

УДК 551.79; 551.351.2(262.81)

Т.А. Янина¹, А.А. Свиточ², Р.Н. Курбанов³, А.С. Мюррей⁴, Н.Т. Ткач⁵, Н.В. Сычев⁶

ОПЫТ ДАТИРОВАНИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Верхнеплейстоценовые отложения опорного разреза Нижнего Поволжья Средняя Ахтуба изучены методом оптически стимулированной люминесценции. Получено 11 датировок, отражающих разные палеогеографические этапы развития региона. Это позволило составить геохронологическую схему развития изученного района Нижнего Поволжья и сопоставить ее с палеогеографическими событиями в Каспийском море и ледниково-межледниковой ритмикой позднего плейстоцена Восточно-Европейской равнины. Начало позднего плейстоцена (МИС 5е, микулинское межледниковье) охарактеризовано формированием почвенного горизонта на территории вне зоны влияния позднехазарской трансгрессии Каспия. Переходный этап к валдайской ледниковой эпохе отражен в разрезе горизонтами ископаемых почв (МИС 5с, дата 102 500±5160 лет и 5а, дата 68 280±4170 лет), разделенных лессовидными субаэральными (МИС 5d, дата 112 630±5400 лет; и МИС 5b, дата 87 620±4100 лет) осадками. Первая ледниковая стадия (калининская) валдайского оледенения (МИС 4) охарактеризована формированием лессовидной толщи, заключительная фаза осадконакопления которой датирована в 48 680±3100 лет и относится к началу межстадиального потепления (МИС 3). Каспий находился в регрессивном состоянии. Второй половине межстадиального потепления (МИС 3) в Нижнем Поволжье отвечает разнофациальная аллювиальная толща с датами 36 780±3000, 35 500±2800 и 27 000±1580 лет, в строении которой зафиксированы следы почвообразования, отражающие неоднородность климатических условий эпохи. В Каспии развивалась ранняя стадия хвалынской трансгрессии. Эпоха деградации поздневалдайской (осташковской) стадии оледенения (МИС 2, даты 15 000±1000 и 13 000±500 лет) охарактеризована в Нижнем Поволжье накоплением толщи шоколадных глин хвалынской трансгрессии Каспия. Конец голоценового этапа осадконакопления датирован («контрольная дата») в 720±70 лет. Первый опыт датирования верхнеплейстоценовых отложений Нижнего Поволжья ОСЛ методом показал его перспективность как для создания геохронологической схемы отложений и событий региона, так и для их корреляции с глобальными изменениями климата, палеогеографическими событиями в Каспийском море и на Восточно-Европейской равнине.

Ключевые слова: Нижнее Поволжье, поздний плейстоцен, разрез Средняя Ахтуба, метод оптически стимулированной люминесценции, датировки, палеогеографическое развитие, корреляция.

Введение. Нижнее Поволжье является уникальным объектом для познания истории Каспийского моря в плейстоцене, корреляции его палеогеографических событий с ледниково-межледниковой ритмикой на Восточно-Европейской равнине и глобальными и региональными изменениями климата. Обусловлено это представительностью разрезов новейших отложений, их полнотой, содержанием в них как каспийских, так и аллювиальных, и субаэральные осадков, насыщенностью палеонтологическим материалом, доступностью для изучения. Волжские разрезы изучались многими исследователями [Федоров, 1957; Васильев, 1961; Москвитин, 1962; Шаховец, 1987; Свиточ, Янина, 1997; Леонов с со-

авт., 2002; Shkatova, 2010; Лаврушин с соавт., 2014], по их строению и палеогеографическому содержанию накоплен обширный материал. Тем не менее, многие вопросы палеогеографии региона остаются дискуссионными. Одним из самых спорных вопросов является геохронология событий. Термолюминесцентный (ТЛ), электронная парамагнитно-резонансная спектроскопия (ЭПР), уран-ториевый (²³⁰Th/²³⁴U), радиоуглеродный (¹⁴C) методы датирования отложений и событий позднего плейстоцена Нижнего Поволжья дают разные результаты.

Так, позднехазарская трансгрессивная эпоха датирована ТЛ методом в 127(130)–89 тыс. лет [Shkatova, 2010] лет; ЭПР датировки показали ее вре-

¹ 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

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, главный научный сотрудник, докт. геогр. н.; *e-mail*: a.svitoch@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, старший научный сотрудник, канд. геогр. н.; *e-mail*: roger.kurbanov@gmail.com

⁴ Орхусский университет, Дания, отдел геонаук, Северная Люминесцентная лаборатория, проф.; *e-mail*: andrew.murray@geo.au.dk

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, студент; *e-mail*: nikola1543@yandex.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, студент; *e-mail*: nikita.sychev@gmail.com

менной интервал 108–85 тыс. лет [Молодков, 1992; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002]; уран-ториевые – 122–87 тыс. лет [Рычагов, 1997; Shkatova, 2010]. Сменившая ее ательская регрессивная эпоха имеет ряд ТЛ датировок в интервале от 80 до 28 тыс. лет [Шаховец, 1987]; калиброванные радиоуглеродные датировки ательских отложений, вскрытых скважинами на акватории Северного Каспия, лежат в интервале 45–40 тыс. лет [Безродных с соавт., 2015]. Наибольшие разногласия наблюдаются в определении возраста раннехвалынской трансгрессии: 72–47 тыс. лет, полученные ТЛ методом Шелкопляса [Рычагов, 1997, 2014], 48–20 тыс. лет, согласно ТЛ методу Шлюкова-Шаховца [Шаховец, 1987]; 34–8 тыс. лет – по ^{14}C методу [Бадюкова, 2007; Безродных с соавт., 2004, 2015; Chepalyga et al., 2009; Свиточ, 2014; Arslanov et al., 2016], 31–10 тыс. лет согласно $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ методу [Рычагов, 1997; Свиточ, Янина, 1997; Arslanov et al., 2016]. Поэтому датирование нижеволжских отложений методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) представляет несомненный интерес для уточнения геохронологической схемы событий и ее палеогеографической интерпретации.

