е.Н. Генезис хвалынских шоколадных глин Северного Прикаспия // Бюл. О-ва испытателей природы. Отд. геол. 2000. Т. 75. Вып. 5. С. 25–31.

Барбот-де-Марни Н.П. Геологическое описание Калмыцкой степи и прилежащих к ней земель // Калмыцкая степь Астраханской губернии по исследованиям Кумо-Манычской экспедиции. Санкт-Петербург, 1868. С. 1–76.

*Болиховская Н.С.* Перигляциальные и межледниковые ландшафты плейстоцена Восточно-Предкавказской лёссовой области. М.: ВИНИТИ, 1995. (№ 52-В95). 125 с.

*Болиховская Н.С.* Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер 5. География. 2011. № 2. С. 13-27.

Болиховская Н.С., Касимов Н.С. Ландшафтно-климатические изменения на территории Нижней Волги в последние

10 тысяч лет // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2008. Вып. 2. С. 99–117.

Болиховская Н.С., Мамонтов Д.А., Янина Т.А. Особенности палинологических танатоценозов в ательских отложениях Северного Каспия // Фундаментальная и прикладная палеонтология. Мат-лы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН (2–6 апреля 2018 г., Санкт-Петербург). СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2018. С. 142–144.

*Брицина М.П.* Распространение хвалынских шоколадных глин и некоторые вопросы палеогеографии Северного Прикаспия // Тр. Ин-та географии. 1954. Вып. 62. С. 5–27.

Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М.: Наука, 1987. 255 с.

*Васильев Ю.М.* Антропоген Южного Заволжья. М.: Издво АН СССР, 1961. 128 с.

Воронина К.В. О растительности Северного Прикаспия в

период отложения шоколадных глин // Ученые записки Сарат. гос. ун-та, вып. Биол-почв. 1959. Т. 64. С. 35–37.

Вронский В.А. Маринопалинология южных морей. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского-на-Дону ун-та, 1976. 200 с.

*Горецкий Г.И.* Формирование долины р. Волга в раннем и среднем антропогене. М.: Наука, 1966. 412 с.

*Гричук В.П.* Верхнечетвертичная лесная фаза в истории растительного покрова Нижнего Поволжья // Труды Института географии АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 52. № 7. С. 5–45.

Зубаков В.А., Бадинова В.П., Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Каспийская область. Плейстоцен. Л.: Недра. Геохронология СССР. Т. 3. 1974.

Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., Тудрин А., Шали Ф., Антипов М.П., Кураленко Н.П., Курина Е.Е., Тухолка П. Каспий: гидрологические события позднего квартера // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 2014. Вып. 73. С. 19–51

Леонов Ю.Г., Лаврушин Ю.А., Антипов М.П., Спиридонова Е.А., Кузьмин Я.В. Новые данные о возрасте отложений трансгрессивной фазы раннехвалынской трансгрессии // Докл. РАН. 2002. Т. 386. № 2. С. 229–233.

*Мальгина Е.А.* Спорово-пыльцевые спектры поверхностных проб из различных географических зон Поволжья // Тр. Ин-та географии АН СССР. 1952. Вып. 52. С. 73–90.

Москвитин А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья // Тр. Геолог. ин-та АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962. Вып 64. 263 с.

Обедиентова Г.В., Губонина З.П. О хвалынском веке в пределах Нижнего Поволжья // Вопросы палеогеографии и геоморфологии бассейнов Волги и Урала. 1962. С. 144–173.

Православлев П.А. Материалы к познанию нижневолжских отложений // Изв. Варшавского ун-та, 1908. № 2. 464 с.

Рычагов Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 267 с.

Свиточ А.А., Макшаев Р.Р., Ростовцева Ю.В., Клювиткина Т.С., Березнер О.С., Трегуб Т.Ф., Хомченко Д.С. Шоколадные глины Северного Прикаспия // Географический факультет МГУ, Красногорская типография. 2017. 140 с.

Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. М.: РАСХН, 1997. 267 с.

