

УДК 551.79; 551.351.2(262.81)

ЛИТОФАЦИАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ БЭРОВСКИХ БУГРОВ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Д.М. Лобачева¹, Е.Н. Бадюкова², Р.Р. Макшаев³^{1–3} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет¹ Кафедра геоморфологии и палеогеографии, магистр; e-mail: lob.dascha@yandex.ru² Кафедра геоморфологии и палеогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: badyukova@yandex.ru³ Лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, ст. науч. с.,
канд. геогр. н.; e-mail: radikm1986@mail.ru

Бэровские бугры – это, как правило, вытянутые гряды, ориентированные чаще всего близко к субширотному направлению, получившие широкое распространение на территории Северного Прикаспия от устья р. Кумы (Кизлярский залив на западном берегу) до устья р. Эмбы (восточное побережье Каспийского моря). Выше отметки 0...+2 м абс., по границе распространения позднехвалынской трансгрессии моря бэровские бугры нигде не идентифицируются. Данная статья ставит своей целью определение генезиса исследуемых форм рельефа на основе подробных структурно-литологических описаний и датирования слагающего их материала. Отложения бэровских бугров состоят из трех условно выделяемых литофаций (ЛФ1, ЛФ2 и ЛФ3), охватывающих интервал времени от 21 до 11 кал. тыс. л. н. Основным материалом для накопления отложений бугров являлись шоколадные глины, подстилающие их морские отложения регрессивной террасы и аллювий рек, впадавших в хвалынский бассейн. В отложениях бугров выделены малакофаунистические комплексы, состоящие из *Didacna protracta*, *D. ebersini*, *D. parallella*, *D. parallella borealis*, *D. praetrigonoides*, *Dreissena rostriformis* и *Dr. polymorpha*, обитавшие преимущественно в солоноватоводных условиях. Гряды были сформированы в конце позднехвалынского времени – начале голоцена. Слагающий бугры материал нельзя отнести к золовому типу осадков на основании литологических, фаунистических и геохимических данных. Бэровские бугры были образованы на дне лагуны, где существовали течения, обусловленные спуском вод позднехвалынского бассейна через Манычский пролив. Гряды являются аналогами речных дюн и рифелей, образуемых на дне турбулентного потока, где параллельно с накоплением песчаного материала и детрита шло осаждение глинистых частиц на геохимическом барьере, подверженных коагуляции в условиях смешения солоноватых вод лагуны и пресных вод рек, впадающих в нее.

Ключевые слова: поздний плейстоцен – голоцен, Каспийское море, седиментология, хвалынский этап, геохронология

ВВЕДЕНИЕ

Бэровские бугры (ББ) – это, как правило, вытянутые гряды, ориентированные чаще всего близко к субширотному направлению, получившие название в честь члена Российского географического общества Карла фон Бэра, который впервые привел описание данных форм рельефа [Бэр, 1856]. Бэровские бугры широко распространены на территории Северного Прикаспия, они простираются в виде отдельных гряд и возвышений неправильной формы по всей Прикаспийской низменности от устья р. Кумы (Кизлярский залив на западном берегу) до устья р. Эмбы (восточное побережье Каспийского моря). Наибольшая площадь распространения ББ приурочена к нижнему течению р. Волги и ее дельте. Бэровские бугры не идентифицируются выше горизонталей 0–2 м абс., которые соответствуют уровню позднехвалынской трансгрессии.

История изучения этих форм насчитывает более 150 лет [Бэр, 1856; Православлев, 1929; Якубов, 1952; Бадюкова, 2005; Свиточ, Ключиткина, 2006]. Слагающие формы осадочные отложения, особенности

их залегания, ориентировки и характер слоистости трактуются исследователями по-разному, вследствие чего дискуссия, посвященная вопросу происхождения бугров, существует до настоящего времени. Этой проблеме посвящалось много работ, в которых были представлены гипотезы происхождения ББ: золовая [Волков, 1960; Леонтьев, Фотеева, 1965; Kroonenberg et al., 1997], эрозионно-аккумулятивная и дельтовая [Православлев, 1929; Якубов, 1952], прибрежно-морская [Свиточ, Ключиткина, 2006; Рычагов, 2009], гравитационно-тектоническая [Аристархова, 1980] и мерзлотно-криогенная [Рябуха, 2018].

Актуальность данного исследования заключается в том, что изучение ББ как форм рельефа, сформировавшихся по оценкам исследователей в разные этапы позднехвалынской трансгрессии Каспийского моря или же в более поздний период, является ключом к восстановлению истории развития Каспия и особенностей окружающей среды на рубеже плейстоцена и голоцена. В данной статье приведены новые данные по строению, литологическому составу и абсолютному возрасту отложений ББ в Северном Прикаспии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования были проведены на естественных и карьерных обнажениях, вскрывающих разрез отложений ББ в районах нижнего течения Волги и в низовьях долины Урала (рис. 1, табл. 1). Работы включали в себя геоморфологическое описание района исследования, геодезическую привязку и фотодокументацию разреза, детальное описание текстурных особенностей и характера слоистости, замеры азимутов наклона и углов падения слоев, отбор образцов для дальнейших исследований. Гранулометрический анализ 50 образцов, отобранных из обнажений в буграх Яксатово, Мирный, Нартово и Троицкий, был проведен с помощью лазерного измерителя частиц Fritsch Analysette 22. Все образцы (10–15 г) были высушены при температуре 50° в течение трех часов, после этого последовательно, используя 10%-й раствор соляной кислоты и перекиси водорода, были выведены карбонаты и органика. В качестве диспергатора использовался 5%-й раствор пирофосфата натрия. Измерение образцов проводилось в интервале размерности от 0,8 до 2000 мкм. Гранулометрическая классификация приведена на основе работы Н.А. Качинского [1965].

Для 20 образцов был получен геохимический состав по группе основных оксидов (TiO_2 , CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , K_2O , MgO). Измерения были проведены с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии.

Малакофаунистический анализ проводился для 25 образцов. Образцы раковин были очищены, измерены и сфотографированы. Видовое определение раковин моллюсков было выполнено доктором географических наук Т.А. Яниной. Образцы целых раковин моллюсков *Didacna protracta*, *D. parallella*, *D. praetrigonoides*, *Dreissena polymorpha* были датированы в радиоуглеродной лаборатории Санкт-Петербургского государственного университета (индекс-ЛУ) по методике Х.А. Арсланова [1987]. Радиоуглеродные даты были откалиброваны с помощью программы CALIB 8.1 [Stuiver et al., 2021] и при использовании шкалы IntCal20 со стандартным отклонением 2 сигма [Reimer et al., 2020].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Три литологические фации были выделены на основе изучения литологического строения, цветности породы, гранулометрического и геохимического состава отложений ББ (рис. 2). Выделяются они в основном для отложений бугров, расположенных в районе нижнего течения Волги, в ее дельте и ильменах. Литофация-1 (ЛФ1) представлена песками светло-коричневыми и светло-желтыми, тонко-, реже среднезернистыми, перекрестно-, диа-