ОСЛ методом нами изучены отложения, вскрывающиеся в разрезе у пос. Средняя Ахтуба (левый берег р. Ахтубы, координаты $48^{\circ}43'$ с. ш., $44^{\circ}52'$ в. д., рис. 1). Этот разрез является опорным для познания истории развития Нижнего Поволжья в позднем плейстоцене. Сведения о нем опубликованы в работах [Москвитин, 1962; Свиточ, Янина, 1997; Янина, 2005; Tudryn et al., 2013; Лаврушин с соавт., 2014]. ^{14}C дата $12\ 120 \pm 80$ лет получена по раковинам хвалынских моллюсков из горизонта шоколадных глин [Леонов с соавт., 2002]. Нами впервые получены 11 ОСЛ датировок, вносящие ясность в хронологию и корреляционные связи палеогеографических событий в Нижнем Поволжье.

Материал и методы. Материал для датирования получен в 2015 г. во время комплексных полевых исследований творческого коллектива географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и Института географии РАН в Нижнем Поволжье. В работе принял участие профессор Университета Орхуса (Королевство Дания) А. Мюррей, под руководством которого выполнен отбор образцов и их дальнейшее изучение ОСЛ методом. Разрез Средняя Ахтуба вскрывает строение нижехвалынской равнины Прикаспия: горизонт шоколадных глин хвалынской трансгрессии, мощную полифациальную толщу ательских континентальных осадков и три ярко выраженные горизонта погребенных почв.

Образцы на ОСЛ анализ взяты из всех установленных в разрезе разновозрастных слоев с соблюдением строгих правил отбора образцов, производящегося: а – на удалении (желательно не менее 0,15 м)



Рис. 1. Местоположение разреза Средняя Ахтуба

Fig. 1. Location of the Srednyaya Akhtuba section

от границ слоя для исключения взаимного радиационного влияния отложений соседних слоев; б – образцы помещались в пластиковые трубы длиной не менее 30 см, погруженные в грунт под прямым углом к отвесной стенке разреза и упаковывались в светонепроницаемые пакеты. Большая часть образцов была отобрана ночью при отсутствии света.

Лабораторная обработка образцов для определения скорости накопления энергии в отложениях (радиационной дозы) и определения количества накопленной энергии (эквивалентной дозы) выполнена в Северной люминесцентной лаборатории Университета Орхуса (Aarhus Nordic Luminescence Lab.) в Дании. Определение эквивалентной дозы проведено в соответствии с SAR-протоколом [Murray, Wintle, 2000] для кварца и Post-IR IRSL – протоколом [Thiel et al., 2011] для полевого шпата. Датирование по кварцу выполнено для современных, хвалынских и ательских отложений; по полевоому шпату – для подстилающих их лессово-почвенных горизонтов [Tkach et al., 2016].

Результаты исследований и их обсуждение. Разрез Средняя Ахтуба (рис. 2) в своей верхней части представлен современной почвой, развитой по субэразальным послехвалынским (голоценовым) су-

