

УДК 551.332(470.1/2)

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСНОВНЫХ МОРЕН НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ

© 2023 г. Л. Н. Андреичева*

*Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, 167982 Россия*

**e-mail: andreicheva@geo.komisc.ru*

Поступила в редакцию 20.03.2023 г.

После доработки 08.06.2023 г.

Принята к публикации 29.06.2023 г.

Проведено обобщение результатов гранулометрических анализов основных морен неоплейстоцена из разрезов береговых обнажений и скважин на обширной территории Европейской Субарктики России и в более южных районах Тимано-Печоро-Вычегодского региона. Оно показало, что морены представляют собой типичные смешанные, практически несортированные породы с близкими содержаниями гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций, что является одним из аргументов в пользу их ледникового генезиса. Гранулометрический состав основных морен обусловлен особенностями пород ледникового ложа и формируется в процессе дробления, истирания и смешивания ассимилированного и переносимого ледником материала при транспортировке и отложении, что определяет его изменчивость. В итоге гранулометрический состав морен в комплексе с другими литологическими данными отражает пройденный путь ледника и динамику его движения.

Ключевые слова: неоплейстоцен, основная морена, гранулометрический состав, коэффициент сортированности мелкозема, средний диаметр зерен, суммарная карбонатность.

DOI: 10.31857/S0024497X23700258, **EDN:** TOMMIC

Одна из наиболее важных характеристик основных морен — их гранулометрический состав. Формирование его происходит в процессе экзарационно-аккумулятивной деятельности покровного ледника, и определяющим фактором при этом является смешивание местного и дальнеприносного материала в процессе ледниковой транспортировки. В итоге, мелкозем морены по гранулометрическому составу образует усредненную пробу пород на всем пути движения ледника. Однако, наиболее значительно на образование структурных особенностей основных морен, особенно нижних горизонтов, влияет гранулометрический состав местных подстилающих отложений, что отчетливо и закономерно проявляется в территориальной изменчивости их гранулометрического состава. В региональном плане в направлении с севера на юг средний диаметр зерен возрастает, что обусловлено составом пород субстрата.

Обобщение результатов гранулометрических исследований более 7000 образцов основных морен неоплейстоцена на обширной территории Европейского Северо-Востока России (рис. 1) показало, что морены представлены валунными

суглинками, реже супесями и глинами с очень низкой степенью сортированности мелкозема. По гранулометрическому составу морены региона характеризуются существенным сходством с основными моренами центральных районов Русской равнины [Андреичева и др., 2017] и Западной Сибири [Шумилова, Бузулуцков, 1971].

На территории Большеземельской тундры подстилающие дочетвертичные отложения представлены преимущественно морскими глинистыми породами нижнего мела: глинистыми алевритами серой и зеленовато-серой окраски и темными (до черных) глинами, отложениями верхней юры: алевритами, глинистыми песчаниками с подчиненными прослоями известково-кремнистых опоковидных глин и горючих сланцев, а также четвертичными межледниковыми (озерными, аллювиальными и морскими) осадками.

На широтном отрезке нижней Печоры четвертичные отложения перекрывают мелко-среднезернистые нижнемеловые баррем-аптские желтые пески, переходящие в светлые зеленовато-серые (ржаво-бурые с поверхности) известковистые песчаники, иногда образующие крупные (до 1.5 м в



Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов на крайнем северо-востоке Русской равнины. 1 – обнажения, 2 – скважины.

поперечнике) конкреционные тела караваяобразной формы.

В бассейне средней Печоры (южнее г. Печора) неоплейстоценовые осадки подстилаются преимущественно отложениями перми и триаса – песчаниками, часто крупно- и грубозернистыми с прослоями и линзами конгломератов и гравели-

тов при резко подчиненном значении глинисто-алевритовых пород.

В долине р. Адзья четвертичные осадки залегают на дочетвертичных разновозрастных породах гряды Чернышева, в различной степени литифицированных и сложенных всеми известными гранулометрическими разностями. В долинах рек