*Тюрина Л.С.* Спорово-пыльцевые характеристики четвертичных и верхнеплиоценовых отложений низового Поволжья // Мат-лы Всес. совещ. по изуч. четвертич. периода. М.- Л.: Издво АН СССР, 1961. Т. 1. С. 288-295.

 $\Phi$ едоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря // Тр. Геологич. ин-та АН СССР. 1957. Вып. 10. 308 с.

 $\Phi$ едорова Р.В. Распространение пыльцы и спор текучими водами // Тр. Ин-та географии АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 52. С. 46–72.

Чигуряева А.А., Воронина К.В. Материалы по верхнеплейстоценовой растительности Северного Прикаспия // Докл. АН СССР. 1960. Т. 131. № 6. С. 1414—1416.

Чистянова И.А., Лаврушин Ю.А. Суспензиты времени последнего позднеледниковья на территории Русской равнины и прилежащих шельфов: типы, особенности строения и седиментогенеза // Бюлл. Комиссии по изуч. четв. периода. № 65. М.: ГЕОС, 2004. С. 36–43.

Шанцер Е.В. Геологическое строение и гидрологическая обстановка как критерий оценки лесорастительных условий Приволжской полосы Прикаспийской низменности // Тр. Комплексной научной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения. 1951. Т. 1. Вып. 2. С. 140–168.

Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. 264 с.

Янина Т.А., Свиточ А.А., Курбанов Р.Н., Мюррей А.С., Ткач Н.Т., Сычев Н.В. Опыт датирования плейстоценовых отложений Нижнего Поволжья методом оптически стимулированной люминесценции // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 1. С. 20–28.

Яхимович В.Л., Немкова В.К., Дорофеев П.И. Сулейманова Ф.И., Алимбекова Л.И., Попова-Львова М.Г., Хабибуллина Г.А., Латыпова Э.К. Плейстоцен нижнего течения р. Урал. Уфа: БФ АН СССР, 1986. 135 с.

Arslanov Kh.A., Yanina T.A., Chepalyga A.L., Svitoch A.A., Makshaev R.R., Maksimov F.E., Chernov S.B., Tertychniy N.I., Starikova A.A. On the age of the Khvalynian deposits of the Caspian Sea coasts according to <sup>14</sup>C and <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U methods // Quaternary International. 2016. № 409. P. 81–87.

Bolikhovskaya N.S. The Pleistocene and Holocene of the North-Western Caspian Sea Region: climatostratigraphy, correlation and palaeoenvironments // Stratigraphy and sedimentology of oilgas basins. Baku, Azerbaijan. 2011. № 1. P. 3–30.

Bolikhovskaya N.S., Kasimov N.S. The evolution of climate and landscapes of the Lower Volga Region during the Holocene // Geography, Environment, Sustainability. 2010. V. 3. № 2. P. 78–97.

Lebedeva M., Makeev A., Rusakov A., Romanis T., Yanina T., Kurbanov R., Kust P, Varlamov E. Landscape Dynamics in the Caspian Lowlands Since the Last Deglaciation Reconstructed From the Pedosedimentary Sequence of Srednaya Akhtuba, Southern Russia // Geosciences. 2018. V. 8(12). № 492. P. 1–21.

Richards K., Bolikhovskaya N.S. Palynology of pre-Holocene and Holocene shallow cores from the Damchik region of the Volga delta: Palynological assemblages, zones, depositional environments and Caspian Sea level // The Caspian Region: Environmental Consequences of the Climate Change: Proceedings of the International Conference. Moscow, 2010. P. 126–129.

Richards K., Mudie P., Rochon A., Athersuch J., Bolikhovskaya N.S., Hoogendoorn R.M., 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.

Tudryn A., Chalie F., Lavrushin Yu.A., Antipov M.P., Spiridonova E.A., Lavrushin V.Yu, Tucholka P., Leroy S.A.G. Late Quaternary Caspian Sea environment: Late Khazarian and Early Khvalynian transgressions from the lower reaches of the Volga River // Quaternary International. 2013. № 292. P. 193–204.

Yanina T.A. The Ponto-Caspian region: Environmental consequences of climate change during the late Pleistocene // Quaternary International. 2014. № 345. P. 88–99.