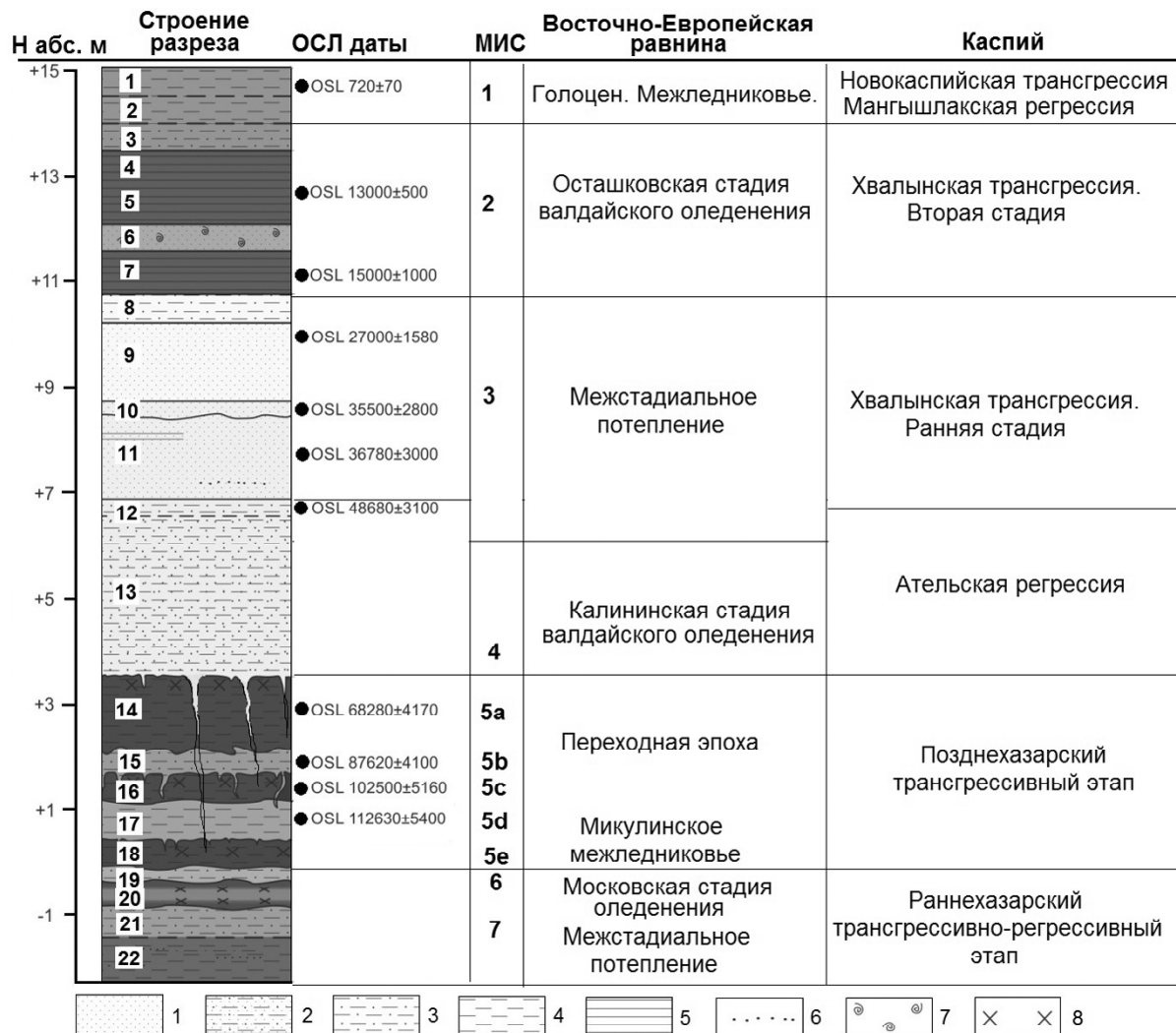


Рис. 2. Строение разреза Средняя Ахтуба, ОСЛ датировки отложений и корреляция с событиями на Восточно-Европейской равнине и в Каспийском бассейне. Условные обозначения: 1 – песок, 2 – опесчаненная супесь, 3 – супесь, 4 – суглинок, 5 – глина, 6 – галька, 7 – малакофауна, 8 – палеопочва

Fig. 2. Structure of the Srednyaya Akhtuba section, OSL dating of deposits and correlation with events on the East European Plain and in the Caspian Sea. 1 – sand, 2 – loamy sand, 3 – sandy clay, 4 – loam, 5 – clay, 6 – gravel, 7 – mollusk fauna, 8 – fossil soil

песчаным отложениям (слои 1–2), по которым получена «контрольная» датировка 720±70 лет (таблица, № 150801). Под ними залегает мощная толща (слои 3–7) каспийских нижнехвалынских осадков, включающая: слой супеси темно-бежевого цвета, горизонтально-слоистой, с редкими прослоями песка тонкозернистого, мощностью 0,25 м, с ровной литологически четкой нижней границей (слой 3); два слоя шоколадной глины, горизонтально-слоистой в верхнем из них (слой 4 мощностью 0,75 м), с мелкой призматической отдельностью, с тонкими прослойками (от 0,5 до 3 см) песка серо-бежевого, и массивной в нижнем (слой 5 мощностью 0,95 м), с крупной оскольчатой призматической отдельностью, с тонкими пленками алеврита по плоскостям напластования, с литологически резкой, без размыва, нижней границей. По отложениям слоя 4 получена дата 13 000±500 лет (таблица, № 150806). Под шоколадными глинами залегает слой песка мощностью 0,45 м, включающий многочисленные раковины ран-

нехвалынских моллюсков *Didacna protracta*, *D. ebersini*, *Dreissena rostriformis*, *Dr. polymorpha* (слой 6). Подстилаются пески еще одним слоем шоколадной глины мощностью 0,9 м (слой 7), датированной в 15 000±1000 лет (таблица, № 150807).

С резкой границей ниже в разрезе залегают разнофациальные (водного и субаэрального генезиса) супесчано-песчаные отложения (слои 8–13), представляющие ательскую свиту в стратиграфической схеме Каспийского региона. Осадки свиты отвечают континентальному этапу развития территории. Ее верхняя часть представлена слоем (0,5 м) плотной неслоистой супеси равномерной светло-бежевой окраски, образующей в разрезе вертикальные стенки (слой 8). Ниже залегает песок мелкозернистый, хорошо сортированный, равномерной бежевой окраски, с неясной слоистостью за счет прослоев более крупнозернистого песка, в кровле структурированный, с известковыми включениями и марганцовистыми примазками (следы почвообразования), мощностью

Таблица

**Датировки верхнеплейстоценовых отложений разреза Средняя Ахтуба
методом опико-стимулированной люминесценции**

Лаб. номер	Абс. высота (м)	Отложения	Возраст	Ошибка	Эквивалентная доза (Gy)	Кол-во аликвот	Скорость накопления дозы (Gy/тыс.лет)
			тыс. лет				
150801	16,8	Современная почва	0,72	0,11	1,16	19	1,62
150806	14	Верхняя часть шоколадных глин	13,02	0,61	41,14	17	3,16
150807	12,7	Нижняя часть шоколадных глин	15,02	1,00	46,85	12	3,12
150809	11	Палеопочва	26,99	1,58	34,48	14	1,28
150810	8,6	Аллювиальный песок	35,54	3,11	27,50	21	0,77
150812	7,3	Аллювиальный песок	36,78	3,58	48,15	15	1,31
150814	6,5	Нетипичный опесчаненный лёсс	48,68	3,14	91,40	16	1,88
150822	1,8	Палеопочва	68,28	4,31	207,79	5	2,97
150824	0,4	Лёссовидные суглинки	87,62	4,39	274,74	7	3,18
150827	-0,1	Палеопочва	102,50	5,16	325,53	6	3,18
150829	-0,8	Лёссовидные суглинки	112,63	5,40	331,45	5	2,94