Большая Роговая и Сейда отложения неоплейстоцена подстилаются верхнепермскими песчаниками, алевролитами и аргиллитами, глинистыми и углисто-глинисто-кремнистыми сланцами. В бассейне р. Вычегда дочетвертичные породы представлены песчаниками перми и триаса.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для получения структурной характеристики отложений (размеров слагающих частиц и степени их сортированности) был изучен гранулометрический состав отложений основных морен. Гранулометрический анализ выполнялся по методике Н.А. Качинского [1958] с применением ситового метода для разделения на фракции материала гравийно-песчаной размерности ($>0.1-0.1$ мм) и пипеточного — для алевро-пелитовой составляющей морены (<0.1 мм). Карбонаты удалялись во время предварительной обработки образцов растворением в 10%-ной соляной кислоте (HCl). Оставшийся после обработки материал разделялся на 10 фракций. Полученные результаты интерпретировались с помощью гистограмм, кумулятивных кривых, треугольных и парных диаграмм, для всех образцов вычислялись средние диаметры зерен (d_{cp}) и коэффициенты сортировки (S_c). Степень сортированности отложений выражалась через нормированную энтропию, зависящую от веса фракций и не зависящую от их размера. Согласно В.И. Белкину и И.В. Рязанову [1972], предпочтительнее использовать именно нормированную энтропию. Коэффициент сортировки изменяется от нуля до единицы и растет в направлении увеличения сортированности: при наилучшей сортировке $S_c = 0$, для однофракционных отложений $S_c = 1$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос о количестве оледенений в четвертичном периоде остается дискуссионным. В течение длительного времени считалось, что в квартере было не менее четырех крупных покровных оледенений, оставивших следы в отложениях и в рельефе северного полушария, иногда достаточно условно число оледенений доводили до пяти. Позже, в работах Н.И. Кригера [1967] и литовских исследователей появились факты для выделения в нижнем плейстоцене трех самостоятельных оледенений. В соответствии с нашими материалами [Андреичева, 2002; Андреичева и др., 2015], в сводном разрезе неоплейстоцена на Европейском Северо-Востоке России выделяются шесть горизонтов морен и разделяющие их межморенные отложения различного генезиса. На крайнем севере региона рельефообразующей является полярная (верхневалдайская, осташковская) морена.

Полярное оледенение не перекрывало центральные и южные районы региона. По-видимому, полярный ледник небольшими языками заходил в долину р. Шапкина в ее верхнем и среднем течениях, а также перекрывал верхнее течение р. Колва. Долина р. Лая оставалась за пределами его распространения. В долине р. Адзья граница полярного оледенения проходила севернее устья ручья Пымва-Шор.

Стратиграфически ниже залегают два средне-неоплейстоценовых горизонта морен: вычегодский (московский) и печорский (днепровский), плащеобразно покрывающие всю территорию Тимано-Печоро-Вычегодского региона. Почти повсеместно они выступают в береговых обнажениях и вскрываются скважинами в отличие от нижне-неоплейстоценового помусовского (окского) горизонта, выходящего на дневную поверхность лишь изредка. Наиболее древние в регионе морены — предположительно камская (покровская) и березовская (донская, дзукийская) отчетливо выражены лишь в стратотипических разрезах Печоро-Камского междуречья. Поэтому провести четкое расчленение нижне-неоплейстоценовых отложений в регионе не представляется возможным, и характеристика гранулометрического состава морен начинается с помусовского ледникового горизонта.

Помусовская (окская) основная морена (Q_{Ipm}^6)

Помусовская морена в регионе (см. рис. 1) вскрыта рядом скважин на побережье Хайпудырской губы (скв. 702), на Пай-Хое (скв. КС-18), на побережье Печорской губы (скв. 502 и 1-Я), в бассейне р. Шапкина (скв. 8-У), на правом берегу р. Лая (скв. 3-У), на р. Колва (скв. 71 и 611), на нижней Печоре в скважинах близ д. Гаревое Г-101, 24, 35 и 43, в скв. К-105 около с. Кипиево, на средней Печоре (скв. 301-Кушшор), на междуречье Пинеги и Илеша (скв. 21) и др. Максимальные мощности помусовской морены установлены на севере региона: в скважинах Хайпудырской губы — 100 м, Колвы — до 90 м, нижней Печоры — до 55 м. В основании береговых разрезов этот горизонт выступает лишь изредка: на реках Унья и Елма в верховье р. Печора и в единственном береговом обрыве нижней Печоры — в обн. 250-Опытное поле около станции Журавского. Видимая мощность морены в береговых обнажениях не превышает 10–12 м. В южной части Тимано-Печоро-Вычегодского региона помусовский горизонт мощностью 19 м вскрыт скв. 32 в погребенной долине р. Кочмас, где мощность его достигает 45 м. Ранне-неоплейстоценовый возраст морены определяется залеганием ее между вишерскими (Q_{IV}^5) и чирвинскими (Q_{I1}^1) отложениями, время формирования которых в ряде скважин установлено

Таблица 1. Средний гранулометрический состав помусовской морены на Европейском Северо-Востоке России