Yanina T.A., Sorokin V., Bezrodnykh Y., Romanyuk B. Late Pleistocene climatic events reflected in the Caspian Sea geological history (based on drilling data) // Quaternary International. 2018. № 465. P. 130–141.

Поступила в редакцию 18.01.2019 После доработки 19.02.2019 Принята к публикации 21.02.2019

#### N.S. Bolikhovskaya<sup>1</sup>, R.R. Makshaev<sup>2</sup>

# THE EARLY KHVALYNIAN STAGE OF THE CASPIAN SEA EVOLUTION: PALYNOFLORA AND CLIMATIC-PHYTOCOENOTIC RECONSTRUCTIONS

In addressing the controversial issues of the Late Pleistocene paleogeography of the Caspian Sea basin, the results of spore-pollen analysis are of particular importance, as well as the following reconstructions of climate and vegetation changes of the Northern Caspian region during the Early Khvalynian transgression.

The paper presents the main results of the palynological study of deposits (chocolate clays and overlying and underlying layers from the Srednyay Akhtuba section) of the maximum stage of Early Khvalynian transgression. The materials are illustrated by pollen diagram with the data of spore-pollen analysis and the detailed list of palynoflora, and complemented with photographs of pollen belonging to the principal autochtonous taxa and, for comparison, to some redeposited Quaternary palynomorphs. Palynological materials indicate subaqual (brackish marine and freshwater) sedimentation of studied deposits in periglacial landscapes and, for the most part, under very harsh climatic conditions. The performed climate-stratigraphic reconstructions are in line with the data of absolute dating, i.e. the accumulation of the studied deposits during the Late Valdai (Ostashkov) Late Glacial period. During the time interval plant communities of glacial climate – tundrasteppe, periglacial forest-steppe, periglacial steppe, periglacial parklands and forests – were developed within the study area. Widespread occurrence of microthermal willow formations of *Betula nana* and shrub communities of *Betula fruticosa*, *B. nana*, *Alnaster fruticosus*, *Juniperus*, etc. in the composition of periglacial vegetation cover of the studied region suggests the severe climatic conditions and, possibly, the existence of sporadic permafrost during the cold stages (stadials) of the Ostashkov Late Glacial period.

Key words: the Late Pleistocene-Holocene, palynology, chocolate clay, Northern Caspian region

Acknowledgements. Field studies were financially supported by the Russian Science Foyndation (project № 16-17-10103). Analytical work was partly financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project  $P\Phi\Phi H$ -KOMΦH 18-00-00470) and partly accomplished under the stateguaranteed program «Paleoclimates, evolution of the natural environment and the long-term forecast of its changes». The authors are grateful to G.N. Aleksandrova, PhD. in Geology and Mineralogy, for her assistance in the identification of dinocysts.

#### REFERENCES

Andrusov N.I. Ocherk istorii razvitija Kaspijskogo morja i ego obitatelej [Outline of the history of evolution of the Caspian Sea and its inhabitants] // Izvestija Russkogo geograficheskogo obshhestva. 1888. T. 24. V. 1–2. P. 91–114. (In Russian)

Arslanov Kh.A., Yanina T.A., Chepalyga A.L., Svitoch A.A., Makshaev R.R., Maksimov F.E., Chernov S.B., Tertychniy N.I., Starikova A.A. On the age of the Khvalynian deposits of the Caspian Sea coasts according to <sup>14</sup>C and <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U methods // Quaternary International, 2016. № 409. P. 81–87.

Badyukova E.N. Genezis hvalynskih shokoladnyh glin Severnogo Prikaspija [Origin of Khvalynian chocolate clay of the Northern Caspian region] // Bjul. o-va ispytatelej prirody. Otd. geol. 2000. T. 75. V. 5. P. 25–31. (In Russian)

Barbot-de-Marni N.P. Geologicheskoe opisanie Kalmyckoj stepi i prilezhashhih k nej zemel' [Geological description of the Kalmykya steppe and adjacent territories] // Kalmyckaja step' Astrahanskoj gubernii po issledovanijam Kumo-Manychskoj jekspedicii. Sankt-Peterburg, 1868. P. 1–76. (In Russian)