гонально- и косослоистыми, с микролинзами (толщиной 2–5 мм) из крупнозернистых разностей и тончайшими (1–4 мм) прослоями алевроита и глин (см. рис. 2А). Их средняя мощность составляет 1–3 м. Алевроитовые и глинистые прослои часто переслаиваются с линзами тонкозернистых песков мощностью до 10–15 см. На контактах между песчаными и глинистыми прослоями встречаются тончайшие слойки раковинного детрита и слабоокатанные фрагменты створок раковин солоноватоводных моллюсков *Didacna protracta* и *Monodacna caspia*. Литофация-2 (ЛФ2) представлена песками желто- и серо-коричневыми, тонкозернистыми перекрестно-, косо- и диагонально-слоистыми, иногда со знаками ряби, переслаивающимися с прослоями (толщиной 1–3 см) желтовато-серых и коричневых алевроитов и глин (см. рис. 2Б) мощностью от 2 до 6 м. В отложениях данной фации были обнаружены вертикальные и горизонтальные ходы илоедов (ихнофоссилий) предположительно *Ophiomorpha*. Для них характерно вертикальное расположение, резкие угловатые формы и кольцевая структура, плотное заполнение ходов материалом (см. рис. 2Г). Их образование предположительно связано с жизнедеятельностью ракообразных (Crustaceans), что говорит о формировании осадка в водных условиях неглубокого водоема или прибрежной зоны [Parham et al., 2013]. Редкие створки раковин моллюсков *Didacna protracta* встречаются в песчаных прослоях. Для ЛФ1 и ЛФ2 характерна крутонаклонная стратификация слоев, часто имеющая корреляцию с углом наклона склонов ББ (см. рис. 2А). Литофация-3 (ЛФ3) представлена шоколадными глинами горизонтально-слоистыми (мощностью 0,5–0,8 м) за счет переслаивания их коричневых и темно-коричневых разностей, с прослоями светло-серых алевроитов (2–5 мм) и желтовато-серых тонкозернистых песков (1–3 см) (см. рис. 2В, 2Д). Песчаные прослои содержат обилие остатков раковин *Didacna protracta*, *Didacna parallella*, *D. parallella borealis*, *D. praetrigonoides*, *Dreissena rostriformis*, в том числе *in situ* (см. рис. 2В). Пологое залегание глин и песков мощностью 0,5–0,8 м характерно для верхней части литофации. Нижняя ее часть сложена шоколадными глинами с тонкими прослоями алевроитов и песков видимой мощностью 2 м.

Гранулометрический состав отложений ББ в среднем представлен размерностями фракций: тонкопелитовой <1 мкм (13%), крупнопелитовой 1–5 мкм (42,4%), мелкоалевритовой 5–10 мкм (13,7%), крупноалевритовой 10–50 мкм (21,7%), тонкопесчаной 50–250 мкм (8,7%) и средне-крупнопесчаной 250–1000 мкм (0,3%) (табл. 2). Трехкомпонентная диаграмма гранулометрического состава демонстрирует неоднородный состав отложений в

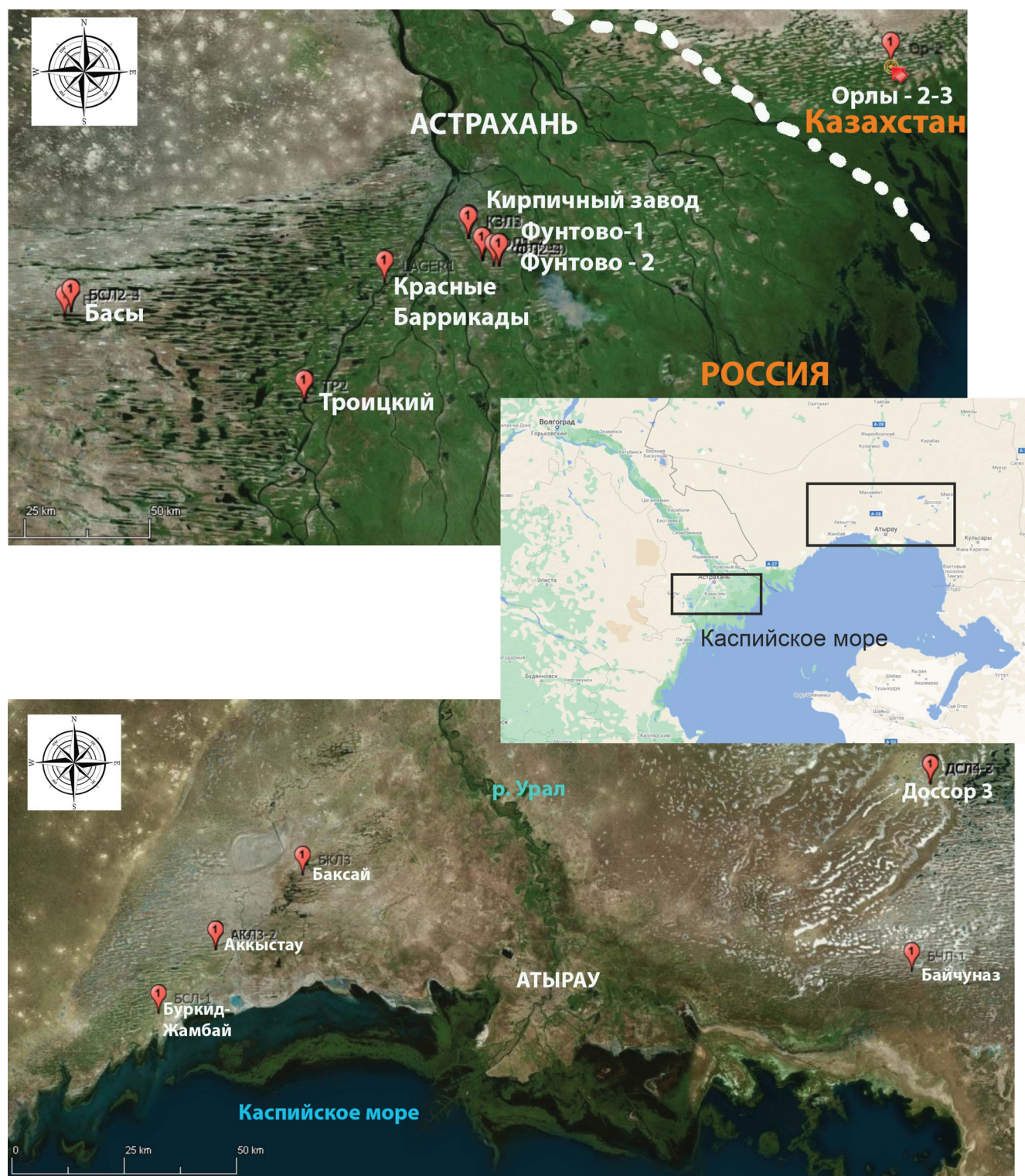


Рис. 1. Карта участков исследования.

Изученные бугры отмечены красными метками (см. табл. 1). Вверху область исследования в районе Нижнего Поволжья и дельты, внизу – в районе нижнего течения р. Урал. Источник космоснимков – Bing satellite

Fig. 1. Map of study area.

Red marks – investigated BK (see Table 1). At the top is the study area of the Low Volga region and the delta, at the bottom – in the low Ural River. Source of space images – Bing satellite

ЛФ1, содержание частиц алевритовой размерности варьирует от 38 до 87% (среднее значение – 70%), песчаной – от 1 до 50% (17%) и пелитовой – от 6 до 16% (11%) (рис. 3), что соответствует преобла-

данию алеврито-песчаных фракций. ЛФ2 и ЛФ3 состоят преимущественно из алеврито-глинистых фракций (80–90%), песчаная составляющая в среднем 7,3%, достигая в отдельных образцах 23–30%.

Таблица 1

Список изученных обнажений отложений бугров в нижних течениях долин Волги (В) и Урала (У)

№	Название бугра	Год исследования	Широта, с. ш.	Долгота, в. д.
1	Троицкий (В)	2018	45°59'58,49"	47°38'34,93"
2	Басы (У)	2019	46°08'29,54"	47°02'19,01"
3	Яксатово (В)	2018	46°14'44,25"	48°01'26,37"
4	Нартово (В)	2018	46°14'02,79"	48°02'15,34"
5	Фунтово-1 (У)	2019	46°14'03,62"	48°06'22,39"
6	Фунтово-2 (У)	2019	46°13'26,00"	48°08'06,83"
7	Кирпичный завод (В)	2019	46°16'21,64"	48°04'12,62"
8	Орлы (У)	2019	46°35'27,95"	49°09'46,72"
9	Буркид-Джамбай (В)	2019	47°04'24,72"	50°46'12,25"
10	Аккистау (У)	2019	47°12'17,21"	50°56'17,87"
11	Баксай (У)	2019	47°21'11,34"	51°11'37,43"
12	Байчуназ (У)	2019	47°09'42,65"	52°58'52,47"
13	Доссор (У)	2019	47°31'36,01"	53°02'18,25"
14	Долгий (В)	2018	46°22'14,76"	47°55'30,14"

На основе результатов гранулометрического анализа можно сказать, что отложения ЛФ1 представлены в основном алевритами и песками, а ЛФ2 и ЛФ3 – алевритами и глинами.