Местонахождение скважин	Карбонатность, %	Среднее содержание фракций, %, размер, мм			d_{cp} , мм	S_c
		>0.1	0.1–0.01	<0.01		
Скв. КС-18, Силоваяха	4.48	33.5	35.2	31.3	0.029	0.07
Скв. Г-24, нижняя Печора	3.75	31.7	31.6	36.8	0.031	0.11
Скв. Г-35, нижняя Печора	3.44	26.5	32.3	41.2	0.015	0.14
Скв. Г-43, нижняя Печора	4.01	29.3	33.6	37.1	0.017	0.14
Скв. Г-101, нижняя Печора	2.38	25.7	53.2	21.1	0.036	0.16
Скв. К-105, Кипиево	5.60	25.5	28.1	46.4	0.012	0.15
Скв.3-У, Лая	2.81	24.8	37.2	38	0.020	0.17
Скв. 8-У, Шапкина	7.80	23.8	39.6	36.6	0.020	0.17
Скв. 71, Колва	3.27	28.7	45.2	26.1	0.031	0.16
Скв. 611, Колва	5.91	36.5	35	28.5	0.028	0.12
Скв. 301, средняя Печора	2.80	33.3	34.2	32.5	0.025	0.15
Скв. 21, Илеша	8.92	24.8	33	42.2	0.017	0.09

результатами палинологического анализа. Кроме того, выявлены вполне определенные литологические особенности морены [Андреичева и др., 2015], что указывает на ее принадлежность к помусовскому горизонту.

Морена представлена слабо сортированными, иногда практически несортированными темно-серыми, часто с сизым оттенком, валунными суглинками, либо супесями с включениями мелких, преимущественно неокатанных обломков пород. Результаты гранулометрического состава помусовской морены приведены в табл. 1. Процентные соотношения гранулометрических фракций мелкозема (гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой) определяется следующими средними показателями: в скважинах Пай-Хоя – 33.3 : 35.4 : 31.3 ($d_{cp} = 0.029$ мм, $S_c = 0.07$); в скважинах Гаревое – 27.8 : 37.6 : 34.6 ($d_{cp} = 0.025$ мм, $S_c = 0.14$); в скв. К-105 – 25.8 : 28.2 : 46 ($d_{cp} = 0.012$ мм, $S_c = 0.15$); в долинах рек Лая и Шапкина – 24.3 : 38.9 : 36.8 ($d_{cp} = 0.020$ мм, $S_c = 0.17$); в скважинах Колвы – 33 : 39.8 : 27.2 ($d_{cp} = 0.030$ мм, $S_c = 0.14$); на средней Печоре – 33.3 : 34.2 : 32.5 ($d_{cp} = 0.025$ мм, $S_c = 0.15$) и в скв. 21 на междуречье Пинеги и Илеша – 24.8 : 33 : 42.2 ($d_{cp} = 0.017$ мм, $S_c = 0.09$).

Печорская (днепровская) основная морена (Q_{II}^{2p})

Печорская морена наиболее детально изучена в разрезах рек Печора, Лая, Ижма, Сейда и Вычегда, где она выступает в цоколях береговых обнажений. На крайнем севере региона в бассейнах рек Черная, Шапкина, Адзья выходы печорского горизонта лишь изредка фиксируются в береговых обнажениях, обычно он залегает ниже урез рек. Видимая мощность печорской морены в

регионе не превышает 5–10 м. К югу она увеличивается и на широтном отрезке р. Печора составляет 10–20 м, в отдельных случаях достигает 40 м. Кроме того, эта морена вскрыта также многочисленными скважинами в долинах рек Печора, Шапкина, Лая и Колва. В скважинах мощность ее изменяется от 10 до 75 м, а подошва находится на абс. отметках +15...–60 м.

Нижние контакты печорской морены экзарационные, часто осложнены гляциодинамическими текстурами захвата пород субстрата в толщу морены и внедрением ее в породы ледникового ложа. Гранулометрический состав основных морен, как уже отмечалось, зависит от структурных особенностей пород центров оледенений областей транзита и местных подстилающих пород. Состав последних при этом является определяющим, что обусловлено закономерностями ледникового литогенеза [Судакова, 1990]. Для печорской морены Тимано-Печоро-Вычегодского региона характерны изменчивость среднего диаметра мелкозема ($d_{cp} = 0.008–0.070$ мм) и низкая степень сортированности его ($S_c = 0.10–0.21$), что обусловлено четкой унаследованностью гранулометрического состава морены от подстилающих пород, различных по структуре и степени карбонатности.

На крайнем севере региона – в нижнем течении р. Черная, где печорская морена вскрыта лишь в одном береговом обнажении (Ч-21), она сложена плохо сортированной ($S_c = 0.20$) глиной с тонким средним диаметром зерен (d_{cp}), равным 0.009 мм. В морене очень высоко содержание глинистой фракции – 55.1%, алевритовая и гравийно-песчаная фракции представлены в равных соотношениях: 22.4 и 22.5%. Количество материала,

растворимого в 10%-ной HCl, довольно существенно и составляет 6%.

