

УДК 551.435.74→551.89(571.1)

СУБАЭРАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЧЕРНООЗЕРСКОЙ ГРИВЫ (ДОЛИНА Р. ИРТЫШ): ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ГЕНЕЗИС, ДИНАМИКА ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

© 2022 г. Н. В. Осинцева^{1,*}, И. В. Шмидт², Т. А. Горбунова², Т. Лауэр³,
Б. Шнайдер⁴, Х. Тинапп⁵, Х. Штойбле⁵

¹Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

²Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

³Институт эволюционной антропологии Макса Планка, Лейпциг, Германия

⁴Университет им. Карла Маркса; Институт географии, Лейпциг, Германия

⁵Археологическое ведомство Саксонии, Дрезден, Лейпциг, Германия

*E-mail: n_osinceva@mail.ru

Поступила в редакцию 29.04.2021 г.

После доработки 15.11.2021 г.

Принята к публикации 10.01.2022 г.

Черноозерская грива находится на позднеплейстоценовой надпойменной террасе р. Иртыш. Гриву слагают эоловые отложения, представленные мелко-тонкозернистыми хорошо сортированными пылеватыми и глинистыми песками, включающими два горизонта погребенных почв. В составе отложений преобладают фракции мелкого песка и крупного алеврита, суммарное содержание которых составляет от 60 до 80% всей толщи, а средний размер зерен изменяется от 0.090 до 0.096 мм. Содержание мелкого и среднего алеврита в отложениях гривы невелико – от 4.9 до 11.7%, а суммарная доля частиц диаметром менее 0.01 мм не превышает 22%. Гранулометрические показатели, полученные для субэральных отложений Черноозерской гривы (распределение по фракциям, средний и медианный размер зерен, коэффициенты сортировки и асимметрии, эксцесс), характерны для песков с эоловой переработкой. В сочетании с морфологическими особенностями гривы, условиями залегания и литологией пород, результаты гранулометрического анализа позволили отнести субэральные отложения к генетическому подтипу перевеянных (перфляционных) эоловых осадков, которые перемещаются вблизи поверхности и образуют аккумулятивные эоловые формы рельефа. Согласно полученным OSL-датам, эоловые осадки в основании гривы имеют возраст 14.9 ± 1.5 тыс. л. (L-Eva 1975), а заключительная фаза активного эолового осадконакопления относится к 11 тыс. л. н. (L-Eva 1971, 1972). Изменчивость гранулометрического состава пород в разрезе отражает стадии формирования осадка: активизация эоловых процессов в интервале 15–10 тыс. л. н. происходила волнообразно и включала периоды их ослабления 14 тыс. л. н. и 11–10.5 тыс. л. н.

Ключевые слова: эоловые отложения, гривный рельеф, поздний неоплейстоцен, гранулометрия, юг Западной Сибири

DOI: 10.31857/S0435428122020080

ВВЕДЕНИЕ

Характерными формами рельефа, распространенными на юге Западно-Сибирской равнины, являются гривы – относительно невысокие (от первых метров до 10–15 м) положительные формы рельефа в виде удлинённых (от нескольких десятков до сотен метров) холмов с пологими склонами, ориентированные преимущественно с ЮЗ на СВ. Изучение грив ведется на протяжении века, и большинство исследователей считают их результатом деятельности ветра [1–3]. Но вопрос об их происхождении не решен окончательно. В ряде работ обосновывается флювиальная природа

этих образований [4–7]; предлагаются абразионно-аккумулятивная [8], делювиальная [3, 9] и другие модели формирования грив. Ряд исследователей, анализируя морфологию, состав, свойства, возраст гривных отложений, приходят к выводу об их полигенетической природе [10–12]. В формировании грив, помимо ведущего процесса рельефообразования, могут принимать участие аллювиальные, делювиальные, озерные, флювиогляциальные процессы. Большую роль в их развитии играют криогенез, физическое и химическое выветривание, которые преобразуют исходный минералогический, химический, грану-

лометрический, агрегатный состав отложений и их свойства.

Широко распространенный рельеф грив юга Западно-Сибирской равнины не является однородным. Гривы встречаются на разных геоморфологических уровнях: они занимают выровненные поверхности междуречий и их склоны, озёрные котловины, ложбины древнего стока, речные долины. На морфологию, состав и строение грив оказывают влияние: микрорельеф, особенности гидрологических процессов, близость и характер источников сноса эолового материала, местные климатические условия и др. Поэтому необходимы детальные исследования грив, сформированных в различных условиях.

Наиболее изученными в Западной Сибири являются гривы, расположенные на междуречьях (Обь-Иртышское, Ишим-Тобольское, Ишим-Иртышское); в котловинах озёр (Чаны, Саргуль, Урюм, Убинское); на высоких надпойменных террасах рек (Ишим, Иртыш, Тобол, Кеть) [1, 2, 7, 10, 13]. Эоловым образованиям на низких террасах и в поймах рек посвящено меньше работ, но такие сведения имеются. Описаны древние и современные эоловые формы в долинах Амура [14], Вилюя [15], Иртыша [13], Ишима [12]. Очевидно, гривы в днищах речных долин и на междуречных равнинах формировались в разных условиях, что отражается в их морфологических, литологических, минералогических и других особенностях. Одной из важных характеристик является гранулометрический состав отложений; его изучение имеет большое значение для установления генезиса и последовательности формирования грив.

Целью данной работы является определение гранулометрического состава эоловых отложений, вскрытых в Черноозерской гриве на первой надпойменной террасе р. Иртыш. Задачами гранулометрического анализа являются: точное определение механического состава и названия пород, определение коэффициентов, анализ их изменчивости по профилю, что позволяет установить комплекс процессов рельефообразования, участвующих в формировании грив в речных долинах и реконструировать условия отложения терригенного осадка.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования находится в южной части Западно-Сибирской равнины на Среднеиртышской низменности вблизи пос. Черноозерье, географические координаты вершины гривы в системе WGS-84: N 55°43'52.54", E 73°58'08.20". Долина Иртыша на данном участке широкая, с хорошо развитой поймой и комплексом надпойменных террас. Урез воды составляет 62.5 м над у. м., относительная высота поймы 5–7 м. Первая тер-

раса встречается в виде фрагментов и островов-останцов, ее высота над урезом воды составляет 9–12 м. Аллювиальные отложения террасы позднеплейстоценового возраста представлены песками, супесями, суглинками, их мощность изменяется от 8 до 28 м [16].