В геохимическом составе отложений ББ преобладает оксид кремния (SiO_2), его концентрация варьирует в пределах 67–82%. Наибольшие значения SiO_2 характерны для образцов, отобранных из ЛФ1 (табл. 3). В то же время концентрация оксидов TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O здесь ниже за счет меньшего содержания глинистой фракции. В свою очередь, образцы из ЛФ2 и ЛФ3 характеризуются относительно высоким содержанием Fe_2O_3 , TiO_2 и Al_2O_3 , приуроченных к глинистой фракции. Высокое содержание Fe_2O_3 также связано с наличием в глинах минералов гетита и лимонита [Свиточ и др., 2017]. Так, по данным микроструктурного анализа шоколадных глин из разреза Средняя Ахтуба (Волгоградская область) было установлено, что Fe_2O_3 , Al_2O_3 концентрируются в виде горизонтальных полосок на плоскостях глинистых чешуек [Макшаев, 2019]. Накопление шоколадных глин происходило в относительно спокойных условиях (эстуариях, лиманах и лагунах) в водах, насыщенных кислородом, способствовавших окислению железа на глинистых минералах [Свиточ и др., 2017, Макшаев, 2019].

По данным М.В. Шалдыбина и др. [2015], геохимический состав бурой полупустынной почвы на вершине бугра из западной преддельтовой части р. Волги (район западных подступных ильменей, Астраханская область, Икрянинский район) представлен значительным содержанием SiO_2 , достигающим 85%, и низким Fe_2O_3 (2,2–2,5%). Морфология

зерен говорит об их окатанности в условиях эоловой обстановки, а гранулометрический состав представлен преобладанием фракции >50 мкм (78%) (крупнее песков). Эоловые процессы переработали преимущественно верхнюю часть отложений бугров (60–80 см), так как уже на глубине 90–100 см уменьшается содержание SiO_2 (65%), увеличивается количество Fe_2O_3 (4,3%) и Al_2O_3 (10,2%) и возрастает алеврито-глинистая составляющая отложений ББ [Шалдыбин и др., 2015]. Из этого можно предположить, что верхняя часть отложений ББ присыпана эоловым песчаным материалом более крупной (мелко- и отчасти среднезернистой) размерности, облекая, таким образом, ранее образовавшиеся осадки прибрежно-морского генезиса.

Малакофаунистические комплексы в изученных образцах представлены видами *Didacna protracta*, *D. ebersini*, *D. parallella*, *D. parallella borealis*, *D. praetrigonoides*, *Dreissena rostriformis* и *Dr. polymorpha*, обитавшими преимущественно в солоноватоводных условиях, однако выдерживавшими и значительное опреснение. Для ЛФ3 характерны *Didacna protracta*, *D. parallella*, *D. parallella borealis*, *D. praetrigonoides* и *Dreissena rostriformis*, обитавшие в солоноватоводных условиях. Крупные скопления и большие размеры раковин отражают благоприятные экологические условия бассейна с концентрацией солей в пределах 8–13‰ и стабильной гидродинамической обстановкой. В то же время значительное количество раковин *Dreissena rostriformis* в песчаном прослое отражает условие периодического поступления пресных вод и снижения солености в пределах 3–8‰ [Янина, 2012].

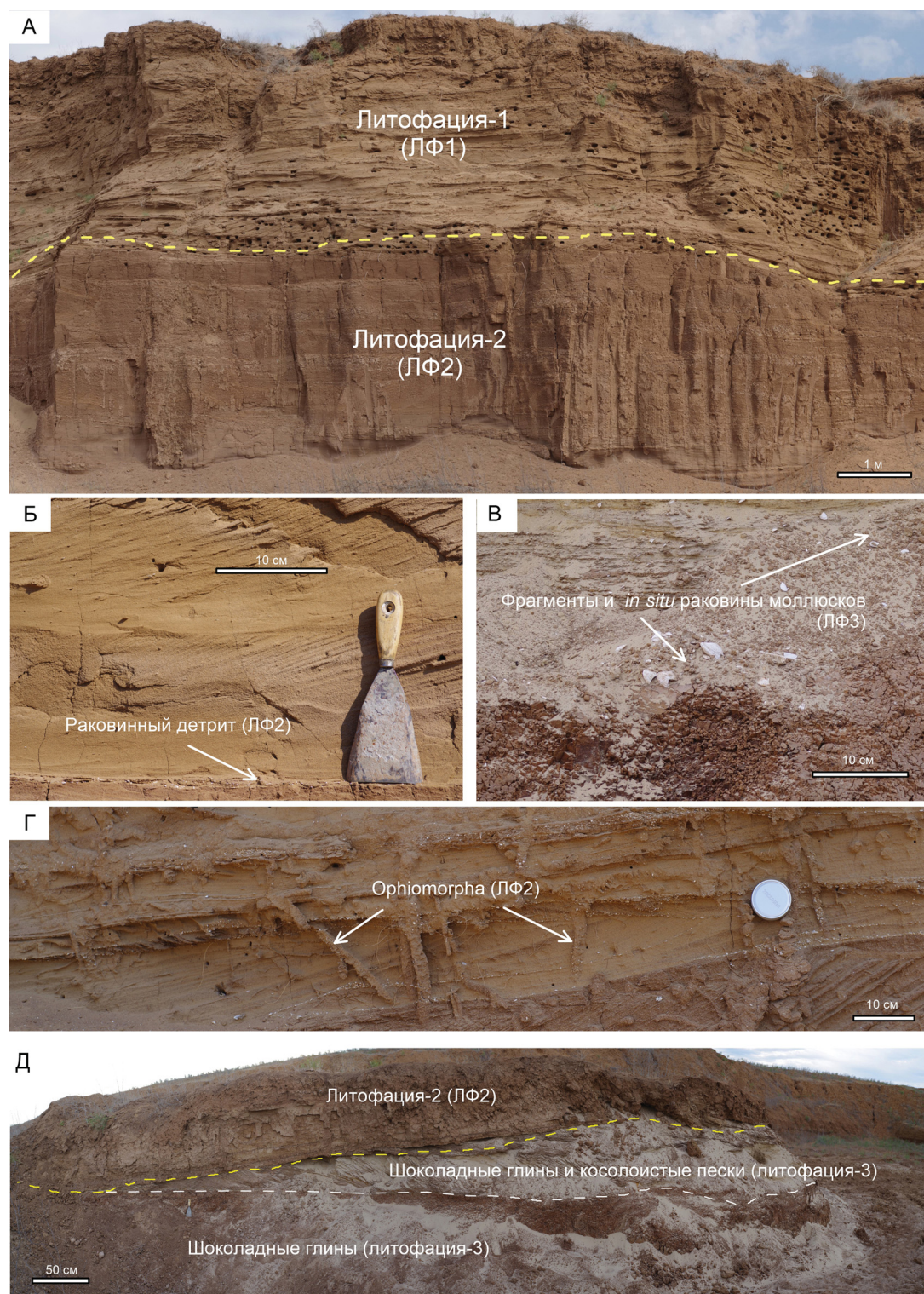


Рис. 2. Литофациальное строение отложений бугров:

А – ЛФ1 и ЛФ2 бугор Яксатово; Б – прослой детрита в ЛФ2, бугор Яксатово; В – раковины моллюсков в песчаных прослоях ЛФ3 бугра Мирный; Г – ходы *Ophiomorpha* в ЛФ2 бугра Нартово; Д – литофациальное строение основания бугра Мирный

Fig. 2. Lithofacial structures of Baer knolls sediments:

A – lithofacies 1 and 2 in the Yaksatovo knoll; Б – detritus layer in lithofacies 2 in the Yaksatovo knoll; В – mollusk shells in sand layers of lithofacies 3 in the Mirniy knoll; Г – *Ophiomorpha* burrows in LF2 in the Nartovo knoll; Д – lithofacial structure of the bottom part of the Mirniy knoll