К юго-западу от долины р. Черная – в долине р. Шапкина (скв. 8-У и обн. 6), печорская морена также представлена алевро-глинистыми отложениями ($d_{cp} = 0.013$ мм) с низким коэффициентом сортировки мелкозема ($S_c = 0.17$). Содержание карбонатного материала составляет 5.58%. В гранулометрическом составе морены доминирует глинистая фракция – 43.5%, чуть меньше содержание алевритовой фракции – 37.6%, суммарное количество гравия и песка невелико – 18.9% [Андреичева, 2007].

В центре Печорской низменности: в долинах рек Лая и Серчейю, на широтном отрезке р. Печора, на междуречье Колвы и Усы, печорская морена имеет широко распространение, вскрываясь в ряде береговых обнажений и скважин. Ее гранулометрический состав в пределах этого участка несколько изменяется. В бассейне р. Лая она представлена суглинком, на 38.5% сложенным глинистой фракцией, на 34.6% – алевритовой, количество гравийно-песчаной фракции ниже – 26.8%. Среднее значение коэффициента сортировки (S_c) невысоко и составляет 0.16, а $d_{cp} = 0.018$ мм.

На широтном отрезке нижней Печоры печорская морена с $d_{cp} = 0.025$ мм еще менее сортирована ($S_c = 0.14$), сложена суглинком валунным с близкими средними содержаниями гравийно-песчаной (30.3%), алевритовой (36.3%) и глинистой (33.4%) фракций, представляющими классическую поликомпонентную “оптимальную смесь”, что является одним из характерных признаков отложений ледникового ряда.

Северо-восточнее (в скважинах на реках Колва и Уса) печорская морена сложена алевритом глинистым с невысоким содержанием гравия и песка – 15.4%. Средние содержания алевритовой и пелитовой фракций близки и составляют соответственно 42.7% и 41.9%. Морена слабо сортирована – $S_c = 0.17$, $d_{cp} = 0.016$ мм. Суммарная карбонатность ее в центральной части Печорской низменности варьирует от 2.20 до 6.06%.

На юге Печорской низменности – в береговых обнажениях р. Ижма, гранулометрический состав печорской морены, представленной слабо сортированным суглинком ($S_c = 0.18$), также изменчив: d_{cp} от разреза к разрезу меняется в пределах 0.013–0.039 мм, составляя в среднем 0.019 мм. Средние содержания гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций соответственно равны 26.9, 35.1 и 38%. Выявленная изменчивость структуры морены зависит от состава подстилающих пород мезозоя широкого гранулометрического спектра: от глин и алевролитов до песчаников и конгломератов. Содержание материала, растворимого в 10%-ной HCl, значительно и составляет 7.44%.

Еще западнее – на междуречье Мезени и Вашки (Удорский район Республики Коми), морена сложена слабо сортированной валунной супесью ($S_c = 0.19$) грубого гранулометрического состава с d_{cp} , равным 0.070 мм, что связано с ассимиляцией материала песчаников и гравелитов перми и триаса, за счет которых здесь формировалась печорская морена. Гравийно-песчаная, алевритовая и глинистая фракции составляют 63.1, 23.5 и 13.4%. Суммарная карбонатность невысока – 4.30%.

На северо-востоке региона – в бассейне р. Адзьва, печорская морена выступает в основании береговых обнажений лишь на нижнем 80-километровом отрезке реки. Гранулометрический состав ее отличается довольно высокой глинистостью: содержание фракции менее 0.01 мм составляет 43.7%, алевритовой – 32.8%, гравийно-песчаной – 23.5%. Средний диаметр мелкозема равен 0.014 мм, коэффициент сортировки $S_c = 0.16$. Содержание карбонатного материала низкое и составляет в среднем 2.85%. Повышенная глинистость морены связана с ассимиляцией печорским ледником верхнеюрских (келловейских) глин, подстилающих четвертичные отложения в нижнем течении р. Адзьва. На это указывает и унаследованная от келловейских глин чрезвычайно темная, почти черная окраска печорской морены в изученных разрезах. Активная эрозионная деятельность печорского ледника, кроме того, подтверждается и наличием многочисленных отторженцев песчано-глинистых мезозойских пород в основаниях береговых обнажений в низовье реки. С другой стороны, высокое содержание глинистой составляющей в морене, возможно, связано и с влиянием на ее формирование пород близкого транзита – песчано-глинистых образований мезозоя, широко развитых на территории Большеземельской тундры.