На поверхности террасы встречаются гривы. Они распространены локально, поскольку терраса во многих местах размыва, но их морфологический облик весьма характерен: веретенообразная вытянутая форма, длина от нескольких десятков до сотен метров, СВ простирание, асимметричные склоны, относительная высота – от первых метров до 10–12 м. Объект исследования – Черноозерская грива – находится в левобережной части долины, возвышается над площадкой террасы на 1–3 м. Максимальная абсолютная высота гривы составляет 77 м над у. м. Она представляет собой удлиненный холм, ориентированный на СВ, с резко асимметричными склонами – СЗ более пологий, ЮВ, обращенный к реке, – крутой. Длина гривы около 700 м, ширина – до 150 м. В толще ее отложений обнаружен позднепалеолитический археологический комплекс Черноозерье II.

Для изучения отложений гривы применялись следующие методы: визуальное описание отложений по стенкам археологического раскопа, датирование, гранулометрический анализ. Датирование осадков проведено радиоуглеродным методом (Центр археометрии Курта Энгельхорна (MAMS), г. Майнхайм, Германия), а также методом оптико-стимулированной люминесценции (Институт эволюционной антропологии Макса Планка (L-Eva), г. Лейпциг, Германия). Гранулометрический анализ выполнен в Геоэкологической лаборатории Института географии Лейпцигского университета (Германия). Разделение породы на гранулометрические фракции производилось по ф-шкале Крумбейна согласно стандарту ISO 14688-1-2017 [17]. Фракции выделялись путем сочетания просеивания (частицы диаметром >63 мкм) и осаднения. Пропорции алеврита и глины в диапазоне размеров зерен <63 мкм определялись с помощью рентгеновского гранулометра SediGraph III 5120 с MasterTech MT 052 фирмы Micromeritics. Результаты получены в виде массового процентного содержания десяти фракций (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Черноозерская грива в долине р. Иртыш имеет цокольное строение. Общая мощность ее отложений достигает 8.5 м. Цоколь сложен аллювиальными осадками первой надпойменной террасы – тонкозернистыми песками, супесями, суглинками с включениями гравия и мелкой гальки. Они вскрыты на глубине 2.5–3 м от поверхности гри-

Таблица 1. Гранулометрические фракции терригенных пород (по [17])

Фракция	Индекс	Размеры фракций, мм
Крупнозернистый песок	cSa	2.0–0.63
Среднезернистый песок	mSa	0.63–0.2
Мелкозернистый песок	fSa	0.2–0.125
Тонкозернистый песок	ffSa	0.125–0.063
Крупный алеврит	cSi	0.063–0.02
Средний алеврит	mSi	0.02–0.0063
Мелкий алеврит	fSi	0.0063–0.002
Грубая глина	cCl	0.002–0.0006
Средняя глина	mCl	0.0006–0.0002
Тонкая глина	fCl	<0.0002

вы [18]. Прибровочная возвышенная часть террасы, на которой расположена грива, представляет собой древний прирусловой вал преимущественно песчаного состава (рис. 1). На данном участке долины вал вытянут соответственно изгибу русла с ЮЗ на СВ в виде удлиненного возвышения, на-

правленного вдоль господствующих ЮЗ ветров, режим которых, вероятно, установился в данном районе в позднем неоплейстоцене [19]. Прирусловой вал стал основанием для накопления эоловых отложений, дав начало развитию продольной береговой дюны. Выдуванию, транспортировке и переотложению по всей видимости подвергались аллювиальные пески береговых отмелей, песчаных кос, островов, прирусловых валов, надпойменных террас, коренных обнажений р. Иртыш, расположенных в непосредственной близости от гривы и имеющих литологический состав, схожий с ее отложениями – тонко- и мелкозернистые пески, супеси и суглинки желто-серого и желто-бурого цвета (рис. 1), [16]. Также в отложениях гривы присутствуют алевритовые частицы, принесенные ветром во взвешенном состоянии из далеко расположенных источников – “холодный” лёсс, который накапливался в перигляциальных условиях во время похолодания и усиления интенсивности ветра, связанного с сарганской фазой зырянского оледенения. Накопление эоловых осадков происходило в период 15–10.5 тыс. л. н. (рис. 2).

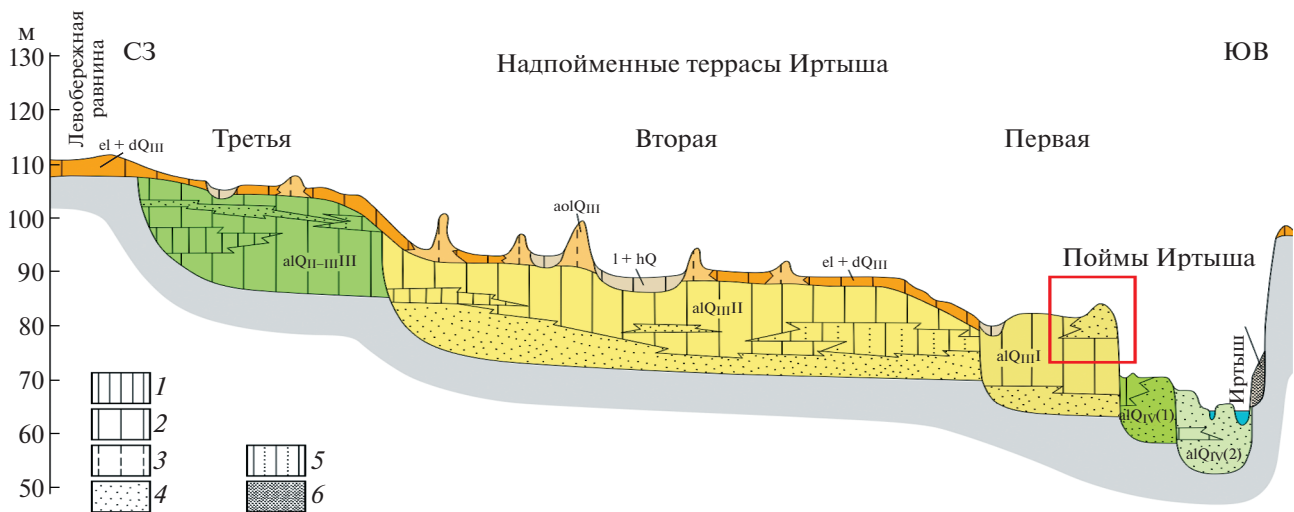


Рис. 1. Схема взаимоотношений четвертичных отложений в долине р. Иртыш (Саргатское Прииртышье) [16] Квадратом обозначен древний прирусловой вал на поверхности первой надпойменной террасы.