Алевритовые слои в основании ЛФ2, обогащенные детритом и редкими небольшими раковинами *Didacna protracta* и *Dreissena polymorpha*, могут

свидетельствовать об увеличении поступления мелкого взвешенного материала и о неблагоприятных гидродинамических условиях водоема. В песча-

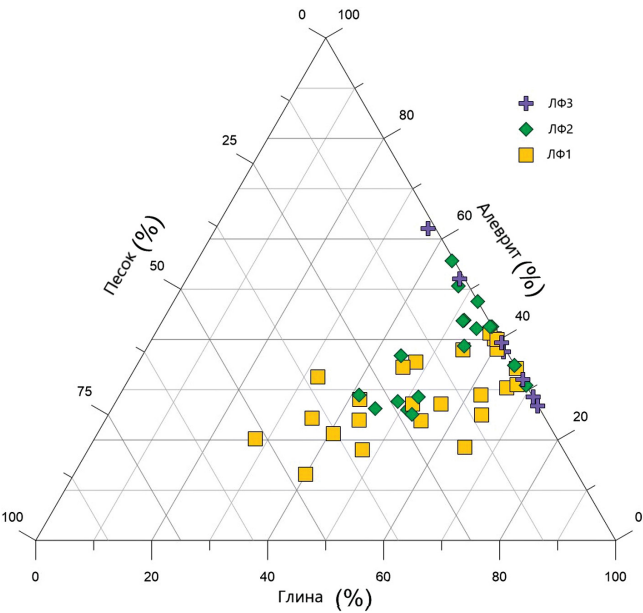


Рис. 3. Треугольная диаграмма гранулометрического состава (песок, алеврит, глина) отложений бугров
Fig. 3. Ternary diagram of sand, silt, and clay content in Baer knoll's sediments

ных слоях ЛФ1 и реже ЛФ2 преобладают прослой с переотложенным раковинным материалом, в котором определены *Didacna catillus*, *D. praetrigonoides*, *Dreissena rostriformis* и *Hypanis plicatus*, нередко слабоокатанные и угловатые. Видовой состав, морфология раковин и гранулометрический состав отложений в ЛФ3 отражают условия обитания моллюсков в мелководных, хорошо дренируемых участках в период накопления песчано-алевритовых осадков. При поступлении большого количества глинистого материала происходило видовое сокращение или полное исчезновение малакофаунистических комплексов. Для ЛФ2 характерно наличие линз и гнезд детрита и окатанных раковин моллюсков во всех исследованных буграх, в частности на контакте двух литофаций (ЛФ2 и ЛФ3), которые могли образовываться на месте углублений между рифелями. Гранулометрический состав и текстурные элементы отражают условия периодического размыва и переотложения осадков и раковинного материала, что

свидетельствует о нестабильности и непостоянстве гидродинамического режима бассейна в данном районе, сменявшегося коротковременными этапами, когда происходило заселение видом *Didacna protracta*, предпочитающим спокойные, отдаленные от берегов участки. В ЛФ1 линзы из детрита состоят из видов, характерных для ЛФ2, что говорит об их переотложении предположительно в условиях прибрежного мелководья нередко под влиянием течений и волнового воздействия.

Результаты радиоуглеродного датирования раковин моллюсков по четырем образцам показали возраст от 16,4 до 13,8 кал. тыс. л. н. (табл. 4). Одна радиоуглеродная дата 15296 ± 298 кал. тыс. л. н. (ЛУ-8739) получена по целым раковинам *Didacna praetrigonoides*, *D. parallella*, отобранным из песчаного прослоя ЛФ3 в основании бугра Яксатово. В этом же бугре на контакте ЛФ2 и ЛФ3 по раковинам *Didacna protracta* получена радиоуглеродная дата 14221 ± 427 кал. тыс. л. н. (ЛУ-9200). В отложениях бугра Сарай-Бату из песчаного прослоя в ЛФ3, содержащего обильное количество раковин моллюсков *Didacna ebersini*, *D. protracta* и *Dreissena rostriformis*, получена дата 16365 ± 700 кал. тыс. л. н. (ЛУ-8740). Одна дата 13865 ± 271 кал. тыс. л. н. (ЛУ-9201) получена по целым *in situ* раковинам *Didacna protracta* и *Dreissena polymorpha*, отобранным из песчаного прослоя на контакте ЛФ2 и ЛФ3 бугра Мирный. Радиоуглеродный анализ раковин моллюсков из ЛФ3 показал возрастной интервал 16,3–15,2 кал. тыс. л. н., который попадает на холодный этап раннего дриаса (МИС-2). По данным абсолютного датирования раковин из хвалыньских отложений Нижнего Поволжья, этот этап был охарактеризован видовым разнообразием фауны моллюсков, существовавших в условиях относительно стабильного режима бассейна [Макшаев, 2019]. Две радиоуглеродные даты, полученные на контакте ЛФ2 и ЛФ3, относятся к интервалу 14,2–13,8 кал. тыс. л. н., который сопоставляется с теплым этапом Бёллинга–Аллерёда (МИС-2). Данный этап был охарактеризован видовым сокращением фауны моллюсков за счет повышенного содержания глинистых частиц, приносимых р. Волгой [Макшаев,

Таблица 2

Средний гранулометрический состав отложений бугров (%)

Тип отложений бугров	Размер частиц (мкм в %)					
	1	1–5	5–10	10–50	50–250	250–1000
Литофация 1 (ЛФ1)	11,6	41,2	12,1	17,2	16,7	0,9
Литофация 2 (ЛФ2)	12,6	40,8	13,8	23,4	8,8	0,0
Литофация 3 (ЛФ3)	14,7	45,1	15,2	24,5	0,4	0,0
Среднее	13,0	42,4	13,7	21,7	8,7	0,3

Таблица 3

Геохимический состав* отложений бэровских бугров (%)

№ образца	Бугор	Литофация	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
L 16-1	Яксатово	ЛФ1	1,38	8,09	1,72	3,53	0,35	3,25	80,43
L 16-2	Яксатово	ЛФ1	1,26	7,68	1,67	2,86	0,33	2,95	81,98
L 16-3	Яксатово	ЛФ1	1,25	7,78	1,74	3,03	0,32	2,93	81,81
L 16-4	Яксатово	ЛФ1	1,40	8,46	1,78	3,70	0,38	3,41	79,77
L 16-5	Яксатово	ЛФ1	1,24	8,24	1,78	3,51	0,38	3,08	80,79
L 16-6	Яксатово	ЛФ1	1,17	8,37	1,84	3,36	0,35	3,06	80,90
L 16-7	Яксатово	ЛФ1	1,23	8,19	1,78	3,62	0,35	2,97	80,87
L 16-8	Яксатово	ЛФ2	2,09	11,70	2,20	5,43	0,57	5,14	70,92
L 15-1	Троицкий	ЛФ2	1,98	13,30	2,57	3,79	0,61	5,66	70,65
L 15-2	Троицкий	ЛФ2	1,99	13,60	2,58	3,80	0,65	5,79	70,21
L 15-3	Троицкий	ЛФ2	1,99	13,10	2,63	3,23	0,64	5,63	71,12
L 13-1	Троицкий	ЛФ1	1,55	9,83	1,89	2,80	0,46	4,03	78,02
L 13-2	Троицкий	ЛФ1	1,59	10,40	2,09	2,88	0,48	4,24	76,89
L 13-3	Троицкий	ЛФ1	1,29	7,99	1,70	2,65	0,33	3,20	81,42
L 13-4	Троицкий	ЛФ1	1,77	9,25	1,89	3,66	0,44	4,12	76,59
L 13-5	Троицкий	ЛФ1	1,49	7,62	1,63	5,67	0,38	3,35	78,22
L 13-8	Троицкий	ЛФ1	1,85	9,32	1,77	3,79	0,42	5,02	76,71
ШГ-40	Яксатово	ЛФ3	3,12	11,80	2,42	4,82	0,58	6,74	69,37
ШГ-70	Яксатово	ЛФ3	2,25	12,80	2,38	4,41	0,58	6,04	70,12
ШГ-150	Яксатово	ЛФ3	2,18	15,70	2,92	3,56	0,64	6,52	66,85

Примечание. * Определен методом атомно-эмиссионной спектроскопии.