Восточнее – на р. Сейда, печорская морена сложена очень плотной, несортированной ($S_c = 0.10$) супесью с d_{cp} , равным 0.038 мм, наиболее грубой в регионе по гранулометрическому составу [Андреичева, Дурагина, 1999]. В пределах горизонта соотношение гранулометрических фракций практически не меняется: песчаная фракция составляет 22.8%, алевритовая – 38.4%, на глинистую фракцию приходится 27.3%. При этом высоко содержание обломков гравийно-мелкогалечной размерности – 11.5%. Повышенная плотность морены связана, скорее всего, с аномально высокой суммарной карбонатностью, составляющей в среднем 12.68%, а в отдельных образцах достигающей 17.50%. Отложения неоплейстоцена в бассейне р. Сейда подстилаются грубозернистыми известковистыми песчаниками и гравелитами нижней перми, что, видимо, определяет здесь гранулометрический состав печорской морены и

высокое содержание в ней материала, растворимого в 10%-ной HCl.

В береговых обнажениях средней Печоры (на ее меридиональном отрезке) печорская морена, как и на Сейде, имеет грубозернистый гранулометрический состав и представлена слабо сортированными ($S_c = 0.14$) валунными супесями с d_{cp} , равным 0.036 мм, что указывает на четко выраженную связь морены с породами субстрата. В нижнем течении средней Печоры неоплейстоценовые отложения подстилаются песчаниками и алевритами средней юры, тогда как южнее — более крупнозернистыми пермо-триасовыми терригенными образованиями. В южном направлении закономерно возрастает значение d_{cp} мелкозема морены: в обнажениях 214 и 211 в нижнем течении средней Печоры у сел Акись и Родионово он равен 0.030 мм, в районе г. Печора и несколько южнее (в обнажениях у сел Усть-Шугор, Усть-Воя) — 0.040 мм, а в верхнем течении средней Печоры в обнажениях 231, 235, 236 у сел Дутово, Пашня и Покча увеличивается до 0.046 мм. Суммарная карбонатность невысока и составляет в среднем 2.84%.

На крайнем юге региона — в бассейне р. Вычегда, печорская морена характеризуется грубым гранулометрическим составом, перекрывая пески и песчаники триаса и юры. Представлена она валунной супесью с низкой степенью сортировки материала ($S_c = 0.14$). Средний диаметр зерен d_{cp} , равный 0.029 мм, обусловлен довольно высоким средним содержанием гравия и песка в составе мелкозема — 37%, алевритовая и глинистая фракции соответственно составляют 30.9% и 32.1%. А на междуречье Пинеги и Илеси в скв. 21 [Андреичева, Коноваленко, 1989] печорская морена сложена практически несортированными суглинками ($S_c = 0.08$, $d_{cp} = 0.019$ мм). Содержание карбонатного материала в разрезах р. Вычегда повышено и составляет 6.53%, а в скв. 21 еще выше — 7.65%.

Тесная связь гранулометрического состава основных морен с подстилающими породами очень четко наблюдается в большинстве разрезов региона. В качестве примера можно рассмотреть изменчивость структуры морены в обн. 424 на Адзье, где вычегодская морена мощностью 6 м залегает на нижнепермских (кунгурских) полимиктовых песчаниках. Здесь вверх по разрезу уменьшается содержание песчаной фракции с 31 до 20.1%, а глинистая составляющая в этом же направлении возрастает с 33.6 до 44%. Соответственно средний диаметр зерен (d_{cp}) уменьшается от 0.022 мм в нижней части моренной толщи до 0.014 мм в верхней.

Гранулометрические показатели основных морен печорского и вычегодского горизонтов всей территории Северо-Востока Европейской России — средние диаметры (d_{cp}) и коэффициенты сортиров-

ки мелкозема (S_c), приведены в табл. 2, где отчетливо видно, что в южном направлении гранулометрический состав основных морен становится крупнее.

Вычегодская (московская) основная морена (Q_{II}^4 вч)

Вычегодская морена в большинстве разрезов залегает на родионовских межледниковых отложениях, часто с экзарационным контактом. Иногда она перекрывает непосредственно печорскую, в этих случаях расчленение моренных горизонтов и их возрастная принадлежность устанавливаются с учетом критериев расчленения и корреляции неоплейстоценовых морен, выявленных на основе изучения их комплексом литологических методов [Андреичева и др., 2015]. Вычегодская морена чрезвычайно широко развита в регионе, обычно она выступает в средних и верхних частях разрезов береговых обнажений и вскрыта многочисленными скважинами, что обусловило высокую степень ее литологической изученности.