Bolikhovskaya N.S. Evolyuciya klimata i landshaftov Nizhnego Povolzh'ya v golocene [Evolution of climate and landscapes during the Holocene in the Lower Volga River region] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2011. № 2. P. 13–27. (In Russian)

Bolikhovskaya N.S. Perigljacial'nye i mezhlednikovye landshafty plejstocena Vostochno-Predkavkazskoj ljossovoj oblasti [Periglacial and interglacial Pleistocene landscapes of the East-Pre-Caucasian loess region]. M.: VINITI, 1995. № 52-V 95. 125 p. (In Russian)

Bolikhovskaya N.S. The Pleistocene and Holocene of the North-Western Caspian Sea Region: climatostratigraphy, correlation

and palaeoenvironments // Stratigraphy and sedimentology of oilgas basins. Baku, Azerbaijan. 2011. № 1. P. 3–30.

Bolikhovskaya N.S., Kasimov N.S. Landshaftno-klimaticheskie izmenenija na territorii Nizhnej Volgi v poslednie 10 tysjach let [Landscape and climatic changes within the Lower Volga region during the last 10 ka] // Problemy paleogeografii i stratigrafii plejstocena. M.: Geografichesky f-t MGU, 2008. Vyp. 2. P. 99–117. (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. V. 3. № 2. P. 78–97

Bolikhovskaya N.S., Mamontov D.A., Yanina T.A. Osobennosti palinologicheskih tanatocenozov v atel'skih otlozhenijah Severnogo Kaspija [Characteristics of palynological thanatocenosis in the Atelian deposits of the Northern Caspian region] // Fundamental'naja i prikladnaja paleontologija. Materialy LXIV sessii Paleontologicheskogo obshhestva pri RAN (2–6 aprelja 2018 g., Sankt-Peterburg). SPb.: Kartfabrika VSEGEI, 2018. P. 142–144. (In Russian)

Britsyna, M.P. Rasprostranenie hvalynskih shokoladnyh glin i nekotorye voprosy paleogeografii Severnogo Prikaspija [Distribution of the Khvalynian chocolate clays and problems of the paleogeography of the Northern Caspian region] // Trudy Instituta geografii. 1954. Vyp. 62. P. 5–27. (In Russian)

Chiguryaeva A.A., Voronina K.V. Materialy po verhneplejstocenovoj rastitel'nosti Severnogo Prikaspija [Materials about the Upper Pleistocene vegetation of the Northern Caspian region] // Dokl. AN SSSR. 1960. T. 131. № 6. P. 1414–1416. (In Russian)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Recent Sediments and Pleistocene Paleogeography, Leading Research Scientist, D.Sc. in Geography; *e-mail*: natbolikh@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory of Recent Sediments and Pleistocene Paleogeography, Research Scientist; *e-mail*: radikm1986@mail.ru

Chistyakova I.A., Lavrushin Yu.A. Suspenzity vremeni poslednego pozdnelednikov'ja na territorii Russkoj ravniny i prilezhashhih shel'fov: tipy, osobennosti stroenija i sedimentogeneza [Suspenzites of the last Late Glacial time within the Russian Plain and adjoining shelves: types, structures and specific features of sedimentogenezis] // Bjulljuten Komissii po izucheniju chetvertichnogo perioda. GEOS, 2004. № 64. P. 36–43. (In Russian)

Fedorov P.V. Stratigrafiya chetvertichnyh otlozheniy i istoriya razvitiya Kaspiyskogo morya [Stratigraphy of Quarternary deposits and history of the Caspian Sea evolution] // Publishing house of Academy of Sciences of the USSR. 1957. 308 p. (In Russian)

Fedorova R.V. Rasprostranenie pyl'cy i spor tekuchimi vodami [Distribution of the pollen and spores by running water] // Tr. In-ta geografii AN SSSR. M.: Izd-vo AN SSSR, 1952. T. 52. P. 46–72. (In Russian)

Goretskiy, G.I. Formirovanie doliny r. Volga v rannem i srednem antropogene [Formation of the Volga River valley during Early and Middle Anthropogene]. M.: Nauka, 1966. 412 p. (In Russian)