2019]. По данным радиоуглеродного датирования раковин моллюсков из отложений бугров западной части дельты Волги получен возрастной интервал между 21,7–11 кал. тыс. л. н. При этом возраст ЛФ2 и ЛФ1 – 13,4–11 кал. тыс. л. н. соответственно [Свиточ, Ключевкина, 2006]. Результаты радиоуглеродного датирования хвалыньских отложений хорошо сопоставляются с данными, полученными по методу ОСЛ. Так, возраст отложений бугров в районе п. Косика (на правом берегу Волги в 100 км к СЗ от Астрахани) попадает в интервал 18–16,7 тыс. л. н. [Zastrozhnov et al., 2020]. Исходя из данных по абсолютному возрасту отложений бэровских бугров, можно предположить, что их накопление охватывало интервал со второй половины МИС-2 до начала МИС-1 (конец позднего валдая – начало голоцена).

Детальный текстурный анализ отложений бугров показал, что наибольшее распространение имеет косая слоистость с небольшими (1–5 см) прослоями волновой ряби (восходящие знаки ряби) (рис. 4). Максимальный угол наклона косых слойков составляет 30–35°, за редким исключением – 45°. Несколько реже встречается диагональная слоистость. Также широко распространена пучковидная косая слоистость. Для нее весьма

характерна разнонаправленность и перекрестность слойков, что может быть связано с изменением направления струй потока. Иногда можно обнаружить косоволнистую, пологоразрывную (с углами наклона 1–4°) и линзовидную текстуры. Подобное текстурное строение отмечено и для бугров, располагающихся севернее в районе разрезов Енотаевка и Ленино [Свиточ, Ключевкина, 2006]. Для бугровой толщи в целом характерна высокая плотность осадка, большое разнообразие слоистостей, наличие эрозионных контактов между толщами (часто это контакт между ЛФ1 и ЛФ2) и выраженная полосчатость, обусловленная чередованием слойков из глинистых окатышей и алевроито-песчаных слойков. Для бугров на северо-востоке Каспия (нижнее течение Урала) характерны слабо выраженные субгоризонтальные и косые текстуры с небольшим наклоном слойков. Обычно текстуры выражены очень слабо, а материал однородный и суглинистый.

Наличие косой слоистости в толщах связано с проточностью водоема и существованием в нем течения, которое было нестабильным и непостоянным, так как присутствует горизонтальная слабо заметная слоистость. Слоистость ББ похожа на сло-

Радиоуглеродный возраст отложений бэровских бугров Нижней Волги

Характеристика	ЛУ-8739	ЛУ-9200	ЛУ-8740	ЛУ-9201
Местоположение	Яксатово	Яксатово	Сарай-Бату	Мирный
Широта, град. с. ш.	46,2452	46,2450	47,3723	46,3700
Долгота, град. в. д.	48,0226	48,0285	47,2384	47,9251
Высота, м абс.	–20	–20	–13	–19
Глубина, м	4,8	4,5	7,5	3
Материал сложения	<i>Didacna prae-trigonoides</i> , <i>D. parallella</i>	<i>Didacna protracta</i>	<i>Didacna ebersini</i> , <i>D. protracta</i> , <i>Dreissena rostriformis</i>	<i>Didacna protracta</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>
Литофация	ЛФ3	Контакт ЛФ2 и ЛФ3	ЛФ3	Контакт ЛФ2 и ЛФ3
¹⁴ С-возраст, лет	12 800	12 210	13 560	12 000
± лет	100	140	250	120
¹⁴ С-возраст, кал. л. н.	15 296	14 221	16 365	13 865
±2σ, лет	298	427	700	271

истость русловой фации аллювия, которой также присуще наличие косой и косоволнистой текстуры, разнонаправленность слойков и чередование гранулометрического состава. Между ЛФ1 и ЛФ2 часто отмечается угловое и азимутальное несогласия. Для ЛФ1 характерен более разнообразный, чем в ЛФ2, набор текстур, крупные косослоистые и диагонально-косослоистые серии.

Для отложений ББ также характерно наличие ленточной слоистости, менее отчетливо различимой в разрезах. Предположительно это связано с присутствием окатышей и комков, которые образуются в условиях быстрой коагуляции глинистых частиц во время смешения солоноватой и пресной воды, где происходит выпадение их в виде хлопьев одновременно с более грубыми алевритовыми и песчаными частицами. В пресной воде такого не происходит, и осадок выпадает раздельно с формированием градиционной слоистости. Можно предположить, что толща ББ формировалась в солоновато-водных условиях, где могли смешиваться речные и морские воды (условия лагуны). Отложения ББ обычно немые и порой совершенно лишены органики (не считая раковинного детрита, отдельных раковин двустворок и редких остракод). Согласно Д.В. Наливкину [1955], лагунные отложения могут быть почти полностью лишены органического материала. На наш взгляд, отсутствие в осадке органического вещества (помимо детрита) может говорить также и о низких температурах водоема. Отсутствие в бугровой толще раковин *in situ* или же крайне редкое их наличие, вероятно, связано с повышенной мутностью водоема. Такое разнообразие слоистости, гранулометрический со-

став, наличие эрозионных контактов, прослоев с инситными раковинами и наличие в отдельных буграх ходов *Ophiomorpha* не характерно для эолового типа осадков, а относится к водному типу осадконакопления.

Возможные аналоги бэровских бугров. Среди ряда исследователей принято считать ББ уникальными формами рельефа. Тем не менее в мире имеется ряд аналогичных по морфологии, а также в некоторых случаях и по внутреннему строению форм. Наиболее близкие аналоги ББ – это так называемые гривы на юге Западной Сибири (Барабинская низменность), которые в виде гряд наиболее выражены возле озера Чаны. Морфология гряд весьма различна: длина от 1 до 15 км, ширина от 200 м до 1,5 км, высота до 14 м, ориентировка с СВ на ЮЗ, часто с отклонениями от этого направления. Гривы чередуются с межгривными понижениями, занятыми озерами. К границам Барабинской низменности они постепенно снижаются, распластываются и исчезают [Петров, 1948]. Гривы сложены преимущественно тонко- и макрослоистыми лессовидными суглинками, преобладают мелкопесчаная, пылеватая и глинистая фракции. Также как и у ББ, у грив юга Западной Сибири существует несколько гипотез происхождения: эоловая [Волков, 1961], эрозионно-аккумулятивная [Пильневич, 1974], эрозионная [Городецкая, 1966], дельтово-аккумулятивная [Петров, 1948]. По мнению ряда исследователей, воды из озер Западной Сибири поступали на юг в Аральское и Каспийское моря через Тургайский прогиб [Гроссвальд, 1999; Mangerud et al., 2004].