Современные аллювиальные отложения: $alQ_{IV}(2)$ – низкой поймы (пески желто-серые, тонкозернистые, суглинки грязно-бурые, синие, иловатые), $alQ_{IV}(1)$ – высокой поймы (пески серые тонко- и мелкозернистые, слюдястые, суглинки желто- и синевато-серые, часто иловатые); *верхнечетвертичные–современные отложения:* $l+hQ_{III-IV}$ – озерно-болотные отложения заболоченных понижений (суглинки желто-бурые, голубовато-серые, иногда иловатые, редко пески тонкозернистые, торф и сапропели), dQ_{III-IV} – делювиальные отложения (супеси, пески, глины); *верхнечетвертичные отложения:* $alQ_{III I}$ – аллювиальные отложения I надпойменной террасы – (пески тонкозернистые, супеси, суглинки голубовато- и желто-серые, иногда иловатые, участками тонкослоистые, обохренные), $el+dQ_{III}$ – элювиально-делювиальные покровные отложения (суглинки, редко супеси и пески тонкозернистые; породы желто-бурые с известковой вкрапленностью), eoQ_{III} – эоловые отложения грив (супеси, пески, реже суглинки желто-бурые, пылеватые), $alQ_{III II}$ – аллювиальные отложения II надпойменной террасы (пески тонкозернистые, суглинки, глины желто-серые, синевато-серые, часто иловатые, карбонатные); *средне-верхнечетвертичные отложения:* $alQ_{III-III III}$ – аллювиальные отложения III надпойменной террасы (глины, суглинки синевато-серые, серые, часто иловатые, пески тонкозернистые). *Литологический состав пород:* 1 – глины, 2 – суглинки, 3 – супеси, 4 – пески, 5 – переслаивание песков, суглинков, 6 – породы разнообразного состава (только для dQ_{III-IV}).

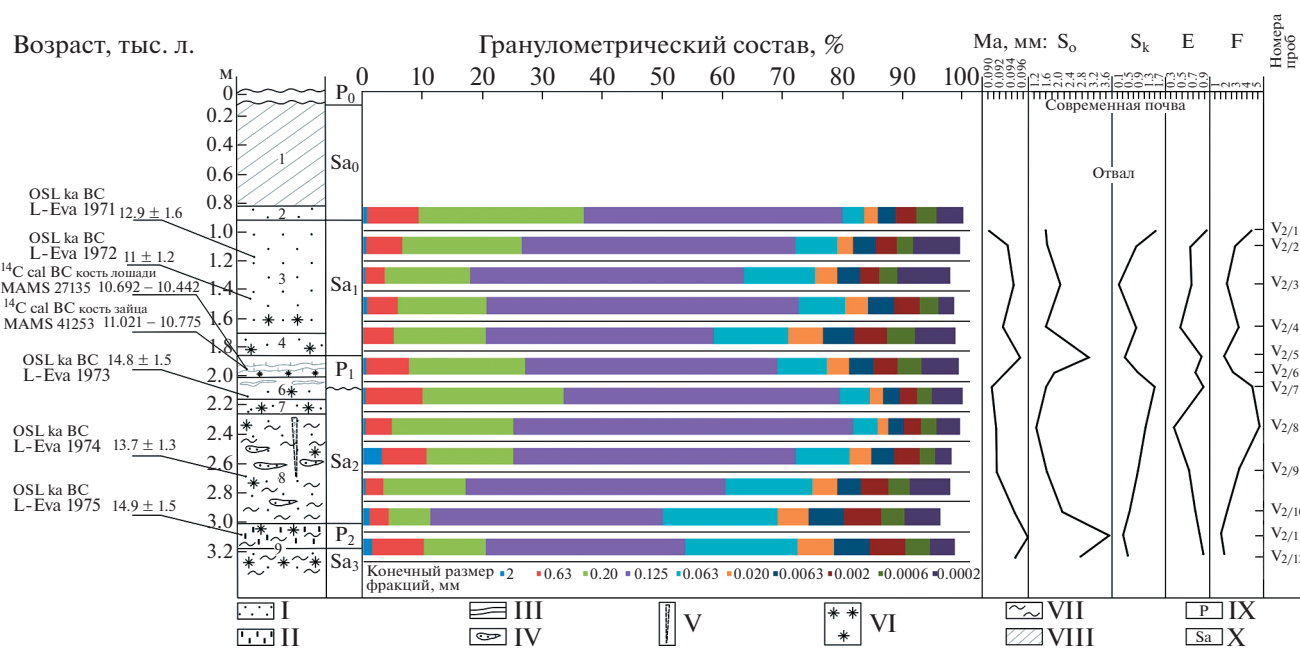


Рис. 2. Литологическая колонка и гранулометрическая характеристика субаэральных отложений Чернозерской гривы. V2/1–V2/12 – номера образцов; 1–9 – номера слоев, выделенных по структурно-текстурным особенностям; I – песок пылеватый тонкозернистый, II – песок глинистый тонкозернистый, III – гумусированные прослои, IV – линзы песка, V – морозобойная трещина, заполненная суглинистым осадком серого цвета, VI – следы карбонатизации: карбонатные конкреции, налет, VII – слоистость тонкая косая, VIII – отвал, IX – почвы, X – субаэральные толщи.

Субаэральные осадки эолового генезиса слагают верхнюю 2–3-метровую толщу отложений гривы. Это преимущественно мелкозем светлорыжевато-коричневого цвета с редкими включениями мелкозернистого гравия, в его толще сформировались два горизонта погребенных почв. Слоистость отсутствует или слабо выражена в виде чередования малозаметных косых и волнистых слоев. Визуально она определяется лишь во влажном состоянии небольшими изменениями гранулометрического состава и плотностью. Слойки толщиной в несколько миллиметров, субгоризонтальные или слабонаклонные, с волнистыми границами. Среди структурно-текстурных особенностей также отмечаются: однородность отложений, отсутствие резких переходов между слоями, наличие линз песка, пористость и пустоты в виде корнеходов, нор и каналов землероев, следы криогенных деформаций. В слоях заметны признаки карбонатизации: белесый налет, карбонатные конкреции и стяжения.