В долине р. Черная морена представлена преимущественно суглинками с довольно близкими средними содержаниями глинистой и алевритовой фракций — 38.2 и 44.2% при подчиненном значении гравийно-песчаной — 17.6%. Отложения слабо сортированы — $S_c = 0.19$, средний диаметр меняется в широких пределах — от 0.010 до 0.032 мм, составляя в среднем 0.018 мм. Содержание карбонатного материала повышено до 6.47%, варьируя в разных разрезах от 5 до 8.50%.

В бассейне р. Лая вычегодская морена сложена преимущественно суглинками с низкой степенью сортировки мелкозема ($S_c = 0.16$) и средним диаметром зерен $d_{cp} = 0.016$ мм. Гравийно-песчаная фракция составляет 26.1%, алевритовая — 33.8%, количество пелитовой фракции повышена до 40.1%. Средняя суммарная карбонатность морены низкая — 2.88%.

В долине р. Шапкина эта морена характеризуется слабой степенью сортировки материала ($S_c = 0.19$) и невыдержанным на площади гранулометрическим составом с d_{cp} , составляющим в среднем 0.019 мм, при вариациях значений от 0.011 до 0.031 мм. Но в большинстве изученных разрезов морена представляет собой тяжелый суглинок с высоким содержанием глины, часто она сложена глинами. Средние содержания гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций соответственно равны 19.8, 41.2 и 39%. Содержание карбонатного материала изменяется от 4.30 до 9.60%, в среднем составляя 6.04%.

На нижней Печоре вычегодская морена, сложена суглинками, глинами и супесями, вскрыта многочисленными скважинами и выступает в береговых обнажениях. Для нее также характерна изменчивость гранулометрического состава на

Таблица 2. Гранулометрические показатели средних размеров зерен (d_{cp}) и коэффициентов сортировки (S_c) неоплейстоценовых морен

Местонахождение изученных разрезов	Количество разрезов	Индекс горизонта	d_{cp} , мм	S_c
Побережье Баренцева моря	2	$Q_{III}^4 P$	0.010	0.22
р. Черная	1	$Q_{II}^2 PC$	0.009	0.20
	13	$Q_{II}^4 VC$	0.019	0.20
	6	$Q_{III}^4 P$	0.020	0.21
р. Куя	5	$Q_{III}^4 P$	0.036	0.19
Бассейн р. Лая	3	$Q_{I}^6 PM$	0.027	0.14
	8	$Q_{II}^2 PC$	0.019	0.16
	6	$Q_{II}^4 VC$	0.014	0.16
нижняя Печора	5	$Q_{I}^6 PM$	0.022	0.14
	10	$Q_{II}^2 PC$	0.024	0.15
	12	$Q_{II}^4 VC$	0.017	0.17
	10	$Q_{III}^4 P$	0.019	0.22
р. Шапкина	1	$Q_{I}^6 PM$	0.012	0.18
	1	$Q_{II}^2 PC$	0.012	0.18
	18	$Q_{II}^4 VC$	0.020	0.20
	9	$Q_{III}^4 P$	0.019	0.19
р. Колва	2	$Q_{I}^6 PM$	0.031	0.16
	3	$Q_{II}^2 PC$	0.008	0.21
	3	$Q_{II}^4 VC$	0.014	0.15
р. Ижма	5	$Q_{II}^2 PC$	0.019	0.18
	3	$Q_{II}^4 VC$	0.032	0.21
Междуречье Мезени и Вашки	2	$Q_{II}^2 PC$	0.070	0.19
	3	$Q_{II}^4 VC$	0.035	0.16
р. Адзъва	2	$Q_{II}^2 PC$	0.014	0.16
	5	$Q_{II}^4 VC$	0.021	0.11
	4	$Q_{III}^4 P$	0.015	0.12
р. Большая Роговая	12	$Q_{II}^4 VC$	0.023	0.16
	2	$Q_{III}^4 P$	0.019	0.16
р. Сейда	1	$Q_{II}^2 PC$	0.038	0.10
	1	$Q_{II}^4 VC$	0.021	0.10
средняя Печора	1	$Q_{I}^6 PM$	0.025	0.15
	11	$Q_{II}^2 PC$	0.036	0.14
	5	$Q_{II}^4 VC$	0.030	0.15
р. Вычегда	1	$Q_{I}^6 PM$	0.017	0.09
	5	$Q_{II}^2 PC$	0.031	0.13
	6	$Q_{II}^4 VC$	0.027	0.11
Междуречье Пинеги и Илешы (скв. 21)	1	$Q_{II}^2 PC$	0.019	0.08
	1	$Q_{II}^4 VC$	0.018	0.09

площади и в разрезе. В составе морены гравийно-песчаная, алевритовая и пелитовая фракции составляют 25.6, 37.8 и 36.5%. Средний диаметр частиц меняется в широких пределах — 0.011–0.032 мм (d_{cp} для горизонта — 0.019 мм), степень сортировки мелкозема низкая — $S_c = 0.17$, суммарная карбонатность тоже невысока — 3.47%.