Возможными аналогами ББ являются гряды, об-

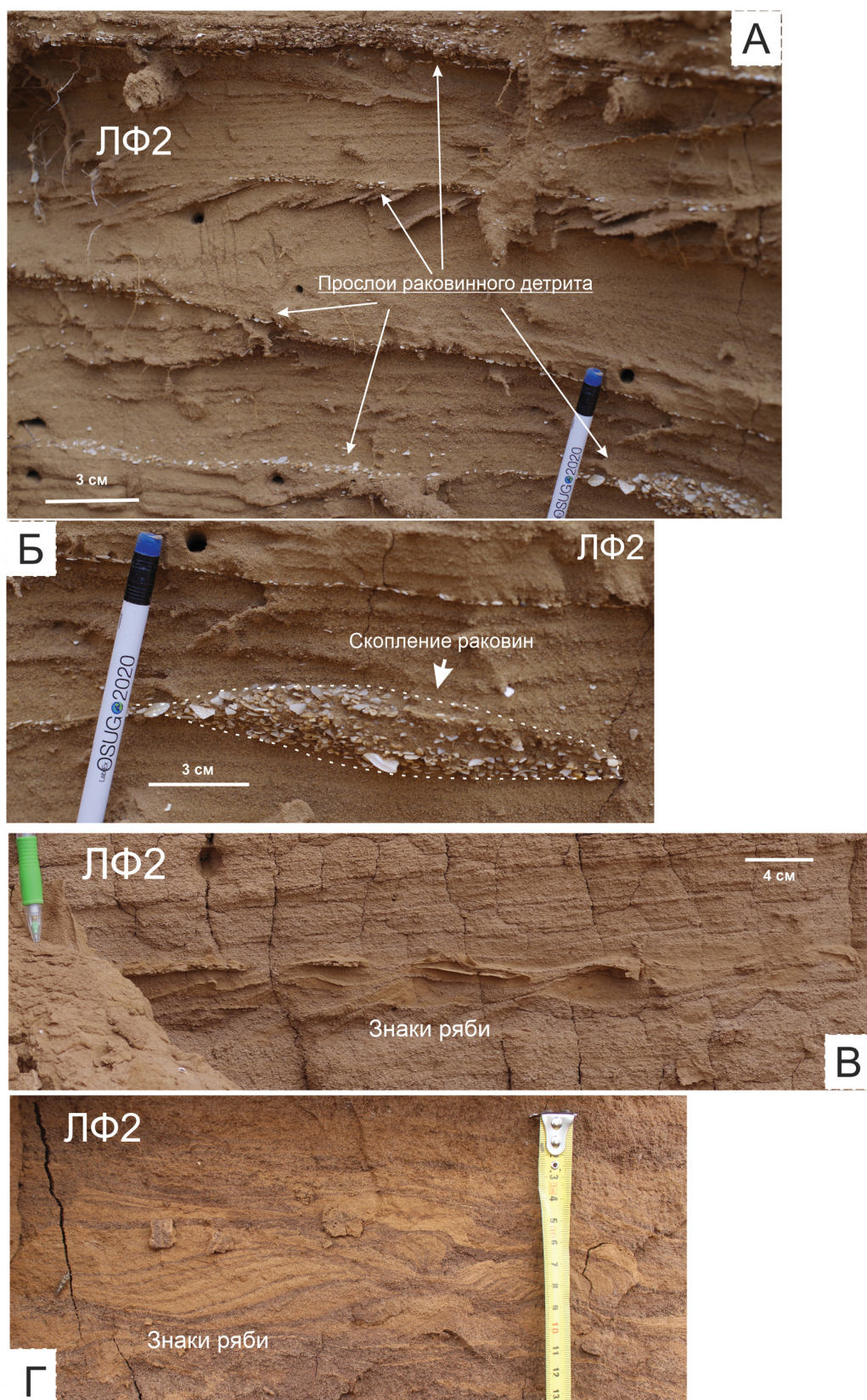


Рис. 4. Особенности залегания ЛФ2.

Бугор Нартово: А – тонкие наклонные прослой детрита между пачками песка и глины с косой слоистостью; Б – скопление раковинного детрита в виде линзы мощностью 4 см. Бугор Троицкий: В – небольшие знаки ряби высотой 3–4 см; Г – знаки ряби высотой до 5 см с прослоями светлого песка и шоколадных глин

Fig. 4. Sedimentary features of Baer knoll's lithological facies (LF2).

The Nartovo knoll: A – thin inclined detritus layers between cross-stratified strata; Б – lens of shell detritus 4 cm thick. The Troitsky knoll: В – small ripple marks 3–4 cm high; Г – ripple marks up to 5 cm high with interlayers of bleached sand and chocolate clay

разовавшиеся в результате катастрофического сброса огромных масс воды из ледниково-подпрудных озер и прорывов ледниковых дамб в неоплейстоцене. Такие гряды существуют в предгорьях Алтая недалеко от с. Платово в долине р. Бии. Одним из наиболее дискуссионных геоморфологических объектов являются поля ложбинно-грядового рельефа, распространенные в пределах Курайской котловины (центральный Алтай). Увеличение высоты, длины и изменение формы дюн на траверсе с юга на север по направлению к центру водного бассейна (где глубина бассейна могла бы быть самой большой) может указывать на то, что пластовые формы развиваются на участках с более глубоким и быстрым течением. Регулярность гряд на большей части Курайской котловины указывает на довольно устойчивое течение и большую глубину ледниковых вод по сравнению с высотами дюн [Carling, 1996]. Эти особенности характерны и для бэровских бугров, где высота и морфологическая выраженность форм в рельефе возрастает при движении от периферии их распространения на юг и к долине Волги [Badyukova, 2018].

Грядовые поля отмечаются и в районе города Кызыл (Республика Тыва), преимущественно по правому берегу р. Малый Енисей, где протягиваются гигантские гряды, сложенные преимущественно гравием и галькой, иногда валунами. Средняя высота гряд достигает 10 м, они часто располагаются поперечно оси долины и в ее расширениях, особенно в областях с обширными пролювиальными конусами. Исследователи считают их индикаторами катастрофических наводнений [Komatsu et al., 2009].

Еще одним примером возможных аналогов ББ может служить рельеф в области Скэбленд, расположенной в восточной части штата Вашингтон (США). Он характеризуется распространением гигантских гряд длиной от 6 до 100 м, средняя высота

которых варьирует от 1 до 10 м. Гряды сложены гравием, галькой, валунами и являются частью сложного грядово-холмистого комплекса скэблендов. Они были сформированы в результате катастрофического сброса талых ледниковых вод при прорыве озера Миссула [Baker, 1973].

ВЫВОДЫ

На основе проведенного седиментологического анализа и датирования отложений ББ можно сделать следующие выводы.

Каждая литофация ББ является унаследованной от нижележащих отложений. Так, шоколадные глины (ЛФ3) служили источником материала для ЛФ2 в процессе эрозии дна. В составе раковинного детрита в ЛФ1 характерны виды, встречающиеся в ЛФ2.

Исходя из текстурного рисунка слоистости разреза отложений ББ, мы полагаем, что они являются аналогами речных донных аккумулятивных форм (дюн и рифелей), возникающих в турбулентном потоке.

Отложения ББ обладают седиментологическими чертами, более характерными для подводных осадков, накапливающихся в солоновато-водном мелководно-морском бассейне замкнуто-полужамкнутого типа.

На основании полученных датировок мы считаем, что отложения бугров в районе дельты р. Волги накапливались со второй половины МИС-2 и до начала МИС-1.

Проанализированный нами литературный и полевой материал позволяет сделать вывод, что ББ как формы рельефа сформировались, вероятнее всего, в конце позднехвалынского периода (конец плейстоцена – начало голоцена) при спаде уровня воды в лагуне во время перетока вод через Манычский пролив в Черное море.

Благодарности. Работа выполнена по гранту РНФ проект № 20-77-00068 (лабораторные исследования) и в рамках госзадания лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» №121051100135-0 (полевые исследования). Авторы выражают благодарность д-ру геогр. наук Т.А. Яниной и д-ру геол.-минерал. наук Х.А. Арсланову за помощь в определении малакофауны и проведении радиоуглеродного анализа, а также научному коллективу под руководством канд. геол.-минерал. наук А.С. Застржнова за помощь в организации полевых исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аристархова Л.Б. Еще раз о происхождении и причинах локализации бэровских бугров // Известия АН СССР. Сер. географическая. 1980. № 4. С. 67–73.
- Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. 294 с.
- Бадюкова Е.Н. Новые данные о морфологии и строении бэровских бугров // Геоморфология. 2005. № 4. С. 25–38.
- Бэр К.М. Ученые записки о Каспийском море и его окрестностях // Записки русского геогр. общества. 1856. Кн. XI. С. 181–224.