Для точного определения механического состава отложений и уточнения вопроса об условиях их образования был проведен гранулометрический анализ. Он показал, что обломки диаметром менее 2 мм составляют 95–98% всей субаэральной толщи. Содержание песчаных частиц в пробах достигает 49–80%, алевритовой фракции – от 8 до 30%, глинистой – от 9 до 17% (рис. 3). По гранулометрическому составу эоловые осадки

гривы относятся к пылеватым пескам, а погребенные почвы – к глинистым пескам (по ISO 14688-1-2017 [17]).

По содержанию выделенных фракций составлены кривые частотного распределения и кумулятивная (рис. 4), графическим способом рассчитаны средний (Ma) и медианный (Md) размеры зерен, коэффициенты сортировки (So) и асимметрии (Sk), эксцесс (E), получены значения динамического фактора (F) (рис. 2). Данные гранулометрические коэффициенты, в сочетании с другими характеристиками породы, а также морфологическими признаками сложной формы рельефа, позволяют судить об обстановках накопления осадков. Этот вопрос актуален в связи с существующими гипотезами о роли различных геологических процессов в формировании грив на юге Западно-Сибирской равнины. В связи с этим представляет интерес, насколько гранулометрические характеристики гривы подтверждают ее эоловое происхождение, как они меняются в разрезе и какие данные могут предоставить информацию об условиях осадконакопления.

Размер зерен в терригенных породах указывает на условия и динамику среды их отложения. Для эоловых осадков характерно резкое преобладание мелкого, тонкого песка и крупного алеврита [20]. В отложениях Чернозерской гривы суммарное содержание этих фракций (размерностью от 0.2 до

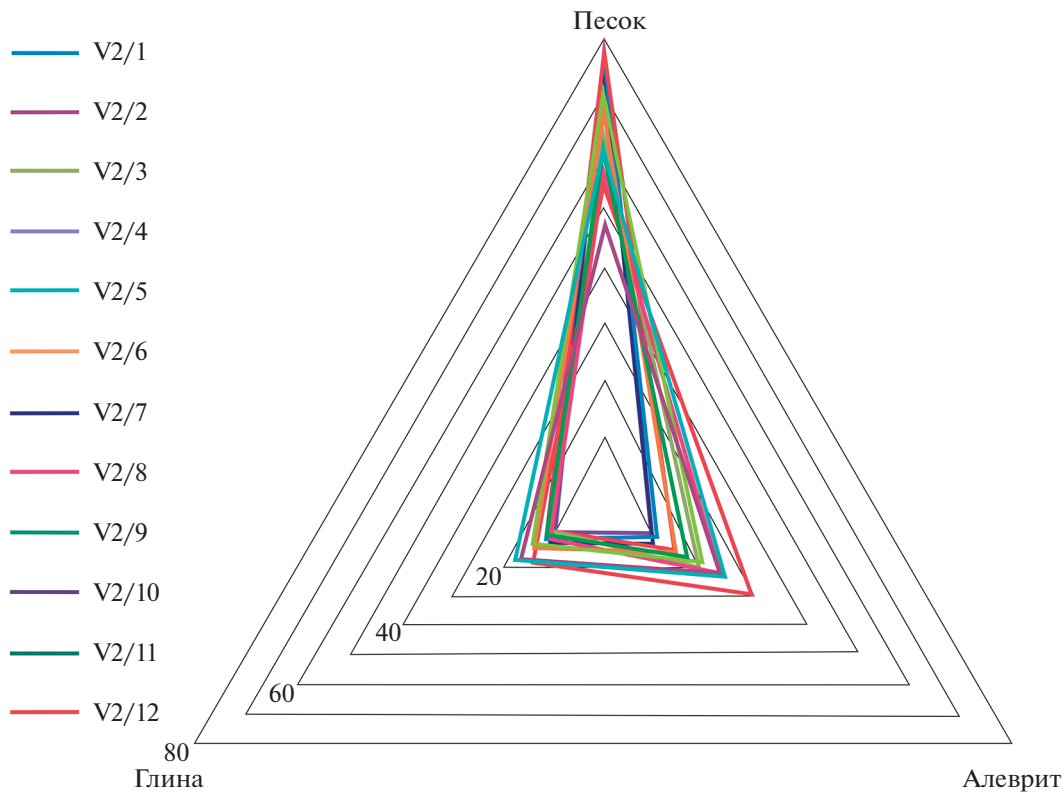


Рис. 3. Гранулометрический состав отложений Черноозерской гривы, % (V2/1–V2/12 – номера образцов).

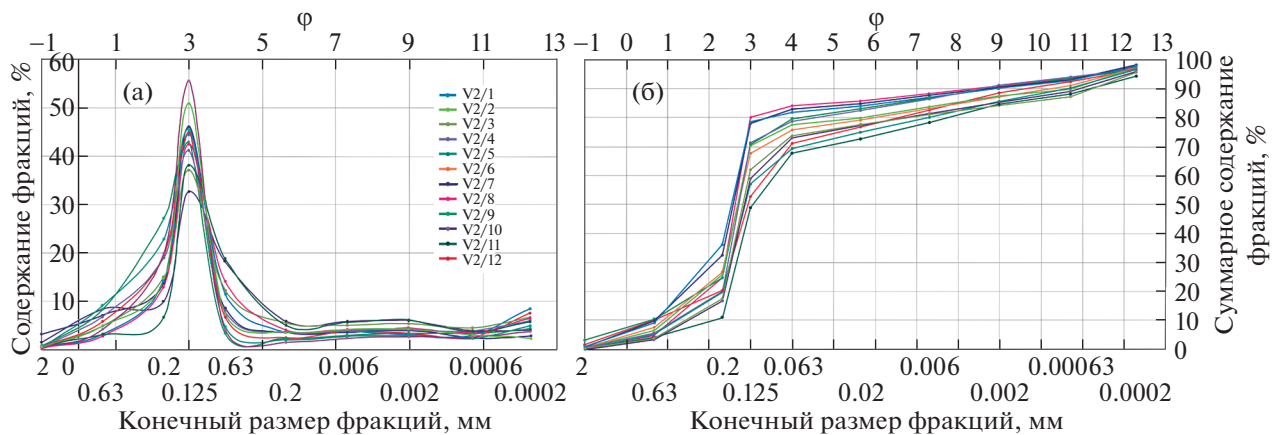


Рис. 4. Кривые частотного (а) и кумулятивного (б) распределений гранулометрического состава для образцов V2/1 – V2/12.