В гранулометрическом составе вычегодской морены, вскрытой скважинами на междуречье Колвы и Усы, доминирует алевритовая фракция — 43.4%, содержание глинистой фракции составляет 38.1%, в подчиненном количестве содержится гравийно-песчаная фракция — 18.5%. Средний диаметр частиц равен 0.015 мм, среднее значение коэффициента сортировки — 0.19, количество карбонатного материала составляет 5.99%.

В береговых обнажениях р. Ижма морена представлена слабо сортированной супесью с $S_c = 0.18$ и $d_{cp} = 0.029$ мм. Содержания гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций близки — 34.2, 35.4 и 30.4%. Суммарная карбонатность в среднем составляет 4.15%.

На междуречье Мезени и Вашки вычегодская морена, как и печорская, сложена валунной супесью, в составе которой содержание гравийно-песчаной фракции повышено до 42%, алевритовая и пелитовая составляют 28.8 и 29.2%. Отложения сортированы в еще меньшей степени ($S_c = 0.14$), чем печорская морена, и по сравнению с ней имеют в два раза более тонкий средний диаметр зерен $d_{cp} = 0.035$ мм, который уменьшается с севера на юг. Так, более грубая по составу морена вскрывается в обнажениях на р. Уип, что, по-видимому, связано с гранулометрическим составом подстилающих пермских и триасовых пород. Содержание карбонатного материала составляет 4.80%.

На северо-востоке региона — в долине р. Адзъва, вычегодская морена сложена крайне несортированным ($S_c = 0.11$) валунным суглинком — “оптимальной смесью” гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций, соответственно составляющих 30.6, 33.5 и 35.9%. Средний диаметр равен 0.021 мм, карбонатность морены понижена до 2.32%.

В береговых разрезах р. Большая Роговая для вычегодской морены характерен изменчивый гранулометрический состав, представлена она плохо сортированными отложениями ($S_c = 0.16$) широкого диапазона — от тяжелых суглинков до супесей [Андреичева, 2009]. Средний диаметр зерен изменяется от 0.012 до 0.042 мм (среднее значение 0.023 мм). Суммарная карбонатность тоже существенно варьирует от 5.10 до 11%, среднее содержание ее повышено и составляет 7.90%. Алеврита и глины в составе морены содержится 44.2 и 34.4%, количество гравийно-песчаной фракции составляет 21.4%.

В долине р. Сейда карбонатного материала в вычегодской морене содержится меньше, чем в печорской: 6.91% против 12.68%, чем, вероятно, обусловлена ее меньшая плотность. Сложена она суглинками с очень низкой степенью сортировки материала ($S_c = 0.10$) и средним диаметром, равным 0.021 мм, то есть по сравнению с печорской мореной вычегодская имеет более тонкий гранулометрический состав. Гравийно-песчаная фракция составляет в среднем 23.2%, алевритовая — 40% и глинистая — 36.8%.

В разрезах средней Печоры гранулометрический состав слабо сортированной ($S_c = 0.15$) вычегодской морены также меняется от разреза к разрезу, средний диаметр мелкозема колеблется довольно существенно: от 0.015 до 0.044 мм, среднее его значение составляет 0.025 мм. Содержания гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций в морене составляют соответственно 33.3, 33.2 и 33.6%. Суммарная карбонатность ее незначительна и колеблется от 1.40 до 3.40% (среднее значение 2.58%).

В бассейне р. Вычегда морена вычегодского возраста тоже определяется близкими соотношениями гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций, равными 30.6, 32.4 и 37.1%, при очень низкой степени сортировки мелкозема ($S_c = 0.12$). Средний диаметр зерен равен 0.024 мм. Содержание карбонатного материала существенно и составляет 8.90%, а в отдельных образцах значение достигает 11.69 и 14.50%. Аномально высокая суммарная карбонатность морены, формирование которой здесь связано с Фенноскандинавской питающей ледниковой провинцией, вероятно, обусловлена асимметрия вычегодским ледником известняков карбона и перми на пути его следования через долину Северной Двины, где эти породы слагают ледниковое ложе в среднем и нижнем течении реки [Немцова, 1978] и Карбоновое плато на северо-западе Русской равнины.