1,40 м (слой 9). Отложения верхней части слоя датированы в $27\ 000 \pm 1580$ лет (№ 150809). Под ним вскрывается песок мощностью 0,40 м желто-коричневый, прослоями и линзами светло-серый, мелко- и тонкозернистый, с единичными марганцовистыми примазками, с четкой волнистой нижней границей (слой 10). Песок датирован в $35\ 500 \pm 2800$ лет (№ 150810). Ниже залегает плотный песок мелко- и среднезернистый, желто-бежевой окраски, сменяющийся более крупнозернистым песком желто-серым, с зернами песка черного и темно-серого минерального состава, с редкими включениями пятен марганца, с тонкими прослойками крупнозернистого песка и мелкой гальки, в основании слоя косослоистый. Мощность 1,45 м (слой 11). Нижняя граница литологически резкая. По пескам из средней части слоя получена дата $36\ 780 \pm 3000$ лет (№ 150812).

Толща песков подстилается двумя слоями лёссовидной супеси со столбчатой отдельностью, образующими в разрезе вертикальные стенки. Верхний (слой 12) мощностью 0,20 м изобилует марганцовистыми примазками и гипсовыми включениями, встречается перегнившая органика (следы почвообразования), датирован в $48\ 680 \pm 3100$ лет (№ 150814). Он переходит в мощный (3,5 м) слой супеси опесчаненной равномерной светло-коричневой окраски, с редкими марганцовистыми примазками и включениями гипса (слой 13). Нижняя граница неровная, глубокими клиньями, трещинами и затеками осадки проникают в нижележащие слои.

Ниже в разрезе вскрываются три ярко выраженные палеопочвы. Верхний почвенный горизонт (слой 14) представлен плотным суглинком серо-си-

зой окраски, с ореховатой и мелкой оскольчатой структурой, с мелкими включениями карбонатов, марганцовистыми примазками и пятнами ожелезнения. Он разбит морозобойными трещинами и клиньями, выполненными сингенетичными им ательскими супесями слоя 13. Мощность от 0,7 до 1,0 м. Нижняя граница неровная, глубокими затеками в нижележащий слой. Отложения слоя датированы в $68\ 280 \pm 4170$ лет (№ 150822). Слоем (15) лёссовидных суглинков (мощность около 0,7 м) пестрой серо-коричневой окраски, с ржавыми пятнами и затеками, с марганцовистыми и известковыми включениями, датированных в $87\ 620 \pm 4100$ лет (№ 150824), они отделены от второго почвенного горизонта (слой 16), по которому получена дата $102\ 500 \pm 5160$ лет (№ 150827). Слой представлен суглинком мощностью около 0,40 м, темно-коричневым, ожелезненным, обогащенным известью и мелкими точечными марганцовистыми включениями. Слой разбит тонкими трещинами, переходящими в него из слоя 14, а также незначительными криотурбациями. Почву подстилают лёссовидные суглинки (слой 17) мощностью 0,75 м. По ним получена дата $112\ 630 \pm 5400$ лет (№ 150829). Ниже залегает еще один ярко выраженный горизонт палеопочвы мощностью 0,4 м (слой 18), представленный суглинком плотным, комковатой структуры, темно-серым и буровато-коричневым, с мелкими карбонатными конкрециями. Нижняя граница литологически четкая, неровная. Подстилается он слоем супеси пылевой, лёссовидной, плотной, серо-коричневой окраски, мощностью 0,3 м (слой 19). Нижняя граница слабоволнистая, достаточно резкая по литологическому составу. В осно-

вании разреза развиты отложения бассейна лиманного типа (слои 20–22) с нестабильным уровнем.

В строении разреза Средняя Ахтуба отражены шесть палеогеографических этапов развития района исследований (рис. 2):

1. Самый древний этап (слои 22–20) не охарактеризован ОСЛ датировками. Основываясь на последовательности датированных слоев, мы предполагаем его среднеплейстоценовый (морская изотопная стадия, МИС, 7 изотопно-кислородной шкалы, являющейся международным стандартом при палеоклиматических и климатостратиграфических исследованиях) возраст, отвечающий межстадиальному потеплению днепровского оледенения Восточно-Европейской равнины. Лиманные осадки характеризуют завершающую стадию развития раннехазарской трансгрессивной эпохи Каспийского моря.

2. Следующий этап (слой 19), также не имеющий ОСЛ датировок, по-видимому, относится к московской стадии днепровского оледенения и отражает накопление лёссовидной толщи в континентальных условиях развития региона. Каспий находился в регрессивном состоянии.

3. Этап (слои 18–14), представленный тремя горизонтами палеопочв, относится к первой половине позднего плейстоцена, временному интервалу, отвечающему МИС 5. Его характеризуют четыре ОСЛ датировки, логично «расположенные» по разрезу. Датированы две верхние почвы (102 500±5160 и 68 280±4170 лет) и подстилающие их слои (112 630±5400 и 87 620±4100 лет), что позволяет отнести эпохи почвообразования к теплым подстадиям (МИС 5с и 5а) неустойчивого в климатическом отношении переходного этапа от микулинского межледниковья к валдайскому оледенению. Формирование нижнего горизонта почвы, не имеющего датировки, логично отнести к максимально теплой эпохе микулинского межледниковья (МИС 5е).