0.02 мм) составляет от 60 до 80%. Медианный размер зерен (Md) изменяется от 0.119 до 0.172 мм, а средний размер частиц (Ma) колеблется в интервале 0.090–0.096 мм. Распределение фракций в породе унимодальное (рис. 4), пик находится в интервале 0.125–0.063 мм, что соответствует фракции тонкозернистого песка.

Отложения гривы состоят преимущественно из частиц относительно крупного для эоловых от-

ложений размера (песок, крупный алеврит), поэтому, согласно классификации Е.В. Шанцера [21], их можно отнести к подтипу перевеянных (перфляционных) осадков эолового типа, которые в отличие от навееянных (суперфляционных) отложений, перемещаются вблизи поверхности преимущественно сальтацией и волочением и образуют отдельные формы рельефа. Перфляционные осадки накапливаются на относительно не-

большом расстоянии от источников сноса (до нескольких километров).

О динамике среды осадконакопления можно судить по величине динамического фактора (F) и по форме кумулятивной кривой (метод Дугласа) [20]. Динамический фактор это – соотношение в породе песка (Sa) и глинисто-алевритовой фракции ($Si+Cl$). В случае если $F < 1$, это свидетельствует о поступлении вещества в виде мелких частиц в воздушной взвеси. Если $F > 1$, образование осадка происходило преимущественно за счет песчаного материала, который перемещался сальтацией и волочением. В разрезе Черноозерской гривы динамический фактор всюду положительный, что свидетельствует о поступлении материала от близко расположенных источников сноса, которыми могли быть песчаные отложения в долине реки. При этом наблюдаются существенное увеличение динамического фактора (F) в горизонтах эоловых песков (до 3.97–4.57) и его снижение в погребенных почвах (1.08–1.45), что может быть связано с их постседиментационными химическими и биологическими преобразованиями.

Форма кумулятивной кривой показывает, какая часть крупного осадка откладывается в потоке, имеющем высокую энергию, и как крупность частиц, связанных с энергией потока, распределяется в дальнейшем при ее снижении. Так, по форме кумулятивной кривой можно судить о динамических условиях накопления осадка. Кривая R-типа свидетельствует о высокой энергии транспортирующего потока и отложении крупных частиц, S-тип описывает отложение более мелких частиц в потоках с переменной динамикой, T-тип характерен для осадка, откладывающегося в малоподвижной среде. Кумулятивная кривая отложений Черноозерской гривы относится к S+T – типу (рис. 4), т.е. выпадение значительной доли осадка происходило из пульсирующего потока, не содержащего крупных фракций, а наибольшая их часть откладывалась в низкоэнергетическом потоке. Такие динамические условия характерны для подветренных склонов дюн, на которых сила ветрового потока затухает, а препятствие в виде склона оказывает на осадок сортирующее воздействие.

Отличительной особенностью эоловых песков является хорошая сортированность, поскольку при перевевании из них удаляются мелкие частицы (глина, тонкий алеврит), а гравий и более крупные обломки (более 2 мм) могут подниматься в воздух только ветрами ураганной силы, что происходит достаточно редко. Сортированность образцов оценивалась по коэффициенту П. Траска (So), который характеризует преобладание в породе фракций определенного гранулометрического состава [22]. Чем ближе он к единице, тем

лучше сортирован осадок [23]. Для песков Черноозерской гривы отмечается неравномерное значение этого показателя (рис. 2). Хорошей сортированностью обладают горизонты эоловых отложений ($So = 1.24–2.11$), значительно снижается она в горизонтах погребенных почв ($So = 3.08–3.61$), что связано, по всей видимости, с влиянием процессов почвообразования и ослаблением эолового переноса.

В ряде случаев данные о генетической принадлежности того или иного типа отложений могут быть получены с применением коэффициентов асимметрии (Sk) и эксцесса (E). Коэффициент асимметрии (Sk) отражает меру скошенности кривой частотного распределения гранулометрического состава (рис. 3). Положительная асимметрия указывает на обогащение породы тонкими фракциями, отрицательная – на относительно высокую долю грубых фракций. Эксцесс характеризует степень островершинности кривой частотного распределения гранулометрического состава, тем лучше сортировка центральной части распределения по сравнению с ее краями. Согласно эмпирическим данным [20], эоловые пески обладают близким к нулю эксцессом и положительной асимметрией. В отложениях Черноозерской гривы эксцесс ($E = 0.30–0.89$) характеризует верхнюю толщу как песок, подвергшийся эоловой переработке. Коэффициент асимметрии – положительный ($Sk = 0.32–1.41$), т.е. пески обогащены тонкими фракциями, что также характерно для перемещенных эоловых песков, влекомых воздушным потоком и быстро осаждающихся в пульсирующей среде. Следует учитывать, что коэффициенты Sk и E имеют весьма условное значение при определении генетического типа осадков, так как данные параметры зависят от множества региональных факторов. Вместе с тем вариативность их в разрезе позволяет судить о динамике среды отложения осадка в период его накопления.

Изменчивость гранулометрического состава пород Черноозерской гривы по профилю (рис. 2) позволяет, в совокупности со структурно-текстурными особенностями отложений, выделить различные периоды накопления осадка.

1. Субаэральная толща SA3, сформировавшаяся более 15 тыс. л. н., представляет собой тонкозернистые пески средней сортировки ($Ma = 0.094$; $So = 2.56$) с невысоким значением положительной асимметрии ($Sk = 0.32$). Она характеризует начальную фазу эоловой переработки прируслового вала и накопление на его поверхности эоловых осадков в финале сартанской фазы зырянского оледенения, сопровождавшегося аридизацией климата и усилением скорости ветра.

2. Ослабление эолового переноса и формирование почвы ($P2$) происходило 15–14 тыс. л. н.