Grichuk V.P. Verkhnechetvertichnaya lesnaya faza v istorii rastitel'nogo pokrova Nizhnego Povolzh'ya [Upper Quaternary forest phase in the history of vegetation cover of the Lower Volga region] // Trudy Instituta geografii AN SSSR. M.: Izd-vo AN SSSR, 1952. T. 52. № 7. P. 5–45. (In Russian)

Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Tudrin A., Shawls F., Antipov M.P., Kuralenko N.P., Kurina E.E., Tukholka P. Kaspiy: gidrologicheskie sobytiya pozdnego kvartera [The Caspian Sea: hydrological events of Late Quarter] // Bulletin of the commission on studying of Quaternary period. 2014. V. 73. P. 19–51. (In Russian)

Lebedeva M., Makeev A., Rusakov A., Romanis T., Yanina T., Kurbanov R., Kust P, Varlamov E. Landscape Dynamics in the Caspian Lowlands Since the Last Deglaciation Reconstructed From the Pedosedimentary Sequence of Srednaya Akhtuba, Southern Russia // Geosciences. 2018. V. 8(12). № 492. P. 1–21.

Leonov Yu.G., Lavrushin Yu.A., Antipov M.P., Spiridonova E.A., Kuzmin Ya.V. New data on age of deposits of a transgressive phase of the Early Khvalynian transgression // Doklady Earth Sciences. 2002. V. 386. № 2. P. 229–233.

*Mal'gina E.A.* Sporovo-pyl'cevye spektry poverhnostnyh prob iz razlichnyh geograficheskih zon Povolzh'ja [Spore-pollen spectrum of surface samples from different geographical zones of the Volga River region] // Tr. In-ta geografii AN SSSR. 1952. Vyp. 52. P. 73–90. (In Russian)

Moskvitin A.I. Pleystotsen Nizhnego Povolzhiya [Pleistocene of the Lower Volga region]. M.: Publishing house of Academy of Sciences of the USSR, 1962. 263 p. (In Russian)

Obedientova G.V., Gubonina Z.P. O hvalynskom veke v predelah Nizhnego Povolzh ja [On the Khvalynian Age in the Lower Volga region] // Voprosy paleogeografii i geomorfologii bassejnov Volgi i Urala. 1962. P. 144–173. (In Russian)

Pravoslavlev P.A. Materialy k poznaniju nizhnevolzhskih otlozhenij [Materials for the investigation of the Lower Volga deposits] // Izv. Varshavskogo un-ta. 1908. № 2. 464 p. (In Russian)

Richards K., Bolikhovskaya N.S. Palynology of pre-Holocene and Holocene shallow cores from the Damchik region of the Volga delta: Palynological assemblages, zones, depositional environments and Caspian Sea level // The Caspian Region: Environmental Consequences of the Climate Change: Proceedings of the International Conference. Moscow, 2010. P. 126–129.

Richards K., Mudie P., Rochon A., Athersuch J., Bolikhovskaya N.S., Hoogendoorn R.M., 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. Plejstocenovaja istorija Kaspijskogo morja [Pleistocene history of the Caspian Sea]. M.: Izd-vo MGU, 1997. 267 p. (In Russian)

Shantser E.V. Geologicheskoe stroenie i gidrologicheskaja obstanovka kak kriterij ocenki lesorastitel'nyh uslovij v Privolzhskoj polosy Prikaspijskoj nizmennosti [Geological structure and hydrological situation as criteria for the assessment of forest growth conditions of the Near-Volga zone within the Caspian Lowland] // Trudy Kompleksnoj nauchnoj jekspedicii po voprosam polezashhitnogo lesorazvedenija. 1951. T. 1. Vyp. 2. P. 140–168. (In Russian)

Svitoch A.A., Makshaev R.R., Rostovtseva Ju.V., Klyuvitkina T.S., Berezner O.S., Tregub T.F., Khomchenko D.S. Shokoladnye gliny Severnogo Prikaspija [Chocolate clay of the Northern Caspian region] // Geograficheskij fakul'tet MGU, Krasnogorskaja tipografija. 2017. 140 p. (In Russian)