Полученные ОСЛ датировки опровергли устойчивые представления геологов и палеогеографов [Москвитин, 1962; Свиточ, Янина, 1997; Yanina, 2012, 2014] о микулинском возрасте верхнего горизонта почвенной серии и более древнем среднеплейстоценовом возрасте двух нижних. Они показали, что каждому пику потепления пятой стадии, ярко выраженному на изотопно-кислородной кривой [Lisiecki, Raymo, 2005], в Нижнем Поволжье отвечал этап почвообразования.

В истории Каспийского моря этой эпохе (МИС 5) отвечал позднехазарский трансгрессивно-регрессивный этап: малая позднехазарская трансгрессия с уровнем около –10 м, характеризующаяся теплопроводностью [Yanina, 2014], и гирканская трансгрессия с несколько более прохладными условиями среды [Янина с соавт., 2014]. Оба трансгрессивных бассейна не достигали широт Средней Ахтубы.

4. Продолжительный этап континентального развития территории, отраженный в строении разреза слоями 13–8, в стратиграфической схеме Каспийского региона представляет ательскую свиту, зани-

мающую положение между позднехазарской и хвалынской эпохами трансгрессивного развития бассейна. Строение этой свиты сложное, включающее три самостоятельных палеогеографических этапа. Рассмотрим их подробнее.

Лёссовидные отложения в ее основании (слой 13) со слабо развитым почвенным горизонтом (слой 12) отвечают эпохе ательской регрессии Каспия. Присутствие следов мерзлоты, развитие глубоких клиньев и трещин в основании слоя, по которым его осадки глубоко проникают в нижележащий почвенный комплекс, свидетельствуют о суровых климатических условиях эпохи осадконакопления. Согласно нашим представлениям [Свиточ, Янина, 1997; Yanina, 2012, 2014; Свиточ, 2014], это была эпоха калининского оледенения Восточной Европы, отвечающая МИС 4 изотопно-кислородной шкалы. Ательские отложения Нижней Волги были датированы ТЛ методом [Шаховец, 1987], показавшим возраст 80–30 тыс. лет. Казалось бы, логичные датировки были подвергнуты сомнению из-за их «наложения» на даты, полученные этим же автором для нижнехвалынских отложений этого региона – 50–20 тыс. лет. В 2015 г. по ательским осадкам, вскрытым в северокаспийских скважинах, были получены радиоуглеродные даты, лежащие в интервале 48–45 тыс. лет. По мнению авторов [Безродных с соавт., 2015], эти даты отражают завершающие этапы развития ательской регрессии. Полученная нами ОСЛ дата 48 680±3100 лет, также характеризующая завершающую стадию накопления ательских осадков, подтверждает представление о времени ательского регрессивного этапа в эпоху калининского оледенения валдайской ледниковой эпохи (МИС 4) и начальных фазах межстадиального потепления (МИС 3).

Комплекс (слои 11–8) разнофациальных аллювиальных отложений разреза отражает этап межстадиального потепления МИС 3, на Восточно-Европейской равнине ему отвечает брянский межстадиал. О смягчении климатических условий свидетельствуют следы почвообразования, выраженные в разрезе. В Каспии, судя по материалам бурения [Безродных с соавт., 2004, 2015], развивалась ранняя стадия хвалынской трансгрессии, не достигавшая широт Средней Ахтубы. Радиоуглеродные датировки отложений этой стадии, лежащие в интервале 34–21 тыс. лет [Безродных с соавт., 2015], согласуются с полученными нами результатами ОСЛ датирования: 36 780±3000 (слой 11), 35 500±2800 (слой 10) и 27 000±1580 (слой 9).

Завершение позднеплейстоценового континентального этапа развития рассматриваемой территории в разрезе отражено глубоким размывом лёссовидных супесей слоя 8, о котором свидетельствует сохранившийся нижний горизонт почвы в их верхней части. Очевидно, этот (не сохранившийся в разрезе) этап коррелирует с эпохой последнего ледникового максимума (МИС 2). Эта сухая холодная эпоха не благоприятствовала трансгрессивному развитию Каспия, в его бассейне развивалась эльгонская (?) регрессия, ярко выраженная в строении керна каспийских скважин [Yanina, 2014; Безродных с соавт., 2015].

Таким образом, в континентальной «ательской» эпохе верхней (волгоградской) области Нижнего Поволжья отражены три самостоятельных палеогеографических события каспийской истории: ательская регрессия Каспия в условиях калининского оледенения (МИС 4) и начальной фазы межстадиального потепления (МИС 3), начальная стадия хвалынской трансгрессии в условиях второй половины межстадиального потепления (МИС 3) и регрессия в условиях максимума осташковского оледенения (МИС 2). Комплекс отложений представляет собой ательскую свиту осадков в каспийской стратиграфической схеме, объем которой выходит за рамки одноименной (ательской) регрессии.