Гранулометрический состав почвы унаследовал основные черты почвообразующих пород, а усилившиеся процессы химического и биологического выветривания привели к уменьшению медианного размера частиц ($Md = 0.119$) и снижению сортировки песков до слабой ($So = 3.61$).

3. Активизация эоловых процессов произошла 14–13 тыс. л. н. и привела к накоплению нового слоя дюнных отложений ($SA2$), о чем свидетельствует усиление сортировки песков ($So = 1.24$), снижение среднего размера зерен ($Ma = 0.094–0.091$), увеличение доли мелких фракций ($Sk = 0.38–0.99$), повышение динамического фактора ($F = 4.57$).

4. Уменьшение сортировки песков ($So = 1.81–1.52$), увеличение среднего размера зерен ($Ma = 0.095$), снижение динамического фактора ($F = 3.89$) было связано с ослаблением скорости ветра и связанного с ним эолового переноса 13–11 тыс. л. н. и начавшимся почвообразованием.

5. На рубеже неоплейстоцена и голоцена (11–10.5 тыс. л. н.) на юге Западной Сибири произошло смягчение климата, хотя он все еще оставался холодным и сухим. Пребореальный период голоцена отмечен в разрезе маломощной, но морфологически хорошо выраженной почвой (PI), в процессе формирования которой усилилась роль биогенного перемешивания вещества. Для гранулометрического состава почвы характерны: слабая сортировка, пониженный коэффициент асимметрии, повышенный эксцесс ($So = 3.08$; $Sk = 0.20$; $E = 0.77$). Кратковременное ослабление эолового переноса и почвообразование произошло из-за изменения климатических условий — повышения температуры воздуха, снижения скорости ветра, увеличения увлажнения.

6. Новый цикл накопления эоловых осадков ($SA1$) в ранние периоды голоцена определяется в разрезе по постепенному уменьшению размеров зерен ($Ma = 0.090$), усилению сортировки песков (So понижается до 1.58), увеличению доли тонких фракций (Sk повышается до 1.41), увеличению динамического фактора ($F = 1.87–3.97$). Осадки данного слоя накапливались при более низких скоростях ветра, чем в предыдущую фазу накопления эоловых отложений, и при усилении процессов физического выветривания. Активизация эоловых процессов могла быть также связана с периодами уменьшения водности Иртыша, во время которых на поверхности оказывались значительные объемы сухого песка, служившего источником поступления эоловых частиц.

ВЫВОДЫ

Черноозерская грива — полигенетическая форма рельефа. В ее основании на глубине 2.5–3 м находятся аллювиальные отложения первой над-

пойменной террасы — горизонтально-волнисто-слоистые тонкозернистые пески, супеси, суглинки серо-желтого, серо-коричневого цвета с линзами крупнозернистого песка, включениями гравия и мелкой гальки [18]. Верхняя часть гривы сложена субэральными отложениями. Они представляют собой хорошо сортированные тонкослоистые пылеватые и глинистые тонкозернистые пески, разделенные горизонтами погребенных почв. Гранулометрические показатели, полученные для отложений Черноозерской гривы, характерны для песков с эоловой переработкой. Они свидетельствуют об их осаждении в низкоэнергетических потоках, при невысоких скоростях перемещения. Такие условия характерны для приземной части ветровых потоков, встречающих на своем пути препятствия в виде неровностей поверхности. В совокупности со структурно-текстурными и морфологическими признаками, отложения гривы можно отнести к генетическому типу эоловых, подтипу перфляционных (дюнных) отложений. Учитывая размер перемещаемых ветром частиц (преимущественно песчаная фракция) и величину динамического фактора, можно утверждать, что источник поступления эолового материала находился относительно недалеко, в пределах нескольких километров. Чередование песков и погребенных почв в разрезе, ритмичные колебания их гранулометрических характеристик отражают смену природных условий в перигляциальной зоне юга Западной Сибири: накопление эоловых песков на рубеже неоплейстоцена и голоцена было связано с похолоданием, аридизацией и усилением скоростей ветра, а формирование почв (15–14 тыс. л. н., 11–10.5 тыс. л. н.) происходило в условиях потепления климата и увеличения его увлажнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков И.А. Позднечетвертичная субэральная формация. М.: Наука, 1971. 254 с.
2. Казьмин С.П. Современные и древние взвешенные эоловые наносы // Геоморфология. 2010. № 3. С. 46–50. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2010-3-46-50>
3. Матасова Г.Г., Казанский А.Ю., Чегис В.В. Результаты комплексных геолого-геофизических исследований субэрального покрова Бийско-Чумышского плато (юг Западной Сибири) и их значение для палеогеографических реконструкций // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2015. Т. 90. № 6. С. 28–47.
4. Городецкая М.Е. О генезисе и возрасте Западно-Сибирских грив // Структурная и климатическая геоморфология. М.: Наука, 1966. С. 166–172.
5. Николаев В.А., Пилькевич И.В., Пучкова Д.В. Природа гривного рельефа южных равнин Западной Сибири // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Западная Сибирь и