Svitoch A.A., Yanina T.A. Chetvertichnye otlozhenija poberezhij Kaspijskogo morja [Quaternary Sediments of the Caspian Sea coasts]. M.: RASHN, 1997. 267 p. (In Russian)

Tudryn A., Chalie F., Lavrushin Yu.A., Antipov M.P., Spiridonova E.A., Lavrushin V.Yu, Tucholka P., Leroy S.A.G. Late Quaternary Caspian Sea environment: Late Khazarian and Early Khvalynian transgressions from the lower reaches of the Volga River // Quaternary International. 2013. № 292. P. 193–204.

Tyurina L.S. Sporovo-pyl'cevye harakteristiki chetvertichnyh i verhnepliocenovyh otlozhenij nizovogo Povolzh'ja [Spore-pollen characteristics of the Quaternary and the Upper Pliocene deposits of the Lower Volga region] // Mat-ly Vses. soveshh. po izuch. chetvertich. perioda. M.- L.: Izd-vo AN SSSR, 1961. T. 1. P. 288–295. (In Russian)

Varuschenko S.I., Varuschenko A.N., Klige R.K. Izmenenie rezhima Kaspijskogo morja i besstochnyh vodoemov v paleovremeni [Changes in the regime of the Caspian Sea and drainless water bodies during paleotime]. M.: Nauka, 1987. 255 p. (In Russian)

Vasiliev Yu. M. Antropogen Juzhnogo Zavolzh'ja [Anthropogene of the Southern Trans-Volga region]. M.: Izd-vo AN SSSR, 1961. 128 p. (In Russian)

Voronina K.V. O rastitel'nosti Severnogo Prikaspija v period otlozhenija shokoladnyh glin [About the vegetation of the Northern Caspian region during the deposition of chocolate clays] // Uchenye zapiski Sarat. gosudar. univer-ta, vyp. Biol-pochv. T. 64. 1959. P. 35–37. (In Russian)

Vronsky V.A. Marinopalinologija juzhnyh morej [Marine palynology of southern seas]. Rostov-na-Donu: Izd-vo rostovskogona-Donu un-ta, 1976. 200 p. (In Russian)

Yakhemovich V.L., Nemkova V.K., Dorofeev P.I., Suleimanova F.I., Alimbekova L.I., Popova-Lvova M.G., Khabibullina G.A., Latypova E.K. Plejstocen nizhnego techenija r. Ural. [Pleistocene of the lower reaches of the Ural River]. Ufa: BF AN SSSR, 1986. 135 p. (In Russian)

Yanina T.A. Neoplejstocen Ponto-Kaspija: biostratigrafija, paleogeografija, korreljacija [Neopleistocene of the Ponto-Caspian region: biostratigraphy, paleogeography, correlation] M.: Izd-vo Mosk. un-ta. 2012. 264 p. (In Russian)

Yanina T.A. The Ponto-Caspian region: Environmental consequences of climate change during the late Pleistocene // Quaternary International. 2014. № 345. P. 88–99.

Yanina T.A., Sorokin V., Bezrodnykh Y., Romanyuk B. Late Pleistocene climatic events reflected in the Caspian Sea geological history (based on drilling data) // Quaternary International. 2018. № 465. P. 130–141.

Yanina T.A., Svitoch A.A., Kurbanov R.N., Murrey A.S., Tkach N.T., Sychev N.V. Opyt datirovanija plejstocenovyh otlozhenij Nizhnego Povolzh'ja metodom opticheski stimulirovannoj ljuminescencii [Experience of dating the Pleistocene deposits of the Lower Volga region using the method of optically stimulated luminescence] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5. Geografija. 2017. № 1. P. 20–28.

Zubakov V.A, Badinova V.P., Leontiev O.K., Rychagov G.I. Kaspijskaja oblast'. Plejstocen [The Caspian Sea region. Pleistocene]. L.: Nedra. Geohronologija SSSR. T. 3. 1974. (In Russian)

Received 18.01.2019 Revised 19.02.2019 Accepted 21.02.2019