5. «Морской» этап развития территории выражен в комплексе отложений разреза (слои 7–3), отвечающим второй стадии хвалынской трансгрессии Каспия. Это шоколадные глины с прослоем песка, содержащего многочисленные раковины типичных хвалынских моллюсков. ОСЛ даты слоев шоколадной глины $15\ 000 \pm 1000$ и $13\ 000 \pm 500$ лет свидетельствуют об их накоплении в эпоху деградации осташковского оледенения. Эти данные находятся в хорошем согласии с результатами радиоуглеродного датирования раковин моллюсков, залегающих в песчаных прослоях в толще шоколадных глин Нижнего Поволжья [Свиточ, Янина, 1997; Arslanov et al., 2016], и они же противоречат материалам изучения нижнехвалынских отложений Нижнего Поволжья термолюминесцентным методом [Шаховец, 1987]. Завершается хвалынский комплекс осадков супесчаным слоем, свидетельствующем об обмелении бассейна и начале континентального развития территории.

6. Послехвалынский этап отражает континентальное развитие волгоградского Поволжья после отступления вод хвалынской трансгрессии.

Выводы:

– верхнеплейстоценовые отложения опорного разреза Нижнего Поволжья Средняя Ахтуба изучены методом оптически стимулированной люминесценции. Получено 11 датировок, отражающих разные палеогеографические этапы развития региона. Это позволило составить геохронологическую схему развития

изученного района Нижнего Поволжья и сопоставить ее с палеогеографическими событиями в Каспийском море и ледниково-межледниковой ритмикой позднего плейстоцена Восточно-Европейской равнины;

– начало позднего плейстоцена (МИС 5е, миккулинское межледниковье) охарактеризовано формированием почвенного горизонта на территории вне зоны влияния позднехазарской трансгрессии Каспия. Переходный этап к валдайской ледниковой эпохе отражен в разрезе горизонтами ископаемых почв (МИС 5с, дата $102\ 500 \pm 5160$ лет и 5а, дата $68\ 280 \pm 4170$ лет), разделенных лессовидными субэральными (МИС 5d, дата $112\ 630 \pm 5400$ лет; и МИС 5b, дата $87\ 620 \pm 4100$ лет) осадками;

– первая ледниковая стадия (калининская) валдайского оледенения (МИС 4) охарактеризована формированием лессовидной толщи, заключительная фаза осадконакопления которой датирована в $48\ 680 \pm 3100$ лет и относится к началу межстадиального потепления (МИС 3). Каспий находился в регрессивном состоянии;

– второй половине межстадиального потепления (МИС 3) в Нижнем Поволжье отвечает разнофациальная аллювиальная толща с датами $36\ 780 \pm 3000$, $35\ 500 \pm 2800$ и $27\ 000 \pm 1580$ лет, в строении которой зафиксированы следы почвообразования, отражающие неоднородность климатических условий эпохи. В Каспии развивалась ранняя стадия хвалынской трансгрессии;

– эпоха деградации поздневалдайской (осташковской) стадии оледенения (МИС 2, даты $15\ 000 \pm 1000$ и $13\ 000 \pm 500$ лет) охарактеризована в Нижнем Поволжье накоплением толщи шоколадных глин хвалынской трансгрессии Каспия;

– конец голоценового этапа осадконакопления датирован («контрольная дата») в 720 ± 70 лет;

– первый опыт датирования верхнеплейстоценовых отложений Нижнего Поволжья ОСЛ методом показал его перспективность как для создания геохронологической схемы отложений и событий региона, так и для их корреляции с глобальными изменениями климата, палеогеографическими событиями в Каспийском море и на Восточно-Европейской равнине.

Благодарности. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00705).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бадюкова Е.Н. Возраст хвалынских трансгрессий Каспийского моря // *Океанология*. 2007. Т. 47. № 3. С. 432–438.

Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф., Делия С.В. Биостратиграфия, строение верхнечетвертичных отложений и некоторые черты палеогеографии Северного Каспия // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2004. Т. 12. № 1. С. 114–124.

Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф., Делия С.В., Сорокин В.М., Янина Т.А. Новые данные по стратиграфии верхнечетвертичных отложений Северного Каспия // *Докл. Академии наук*. 2015. Т. 462. № 1. С. 95–99.

Безродных Ю.П., Сорокин В.М., Янина Т.А. Об ательской регрессии Каспийского моря // *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. 2015. № 2. С. 77–85.

Васильев Ю.М. Антропоген Южного Заволжья. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 128 с.

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 квартала // *Бюл. комиссии по изучению четвертич. 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.

Молодьков А.Н. ЭПР-анализ скелетного вещества моллюсков в хроностратиграфических исследованиях позднего кайнозоя. Автореф. дис. ... Тарту, 1992. 48 с.

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

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

Рычагов Г.И. Хвалынский этап в истории Каспийского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 4. С. 3–9.

Свиточ А.А. Большой Каспий: строение и история развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014. 272 с.

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

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

Шаховец С.А. Хронология палеогеографических событий позднего плейстоцена Нижней Волги (по данным термолуминесцентного метода). Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М., 1987. 24 с.

Янина Т.А. Дидакны Понто-Каспия. М.-Смоленск: Маджента, 2005. 300 с.

Янина Т.А., Сорокин В.М., Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф. Гирканский этап в плейстоценовой истории Каспийского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 3. С. 3–9.

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 ^{14}C and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ methods // Quaternary International, 2016. № 409. P. 81–87.

Chepalyga A.L., Arslanov Kh.A., Yanina T.A. Detailed age control of Khvalynian basin history // Black Sea – Mediterranean Corridor during the Last 30 ka: Sea Level Change and Human Adaptation. Izmir: Izmir State University, 2009. P. 71–75.

Lisiecki L., Raymo M. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic D^{18}O records // Paleoclimatology. 2005. V. 20. P. 1–17. doi:10.1029/2004PA001071.

Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. Eustatic sea-level and climate changes over the last 600 ka as derived from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and pollen evidence in Northern Eurasia // Sedimentary Geology. 2002. № 150. P. 185–201.

Murray A.S., Wintle A.G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol // Radiation Measurements. 2000. V. 32. № 1. P. 57–73.

Shkatova V.K. Paleogeography of the Late Pleistocene Caspian Basins: Geochronometry, paleomagnetism, paleotemperature, paleosalinity and oxygen isotopes // Quaternary International. 2010. № 225. P. 221–229.

Thiel C., Buylaert J.-P., Murray A., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol // Quaternary International. 2011. V. 234. № 1–2. P. 23–31.

Tkach N., Murray A., Kurbanov R., Yanina T., Svitoch A., Sychev N. First optically luminescence dating results of Lower Volga sediments (Srednaya Akhtuba) // IGCP 610 Fourth Plenary conference and Field trip «From the Caspian to Mediterranean: Environmental change and human response during the Quaternary» proceedings. Tbilisi: Georgian National Academy of Science Tbilisi. P. 180–184.

Tudryn A., Chalief 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. Correlation of the Late Pleistocene paleogeographical events of the Caspian Sea and Russian Plain // Quaternary International. 2012. № 271. P. 120–129.

Yanina T.A. The Ponto-Caspian region: Environmental consequences of climate change during the late Pleistocene // Quaternary International. 2014. V. 345. P. 88–99.

Поступила в редакцию 20.07.2016
Принята к публикации 27.09.2016

**T.A. Yanina¹, A.A. Svitoch², R.N. Kurbanov³,
A.S. Murray⁴, N.T. Tkach⁵, N.V. Sychev⁶**

PALEOGEOGRAPHIC ANALYSIS OF THE RESULTS OF OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE DATING OF PLEISTOCENE DEPOSITS OF THE LOWER VOLGA AREA

Upper Pleistocene deposits of the Srednyaya Akhtuba section (basic for the Lower Volga area) were studied by the method of optically stimulated luminescence (OSL). Eleven dates corresponding to different paleogeographic stages of development of the region were received. It allowed constructing the geochronological scheme of development of the studied region of the Lower Volga area and correlating it with paleogeographic events in the Caspian Sea, as well as with the glacial and interglacial rhythmicity of the

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor; Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; *e-mail*: paleo@inbox.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography, Chief Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; *e-mail*: a.svitoch@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Recent Deposits and Pleistocene Paleogeography, Leading Scientific Researcher, PhD in Geography; *e-mail*: roger.kurbanov@gmail.com

⁴ Aarhus University, Denmark, Department of Geosciences, Nordic Luminescence Laboratory, Professor; *e-mail*: andrew.murray@geo.au.dk

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, student; *e-mail*: nikola1543@yandex.ru

⁶ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, student; *e-mail*: nikita.sychev@gmail.com

late Pleistocene on the East European Plain. The beginning of the late Pleistocene (MIS 5e, Mikulino interglacial epoch) is characterized by formation of a soil horizon outside the zone of influence of the Late Khazarian transgression of the Caspian Sea. The transitional stage to the Valdai glacial era is reflected in the section by the horizons of fossil soils (MIS 5c, dating 102 500±5160 years ago and 5a, dating 68 280±4170 years ago) divided by loess subaerial sediments (MIS 5d, dating 112 630±5400 years ago; and MIS 5b, dating 87 620±4100 years ago). The first glacial stage (Kalinin) of the Valdai glaciation (MIS 4) is characterized by formation of loess strata. The final phase of its sedimentation dating 48 680±3100 years ago corresponds to the beginning of the interstadial warming (MIS 3) when the Caspian Sea was in a regressive state. The second half of the interstadial warming (MIS 3) in the Lower Volga area is represented by alluvial strata dating 36 780±3000, 35 500±2800 and 27 000±1580 years ago. Soil formation traces reflecting the heterogeneity of climatic conditions of the era are recorded in its structure. The early stage of Khvalynian transgression developed in the Caspian Sea at the time. The era of degradation of the late Valdai (Ostashkovo) glaciation (MIS 2, dating 15000±1000 and 13000±500 years ago) is characterized in the Lower Volga area by accumulation of chocolate clay strata of Khvalynian transgression of the Caspian Sea. The end of the Holocene stage of sedimentation is dated («control date») back to 720±70 years ago. The first experience of dating of the upper Pleistocene deposits of the Lower Volga area by OSL method showed its prospects both for creation of the geochronological scheme of deposits and events of the region, and for their correlation with global climate changes, paleogeographic events in the Caspian Sea and on the East European Plain.

Key words: Lower Volga area, late Pleistocene, Srednyaya Akhtuba section, method of optically stimulated luminescence, dating, paleogeographic development, correlation.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 14-17-00705).