- Средняя Азия. Новосибирск: Наука, 1979. С. 166–178.
6. Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. М.: Научный мир, 1999. 120 с.
 7. Бейзель А.А., Соболев Е.С., Ян П.А. Новые данные по проблеме происхождения гривного рельефа юга Западно-Сибирской равнины // Интерэкспо Гео Сибирь. 2019. Т. 2 № 1. С. 3–9. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2019-2-1-3-9>
 8. Белецкая Н.П., Коломиец Г.Е. Новая гипотеза происхождения гривного рельефа // Современные научные исследования и инновации. 2019. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2019/04/89183> (дата обращения: 18.06.2020).
 9. Фиалков Д.Н. Грядовые формы рельефа Западно-Сибирской низменности. Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1964. 59 с.
 10. Зыкин В.С., Зыкина В.С., Орлова Л.А., Чиркин К.А., Балакин П.В., Смолянинова Л.Г. О развитии озера Чаны в позднелепистоцен-голоценовое время // География – теория и практика: современные проблемы и перспективы. Всероссийская научно-практическая конференция с участием иностранных ученых. Барнаул – Горно-Алтайск, 15–18 апреля 2009. Барнаул: Изд-во АГУ, 2009. С. 95–98.
 11. Казьмин С.П., Волков И.А. Этапы речной деятельности времени последнего континентального оледенения (Западная Сибирь) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2014. № 2. С. 155–159.
 12. Ларин С.И., Ларина Н.С., Лаухин С.А., Алексеева В.А., Максимов Ф.Е. Новые данные о реконструкции среды и условиях формирования гривно-ложбинного рельефа в юго-западной части западной Сибири // Экология древних и традиционных обществ: Материалы V Международной научной конференции, г. Тюмень, 7–11 ноября 2016 г. Вып. 5. Ч. 1. Тюмень: Изд-во ТюменГУ, С. 126–128.
 13. Пилькевич И.В. Гривный рельеф юга Западно-Сибирской равнины // Рельеф Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. С. 81–93.
 14. Махинов А.Н. Эоловые формы рельефа в долине р. Амур // Геоморфология. 2017. № 2. С. 52–62. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2017-2-52-62>
 15. Галанин А.А. Эоловый рельеф Центральной Якутии // VIII Шукинские чтения: рельеф и природопользование. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии. Москва, 28 сентября – 1 октября 2020 г. [Электронное издание]. М.: Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2020. С. 159–163.
 16. Геологическая карта СССР 1: 200000. Серия Ишимская. Лист N-43-II. Объяснительная записка. М.: Министерство геологии СССР, 1975. 95 с.
 17. ГОСТ Р ИСО 14688-1-2017 Геотехнические исследования и испытания. Идентификация и классификация грунтов. Часть 1. Идентификация и описание. М.: Стандартинформ, 2017. 16 с.
 18. Осинцева Н.В. Гривный рельеф юга Западно-Сибирской равнины: морфология и возраст (на примере Черноозерской гривы, Саргатское Прииртышье) // Геосферные исследования. 2017. № 3. С. 26–32. <https://doi.org/10.17223/25421379/4/4>
 19. Казьмин С.П., Волков И.А. Климатические условия формирования покровных субэразальных образований Западной Сибири // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2010. № 2. С. 75–82.
 20. Рухин Л.Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах. Л.: Недра, 1969. 703 с.
 21. Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 239 с.
 22. Trask P.D. Origin and environment of source sediments of petroleum. Houston, Gulf Pub. Co., 1932. 323 p.
 23. Янакурт О.В. Литология. М.: ИНФРА-М, 2016. 359 с.

Subaerial deposits of chernoozerye low ridge (Irtysh valley): granulometric texture, genesis, rate of sedimentation

N. V. Osintseva^{a, #}, I. V. Shmidt^b, T. A. Gorbunova^b, T. Lauer^c, B. Schneider^d,
Ch. Tinapp^e, and H. Staeuble^e

^aNovosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

^bDostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

^cMax Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Department of Human Evolution, Leipzig, Germany

^dUniversity of Leipzig, Institut of Geography, Leipzig, Germany

^eArchaeological office of Saxony, Dresden, Leipzig, Germany

[#]E-mail: n_osinceva@mail.ru

The Chernoozerye low ridge in the Irtysh valley is an eolian structure on pleistocene fluvial terrace sediments. These eolian deposits are fine-grained, well-sorted sands with small portions of silt and clay, including two levels with former top-soils. The fractures of fine sand and large-sized aleurite are the main components. This fraction covers 60 to 80% of the material with an average grain size varying between 0.090 to 0.096. Sand ac-

cumulation was subordinate to the formation of the low ridge. The content of fine and medium silts is small in the deposits of the low ridge – from 4.9 to 11.7%, and the total proportion of particles with a diameter of less than 0.01 mm does not reach more than 22%. The eolian sediments in the low ridge's bottom are approximately 14.9 ± 1.5 thousand years BC (L-Eva 1975); the final phase of active eolian lithogenesis was about 11 thousand years BC (L-Eva 1971, 1972). The variability of the granulometric content of rocks in the section reflects the stages of sediment formation. The activation of eolian processes in the gap between 15–10 thousand years ago was happening wavelike and included periods of their weakening 14 thousand years and 11–10.5 thousand years BC.

Keywords: eolian deposits, late Pleistocene, low ridge Irtysch valley, south of Western Siberia, palaeolithic site, geoarchaeology, granulometry, OSL-radiocarbon dating