- Волков И.А. О геологическом строении и рельефе бугров Бэра // *Аэрометоды в природных исследованиях*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 74–89.
- Волков И.А. О гривном рельефе Ишимо-Тобольского междуречья // *Геология и геофизика*. 1961. № 9. С. 115–118.
- Городецкая М.Е. О генезисе и возрасте Западно-Сибирских глив // *Структурная и климатическая геоморфология*. М., 1966. С. 166–175.
- Гроссвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. М.: Научный мир, 1999. 89 с.
- Качинский Н.А. Физика почвы. Ч. 1. М.: Высшая школа, 1965. 324 с.
- Леонтьев О.К., Фотеева Н.Н. Происхождение и возраст бэровских бугров // *Известия АН СССР. Сер. географическая*. 1965. № 2. С. 90–97.
- Макишев Р.Р. Палеогеография Среднего и Нижнего Поволжья в эпоху раннехвалынской трансгрессии Каспия: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2019. 26 с.
- Наливкин Д.В. Учение о фациях. В 2 т. Т. 1: Географические условия образования осадков. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. 531 с.
- Петров Б.Ф. Происхождение рельефа Барабы // *Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода*. 1948. № 12. С. 23–27.
- Пильневич И.В. Морфология и районирование гривного рельефа Барабы: труды. Новосибирск: Ин-т инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, 1974. № 33. С. 111–120.
- Православлев П.А. Каспийские осадки в низовьях р. Волги // *Изв. центр. гидрометбюро*. 1926. Вып. 6. С. 1–77.
- Рычагов Г.И. Новые данные о генезисе и возрасте бэровских бугров // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2009. № 5. С. 59–68.
- Рябуха А.Г. Роль позднеплейстоценовых перигляциальных условий в развитии ландшафтов Прикаспийской низменности // *Бюлл. Оренбургского научного центра УрО РАН*. 2018. № 4. С. 1–23.
- Свиточ А.А., Ключевкина Т.С. Бэровские бугры Нижнего Поволжья. М.: Типография Россельхозакадемии, 2006. 160 с.
- Свиточ А.А., Макишев Р.Р., Ростовцева Ю.В., Ключевкина Т.С., Березнер О.С., Трезуб Т.Ф., Хомченко Д.С. Шоколадные глины Северного Прикаспия. М.: Географический ф-т МГУ, 2017. 140 с.
- Шалдыбин М.В., Шеин Е.В., Харитонова Г.В., Дембовецкий А.В., Манучаров А.С., Лопушняк Ю.М., Коновалова Н.С. Минералогический состав почв бэровских бугров юга Астраханской области // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение*. 2015. № 1. С. 3–12.
- Якубов Т.Ф. Происхождение бэровских бугров в Прикаспийской низменности // *Труды ин-та географии АН СССР*. 1952. Т. 51. С. 253–277.
- Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. 264 с.
- Badyukova E.N. The genesis of the Baer knolls developed in the Northern Caspian Plain, *Quat. Int.*, 2018, no. 465, p. 11–21.
- Baker V.R. Paleohydrology and sedimentology of Lake Missoula Flooding in Eastern Washington, *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, 1973, no. 144, p. 1–79.
- Carling P.A. Morphology, sedimentology and palaeohydraulic significance of large gravel dunes: Altai Mountains, Siberia, *Sedimentology*, 1996, no. 43, p. 647–664.
- Komatsu G., Arzhannikov S.G., Gillespie A.R., Burke R.M., Miyamoto H., Baker V.R. Quaternary paleolake formation and cataclysmic flooding along the upper Yenisei River, *Geomorphology*, 2009, no. 104, p. 143–164.
- Kroonenberg S.B., Rusakov G.V., Svitoch A.A. The wandering of the Volga delta: a response to rapid Caspian Sea-level change, *Sediment. Geol.*, 1997, no. 107(3–4), p. 189–209.
- Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G.K.C., Henriksen M., Hjort C., Krinner G., Lunkka J.-P., Moller P., Murray A., Nikolskaya O., Saaristo M., Svendsen J.I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation, *Quat. Sci. Rev.*, 2004, no. 23, p. 1313–1332.
- Parham P.R., Riggs S.R., Culver S.J., Mallinson D.J., Jack Rink W., Burdette K. Quaternary coastal lithofacies, sequence development and stratigraphy in a passive margin setting, North Carolina and Virginia, USA, *Sedimentology*, 2013, vol. 60(2), p. 503–547.
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R.J., Palmer G., Pearson C., Plicht van der J., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 kcal BP). *Radiocarbon*, 2020, no. 62(4), p. 725–757.
- Zastozhnov A., Danukalova G., Murray A., Tesakov A., Sadikhov E. Biostratigraphical investigations as a tool for palaeoenvironmental reconstruction of the Neopleistocene (Middle-Upper Pleistocene) at Kosika, Lower Volga, Russia, *Quaternary International*, 2020, no. 540, p. 38–67.

Электронный ресурс

Stuiver M., Reimer P.J., Reimer R.W. CALIB 8.2. CALIB Radiocarbon Calibration, URL: <http://calib.org/calib/> (дата обращения 15.02.2021).

Поступила в редакцию 20.02.2021

После доработки 05.04.2021

Принята к публикации 02.06.2021

LITHOFACIAL STRUCTURE AND CONDITIONS OF ACCUMULATION OF BAER KNOLL DEPOSITS IN THE NORTHERN CASPIAN REGION

D.M. Lobacheva¹, E.N. Badyukova², R.R. Makshaev³

¹⁻³ *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography*

¹ *Department of Geomorphology and Paleogeography, student; e-mail: lob.dascha@yandex.ru*

² *Department of Geomorphology and Paleogeography, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: badyukova@yandex.ru*

³ *Research laboratory of recent sediments and Pleistocene paleogeography, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: radikm1986@mail.ru*

Baer knolls are usually elongated ridges of predominately sub-latitudinal orientation, which are widespread in the Northern Caspian region from the Kuma River mouth in the Kizlyar Bay at the western coast to the Emba River mouth at the eastern coast of the Caspian Sea. These ridges are not found anywhere above 0...+2 m a.s.l. beyond the limits of the Late Khvalynian transgression of the sea. The objective of the paper is to interpret the genesis of relief forms under study basing on detailed structure and lithology descriptions and dating of their material. Sediments of the Baer knolls usually consist of three lithological formations (LF1, LF2 and LF3) referring to the time interval of 21 to 11 cal. ka BP. Chocolate clays, as well as underlying marine sediments of a regression terrace and alluvium of rivers flowing to the Khvalynian basin were principal sources of material for knoll formation. The mollusk complexes of predominately brackish-water *Didacna protracta*, *D. ebersini*, *D. parallella*, *D. parallella borealis*, *D. praetrigonoides*, *Dreissena rostriformis* and *Dr. polymorpha* were identified in the deposits. Baer knolls were formed during the Late Khvalynian – Early Holocene transition. The knolls' material cannot be attributed to the aeolian deposits because of their lithological, faunistic and geochemical features. The Baer knolls were formed at the lagoon bottom by the currents resulting from the Late Khvalynian basin water outflow through the Manych Strait. The landforms are analogues of river ripples and dunes appearing at the bottom of a turbulent flow, where the accumulation of sandy material and shell detritus took place simultaneously with the deposition of clay particles at the geochemical barrier as a result of coagulation under the mixing of lagoon brackish water and river fresh water.

Keywords: Late Pleistocene – Holocene, the Caspian Sea, sedimentology, Khvalynian epoch, geochronology

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 20-77-00068, laboratory studies). Field research was realized under the state task of the Research laboratory of recent sediments and Pleistocene paleogeography, MSU Faculty of Geography ("Paleogeographic reconstructions of natural geosystems and forecast of their changes", 121051100135-0). The authors are grateful to T.A. Yanina, D.Sc. in Geography, and H.A. Arslanov, D.Sc. in Geology and Mineralogy, for their assistance in identification of mollusk fauna and radiocarbon analysis, as well as to the research group headed by A.S. Zastrozhnov, Ph.D. in Geology and Mineralogy, for the help in field studies management.