REFERENCES

- 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 ^{14}C and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ methods // *Quaternary International*, 2016. no 409, pp. 81–87.
- Badyukova E.N. Age of Khvalynian transgressions of the Caspian Sea region // *Oceanology*. 2007. Vol. 47. N 3. P. 400–405.
- Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F., Delia S.V., Magomedov R.D., Sorokin V.M., Parunin O.B., Babak E.V. Biostratigraphy, structure of the upper Quaternary deposits and some paleogeographic features of the North Caspian region // *Stratigraphy. Geological correlation*. 2004. Vol. 12. N 1. P. 102–111.
- Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F., Delia S.V., Sorokin V.M., Yanina T.A. New data on the upper Quaternary stratigraphy of the North Caspian Sea // *Doklady Earth Sciences*. 2015. Vol. 462. N 1. P. 479–483.
- Bezrodnykh Yu.P., Sorokin V.M., Yanina T.A. Ob atelskoy regressii Kaspiyskogo morya [About Atelian regression of the Caspian Sea] // *Vestnik of the Moscow University. Series 5. Geography*. 2015. N 2. P. 77–85 (in Russian).
- Chepalyga A.L., Arslanov Kh.A., Yanina T.A. Detailed age control of Khvalynian basin history // *Black Sea – Mediterranean Corridor during the Last 30 ka: Sea Level Change and Human Adaptation*. Izmir: Izmir State University, 2009. P. 71–75.
- Fedorov P.V. *Stratigrafiya chetvertichnykh otlozheniy i istoriya razvitiya Kaspiyskogo morya* [Stratigraphy of Quaternary deposits and history of development of the Caspian Sea] // Publishing house of Academy of Sciences of the USSR. 1957, 308 p. (in Russian).
- Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Tudrin A., Shaws 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).
- 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. N 2. P. 229–233.
- Lisiecki L., Raymo M. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic D^{18}O records // *Paleoceanography*, 2005. Vol. 20. P. 1–17. doi:10.1029/2004PA001071.
- Molodkov A.N. *EPR analiz skeletnogo veschestva molluskov v hronostratigraficheskikh issledovaniyakh pozdnego kainozoya* [The EPR-analysis of skeletal substance of mollusks in the hronostratigraphical researches of the late Cenozoic]. Prof. thesis. Tartu, 1992. 48 p.
- Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. Eustatic sea-level and climate changes over the last 600 ka as derived from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and pollen evidence in Northern Eurasia // *Sedimentary Geology*, 2002, no 150, pp. 185–201.
- Moskvitin A.I. *Pleistotsen Nizhnego Povolzhya* [Pleistocene of the Lower Volga area]. M.: Publishing house of Academy of Sciences of the USSR, 1962. 263 p. (in Russian).
- Murray A.S., Wintle A.G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol // *Radiation Measurements*. 2000. V. 32. N 1. P. 57–73.
- Rychagov G.I. *Pleistotsenovaya istoriya Kaspiyskogo morya* [Pleistocene history of the Caspian Sea]. M.: Publishing house of the MSU, 1997. 267 p. (in Russian).
- Rychagov G.I. *Hvalynskiy etap v istorii Kaspiyskogo morya* [Khvalynian epoch in the history of the Caspian Sea] // *Vestnik of the Moscow University. Series 5. Geography*. 2014. N 4. P. 3–9 (in Russian).
- Shakhovets S.A. *Hronologiya paleogeograficheskikh sobytiy pozdnego pleistotsena Kaspiyskogo morya* [Chronology of the paleogeographic events of the late Pleistocene of the Lower Volga (according to a thermoluminescent method)]. PhD thesis. M.: MSU, 1987. 24 p. (in Russian).
- Shkatova V.K. *Paleogeography of the Late Pleistocene Caspian Basins: Geochronometry, paleomagnetism,*

paleotemperature, paleosalinity and oxygen isotopes // *Quaternary International*, 2010, no 225, pp. 221–229.

Svitoch A.A. Bolshoy Kaspiy: stroenie i istoriya razvitiya [Big Caspian Sea: structure and history of development]. M.: Publishing house of the Moscow University, 2014. 272 p. (in Russian).

Svitoch A.A., Yanina T.A. Chetvertichnye otlozheniya poberezhny Kaspiyskogo morya [Quaternary deposits of coasts of the Caspian Sea]. M.: Russian Academy of Agrarian Sciences, 1997. 267 p. (in Russian).

Thiel C., Buylaert J.-P., Murray A., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol // *Quaternary International*, 2011. Vol. 234. N 1–2. P. 23–31.

Tkach N., Murray A., Kurbanov R., Yanina T., Svitoch A., Sychev N. First optically luminescence dating results of Lower Volga sediments (Srednaya Akhtuba) // IGCP 610 Fourth Plenary conference and Field trip «From the Caspian to Mediterranean: Environmental change and human response during the Quaternary» proceedings. Tbilisi: Georgian National Academy of Science Tbilisi. P. 180–184.

Tudryn A., Chaliev 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, no 292, pp. 193–204.

Vasilyev Yu.M. Antropogen Yuzhnogo Zavolzhya [Antropogene of the Southern Volga region]. M.: Publishing house of Academy of Sciences of the USSR, 1961. 128 p. (in Russian).

Yanina T.A. Didakny Ponto-Kaspija [Didacna of the Ponto-Caspian region]. M – Smolensk: Madzhenta, 2005. 300 p. (in Russian).

Yanina T.A. Correlation of the Late Pleistocene paleogeographical events of the Caspian Sea and Russian Plain // *Quaternary International*. 2012, no 271, pp. 120–129.

Yanina T.A. The Ponto-Caspian region: Environmental consequences of climate change during the late Pleistocene // *Quaternary International*. 2014. Vol. 345. P. 88–99.

Yanina T.A., Sorokin V.M., Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F. Girkansky etap v pleistotsenovoy istorii Kaspiyskogo morya [Hircanian stage in the Pleistocene history of the Caspian Sea] // *Vestnik of the Moscow University. Series 5. Geography*. 2014. N 3. P. 3–9.

Received 20.07.2016

Accepted 27.09.2016