REFERENCES

- Volkov I.A. *Pozdnechetvertichnaya subaeral'naya formatsiya* (Late Quaternary subaerial sedimentary association). M.: Nauka (Publ.), 1971. 254 p.
- Kazmin S.P. *Sovremennye i drevnie vzveshennye eolovye nanosy* (Recent and ancient eolian deposits in the south of West Siberia). *Geomorfologiya* (Geomorphology RAS). 2010. No. 3. P. 46–50. (in Russ.)
<https://doi.org/10.15356/0435-4281-2010-3-46-50>
- Matasova G.G., Kazansky A.Yu., and Chegis V.V. *Rezultaty kompleksnykh geologo-geofizicheskikh issledovaniy subaeral'nogo pokrova Biisko-Chumyshskogo plato (yug Zapadnoi Sibiri) i ikh znachenie dlya paleogeograficheskikh rekonstruktsii* (Results of integrated geological and geophysical study of subaerial cover of Biya-Chumysh plateau (south of Western Siberia) and their paleogeographic implications). *Byul. MOIP. Otdel geologicheskii*. 2015. Vol. 90. No. 6. P. 28–47. (in Russ.)
- Gorodetskaya M.E. *O genezise i vozraste Zapadno-Sibirskikh griv* (On the Genesis and age of West Siberian manes). In: *Strukturnaya i klimaticheskaya geomorfologiya* (Structural and climatic geomorphology). Moscow: Nauka (Publ.), 1966. P. 166–172.
- Nikolaev V.A., Pilkevich I.V., and Puchkova D.V. *Priroda grivnogo rel'efa yuzhnykh ravnin Zapadnoj Sibiri* (Nature of the gry relief of the southern plains of Western Siberia). In: *Istoriya razvitiya rechnykh dolin i problemy melioratsii zemel'. Zapadnaya Sibir' i Srednyaya Aziya* (The history of the evolution of river valleys and the problems of land reclamation. Western Siberia and Central Asia). Novosibirsk: Nauka (Publ.), 1979. P. 166–178.
- Grosswald M.G. *Evrazijskie gidrosfernye katastrofy i oledenenie Arktiki* (Eurasian hydrospheric catastrophes and the Arctic glaciations). Moscow: Scientific world (Publ.), 1999. 120 p.
- Beizel A.A., Sobolev E.S., and Yan P.A. *Novye dannye po probleme proiskhozhdeniya grivnogo rel'efa yuga Zapadno-Sibirskoi ravniny* (New data on the problem of the origin of a ridge relief in the south of Western Siberia). Interexpo Geo Siberia. 2019. Vol. 2. No. 1. P. 3–9. (in Russ.)
<https://doi.org/10.33764/2618-981X-2019-2-1-3-9>
- Beletskaya N.P. and Kolomiets G.E. *Novaya gipoteza proiskhozhdeniya grivnogo rel'efa* (A new hypothesis of the origin of the ridge relief). *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*. 2019. No. 4. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2019/04/89183> (date of request: 18.06.2020) (in Russ.)
- Fialkov D.N. *Gryadovye formy rel'efa Zapadno-Sibirskoi nizmennosti* (Ridge landforms of the West Siberian lowland). Omsk: Zapadosibirskoe knizhnoe izd-vo (Publ.), 1964. 59 p. (in Russ.)
- Zykin V.S., Zykina V.S., Orlova L.A., Chirkin K.A., Balakin P.V., and Smolyaninova L.G. *O razvitiy ozera Chany v pozdneplestotsen-golotsenovoe vremya* (On the development of the lake Chany in late Pleistocene-Holocene period). *Geografiya – teoriya i praktika: sovremennye problemy i perspektivy. Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s uchastiem inostrannykh uchenykh. Barnaul-Gorno-Altaysk, 15–18 aprelya 2009*. Barnaul: ASU (Publ.), 2009. P. 95–98. (in Russ.)
- Kazmin S.P. and Volkov I.A. *Etapy rechnoi deyatel'nosti vremeni poslednego kontinental'nogo oledneniya (Zapadnaya Sibir')* (Stages of river activity during the last continental glaciation (Western Siberia)). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya*. 2014. No. 2. P. 155–159. (in Russ.)
- Larin S.I., Larina N.S., Lauhin S.A., Alekseeva V.A., and Maksimov F.E. *Novye dannye o rekonstruktsii sredey i usloviyakh formirovaniya grivno-lozhbinogo rel'efa v yugo-zapadnoi chasti Zapadnoi Sibiri* (New data on the reconstruction of the environment and conditions of the formation of the ridge-hollow relief in the southwestern part of Western Siberia). *Ekologiya drevnykh i traditsionnykh obshchestv. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Tyumen', 7–11 noyabrya 2016*. Tyumen: Tyumen Scientific Centre SB RAS (Publ.), 2016. Iss. 5. P. 126–128. (in Russ.)
- Pilkevich I.V. *Grivnyi rel'ef yuga Zapadno-Sibirskoi ravniny* (The gry relief of the south of the West Siberian plain). In: *Rel'ef Zapadno-Sibirskoi ravniny* (Relief of the West Siberian plain). Novosibirsk: Nauka (Publ.), 1988. P. 81–93. (in Russ.)
- Makhinov A.N. *Eolovye formy rel'efa v doline r. Amur* (Aeolian forms in the Amur river floodplain). *Geomorfologiya* (Geomorphology RAS). 2017. No. 2. P. 52–62. (in Russ.)
<https://doi.org/10.15356/0435-4281-2017-2-52-62>
- Galanin A.A. *Eolovyi rel'ef Tsentral'noi Yakutii* (Aeolian relief of Central Yakutia). *VIII Shchukinskie chteniya: rel'ef i prirodopol'zovanie. Materialy Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. MGU im. M.V. Lomonosova, geograficheskii fakul'tet, kafedra geomorfologii i paleogeografii. M. 28 sentyabrya–1 oktyabrya 2020 [Elektronnoe izdanie]*. M.: Geograficheskii fakul'tet MGU (Publ), 2020. P. 159–163. (in Russ.)
- Geologicheskaya karta SSSR 1: 200000. Seriya Ishimskaya. List N-43-II. Ob'yasnitel'naya zapiska*.

- (Geological map of the USSR 1:200 000. Series of Ishim. Page N-43-II. Explanatory note). M.: Ministerstvo geologii SSSR (Publ.), 1975. 95 p.
17. GOST RISO 14688-1-2017 Geotekhnicheskie issledovaniya i ispytaniya. Identifikatsiya i klassifikatsiya grunтов. CHast' 1. Identifikatsiya i opisaniye (ISO 14688-1-2017 Geotechnical investigation and testing. Identification and classification of soil. Part 1: Identification and description). M.: Standartinform (Publ.), 2017. 16 p.
 18. Osintseva N.V. Grivnyi rel'ef yuga Zapadno-Sibirskoi ravniny: morfologiya i vozrast (na primere Chernoozerskoi grivy, Sargatskoe Priirtysh'e) (Morphology and aggression of the grided relief of the southern part of the West Siberian plain (SargatPriirtyshie)). *Geosfernye issledovaniya (Geosphere Research)*. 2017. No. 3. P. 26–32. (in Russ.)
<https://doi.org/10.17223/25421379/4/4>
 19. Kazmin S.P. and Volkov I.A. *Klimaticheskie usloviya formirovaniya pokrovnykh subaeral'nykh obrazovaniy Zapadnoi Sibiri* (Climatic conditions of formation of cover subaerial formations of Western Siberia). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya*. 2010. No. 2. P. 75–82. (in Russ.)
 20. Ruhin L.B. *Osnovy litologii. Uchenie ob osadochnykh porodakh* (Basics of lithology. The study of sedimentary rocks). L.: Nedra (Publ.), 1969. 703 p.
 21. Shantzer E.V. *Ocherki ucheniya o geneticheskikh tipakh kontinental'nykh osadochnykh obrazovaniy* (Principles of the studies of genetic types of continental sedimentary formations). M.: Nauka (Publ.), 1966. 239 p.
 22. Trask P.D. *Origin and environment of source sediments of petroleum*. Houston, Gulf Pab. Co., 1932. 323 p.
 23. Yapaskurt O.V. *Litologiya* (Lithology). M.: INFRA-M (Publ.), 2016. 359 p.