REFERENCES

- Aristarkhova L.B. Eshche raz o proiskhozhdenii i prichinakh lokalizatsii Berovskikh bugrov [Once more about the genesis of Baer knolls and causes of their localization], *Izvestia RAN, Ser. Geographicheskaya*, 1980, no. 4, p. 67–73. (In Russian)
- Arslanov A.A. *Radiouglerod: geokhimiya i geokhronologiya* [Radiocarbon: Geochemistry and Geochronology], Leningrad, Leningrad State University Press, 1987, 294 p. (In Russian)
- Badyukova E.N. Novye dannye o morfologii i stroenii berovskikh bugrov [New data about the morphology and structure of BK], *Geomorfologiya*, 2005, no. 4, p. 25–38. (In Russian)
- Badyukova E.N. The genesis of the Baer knolls developed in the Northern Caspian Plain, *Quat. Int.*, 2018, no. 465, p. 11–21.
- Baer K.M. Uchenye zapiski o Kaspiiskom more i ego okrestnostyakh [Scientific Notes about the Caspian Sea and Adjacent Regions], *Notes of the Imperial Russian Geographical Society*, St. Petersburg, 1856, no. 11, p. 181–224. (In Russian)
- Baker V.R. Paleohydrology and sedimentology of Lake Missoula Flooding in Eastern Washington, *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, 1973, no. 144, p. 1–79.
- Carling P.A. Morphology, sedimentology and palaeohydrologic significance of large gravel dunes: Altai Mountains, Siberia, *Sedimentology*, 1996, no. 43, p. 647–664.
- Gorodetskaya M.E. [On the genesis and age of the West Siberian linear ridges ("gryvas")], *Strukturnaya i klimaticheskaya geomorfologiya* [Structural and Climatic Geomorphology], Moscow, Nauka Publ., 1966, p. 166–172. (In Russian)
- Grosswald M.G. *Evrasijskie gidrosfernye katastrofy i oledenenie Arktiki* [Eurasian hydrospheric disasters and Arctic glaciation], Moscow, Nauchnii mir Publ., 1999, 89 p. (In Russian)
- Kachinskiy N.A. *Fizika pochvy, ch. 1* [Soil Physics, part 1], Moscow, Higher Education Publishing House (USSR), 1965, 324 p. (In Russian)

- Komatsu G., Arzhannikov S.G., Gillespie A.R., Burke R.M., Miyamoto H., Baker V.R. Quaternary paleolake formation and cataclysmic flooding along the upper Yenisei River, *Geomorphology*, 2009, no. 104, p. 143–164.
- Kroonenberg S.B., Rusakov G.V., Svitoch A.A. The wandering of the Volga delta: a response to rapid Caspian Sea-level change, *Sediment. Geol.*, 1997, no. 107(3–4), p. 189–209.
- Leontiev O.K., Foteeva N.N. Proiskhozhdenie i vozrast berovskikh bugrov [Genesis and age of the Baer knolls], *Izvestia RAN, Ser. Geographicheskaya*, 1965, no. 2, p. 90–97. (In Russian)
- Makshaev R.R. *Paleogeografiya Srednego i Nizhnego Povolzh'ya v epohu rannekhvalynskoy transgressii Kaspiya* [Paleogeography of the Middle and Lower Volga river region during the Early Khvalynian transgression of the Caspian Sea], Ph.D. thesis, Moscow, 2019, 26 p. (In Russian)
- Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G.K.C., Henriksen M., Hjort C., Krinner G., Lunkka J.-P., Møller P., Murray A., Nikolskaya O., Saarnisto M., Svendsen J.I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation, *Quat. Sci. Rev.*, 2004, no. 23, p. 1313–1332.
- Nalivkin D.V. *Uchenie o fatsiyakh. Geograficheskie usloviya obrazovaniya osadkov* [Facies doctrine. Geographic conditions for sediments formation], Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1955, vol. 1, 531 p. (In Russian)
- Parham P.R., Riggs S.R., Culver S.J., Mallinson D.J., Jack Rink W., Burdette K. Quaternary coastal lithofacies, sequence development and stratigraphy in a passive margin setting, North Carolina and Virginia, USA, *Sedimentology*, 2013, vol. 60(2), p. 503–547.
- Petrov B.F. Proiskhozhdenie rel'efa Baraby [Baraba: Origin of the Relief], *Bulletin of Commission for Study of the Quaternary*, 1948, no. 12, p. 23–27. (In Russian)
- Pil'nevich I.V. [“Griva” landforms of the Baraba Region: Morphology and Division into Regions], *Trudy Novosib. in-ta inzhenerov geodezii, aerofotos'emki i kartografii* [Proc. of the Novosib. Institute of Engineers in Geodesy, Aerial surveying and Cartography], 1974, no. 33, p. 111–120. (In Russian)
- Pravoslavlev P.A. Kaspiiskie osadki v nizov'yakh r. Volgi [The Caspian Sea sediments in the lower reaches of the Volga River], *Central hydrometeo byuro*, 1929, no. 8, p. 1–54. (In Russian)
- Reimer P.J., Austin W.E.N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Butzin M., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K., Kromer B., Manning S.W., Muscheler R.J., Palmer G., Pearson C., Plicht van der J., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo S. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 kcal BP), *Radiocarbon*, 2020, no. 62(4), p. 725–757.
- Ryabukha A.G. Rol' pozdnepleistotsenovykh periglyatsial'nykh uslovii v razvitii landshaftov Prikaspiiskoi nizmennosti [The role of Late Pleistocene periglacial conditions in the development of landscapes of the Caspian lowland], *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2018, no. 4, p. 1–23. (In Russian)
- Rychagov G.I. Novye dannye o genezise i vozraste berovskikh bugrov [New Data about the Genesis and the Age of Baer knolls], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2009, no. 5, p. 59–68. (In Russian)
- Shal'dybin M.V., Shein E.V., Kharitonova G.V., Dembovet'skii A.V., Manucharov A.S., Lopushnyak Yu.M., Konovalova N.S. Mineralogicheskij sostav pochv Berovskikh bugrov yuga Astrahanskoy oblasti [Mineralogy of soils on the Baer mounds in Southern Astrakhan oblast], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 17, Pochvovedeniye*, 2015, no. 1, p. 3–12. (In Russian)
- Svitoch A.A., Klyuvitkina T.C. *Berovskie bugry Nizhnego Povolzh'ya* [Baer knolls in the Lower Volga River region], Moscow, 2006, p. 160. (In Russian)
- Svitoch A.A., Makshaev R.R., Rostovtseva Ju.V., Klyuvitkina T.S., Berezhner O.S., Tregub T.F., Khomchenko D.S. *Shokoladne gliny Severnogo prikaspiya* [Chocolate Clays of the Northern Caspian Sea Region], Moscow, Geographical faculty Publ., 2017, 140 p. (In Russian)
- Volkov I.A. O geologicheskom stroenii i rel'efe bugrov Bera [About the geological structure and relief of Baer knolls], *Aeromethods Nat. Res.*, 1960, p. 74–89. (In Russian)
- Volkov I.A. O grivnom rel'efe Ishimo-Tobol'skogo mezhdurech'ya [On the “gryva” relief of the Ishim – Tobol interfluvium], *Geologia i Geofizika*, 1961, no. 9, p. 115–118. (In Russian)
- Yakubov T.F. Proiskhozhdenie Berovskikh bugrov v Prikaspiiskoi nizmennosti [Genesis of Baer knolls in the northern Caspian Plain], *Proceedings of the Institute of Geography RAS*, 1952, no. 43(2), p. 19–32. (In Russian)
- Yanina T.A. *Neopleistotsen Ponto-Kaspiya: biostratigrafiya, paleogeografiya, korrelyatsiya* [Neopleistocene of the Ponto-Caspian Region: Biostratigraphy, Paleogeography, Correlation], Moscow, Lomonosov Moscow St. University Publ., 2012, 264 p. (In Russian)
- Zastrozhnov A., Danukalova G., Murray A., Tesakov A., Sadikhov E. Biostratigraphical investigations as a tool for palaeoenvironmental reconstruction of the Neopleistocene (Middle-Upper Pleistocene) at Kosika, Lower Volga, Russia, *Quaternary International*, 2020, no. 540, p. 38–67.
- Web source*
 Stuiver M., Reimer P.J., Reimer R.W. CALIB 8.2. CALIB Radiocarbon Calibration, URL: <http://calib.org/calib/> (date access 15.02.2021).

Received 20.02.2021

Revised 05.04.2021

Accepted 02.06.2021