Как отмечалось выше, гранулометрический состав морен грубеет в направлении с севера на юг, соответственно возрастает средний диаметр зерен, что находится в прямой зависимости от структурных особенностей местных подстилающих пород. Увеличение глинистости морен вверх по стратиграфическому разрезу, наблюдаемое практически повсеместно, может свидетельствовать о формировании более молодых моренных горизонтов преимущественно за счет залегающих стратиграфически ниже неоплейстоценовых межморенных отложений.

Тенденция укрупнения гранулометрического состава основных морен в южном направлении (см. табл. 2) иллюстрируется серией схематических карт, отражающих изменения содержаний гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой

фракций в моренных горизонтах (рис. 2–4). Для построения карт использованы усредненные данные гранулометрического анализа печорской и вычегодской морен. К сожалению, построение аналогичных карт для основных морен помусовского и полярного возраста в настоящее время технически невозможно из-за незначительного числа гранулометрических анализов этих морен, что обусловлено редкой их встречаемостью по сравнению со среднеплейстоценовыми моренами, и весьма ограниченным количеством каменного материала для проведения гранулометрических исследований.

Полярная (осташковская) основная морена (Q_{II}^4)

На крайнем севере Тимано-Печоро-Вычегодского региона полярная морена изучена в береговых обнажениях рек Черная, Куя и Шапкина, в нижнем течении Печоры в обнажениях Хонгурей, Мархида и Вастьянский Конь, а также на северо-востоке региона в долинах рек Адзьва и Большая Роговая (табл. 3).

В долине р. Черная эта морена развита практически повсеместно. Мощность ее меняется от 4 до 15 м и представлена она темно-серым с бурым оттенком, иногда сизовато-серым неслоистым суглинком, ожелезненным по трещинам, с гравием, галькой, валунами, с обломками раковин моллюсков. Суммарная карбонатность составляет 5.91%. Содержание гравийно-песчаной фракции в среднем невелико – 17.6%, доминирует алевритовая фракция – 44.2%, чуть меньше количество глинистой – 38.2% при $S_c = 0.18$ и $d_{cp} = 0.018$ мм.

В изученных разрезах р. Куя полярная морена, залегающая на морских сулинских (микулинских) песках с $d_{cp} = 0.179$ мм, а в отдельных образцах достигающим значения 0.343 мм, имеет более грубый гранулометрический состав и сложена валунной супесью со средним диаметром зерен, равным 0.033 мм, и содержаниями гравийно-песчаной, алевритовой и глинистой фракций 33.6, 38.9 и 27.5% соответственно. Карбонатного материала, почти как на р. Черная, содержится 5.74%.

Поздневалдайский покровный ледник перекрывал долину Шапкиной двумя языками: одним языком верхнее течение реки (устье р. Вэсию и окрестности), вторым – нижнее. По этой причине полярная морена здесь развита ограниченно. Мощность морены не превышает 5–10 м, представлена она суглинками, состоящими на 36.2% из пелитовой фракции, на 43.5% – из алевритовой, подчиненное значение имеет количество гравийно-песчаного материала – 20.4%. Средний диаметр мелкозема d_{cp} равен 0.019 мм, коэффициент сортировки $S_c = 0.19$, суммарная карбонатность повышена до 7.31%.

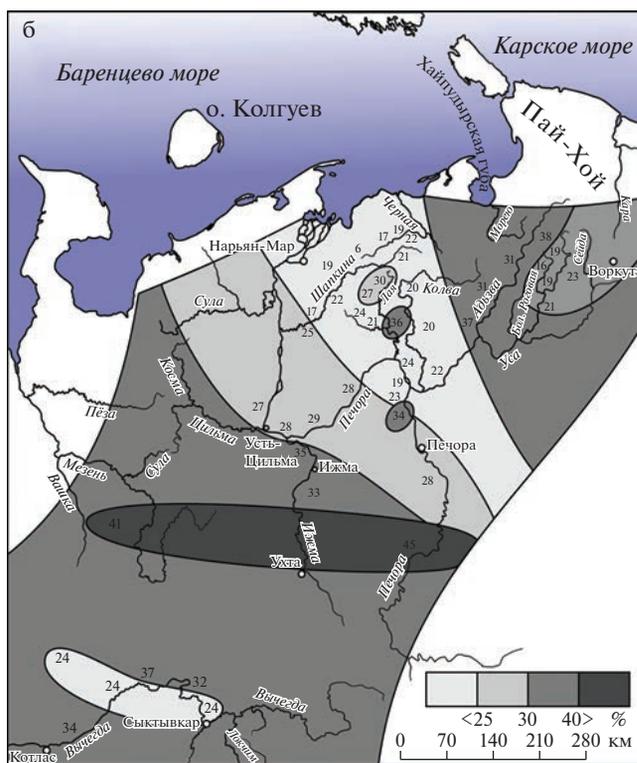
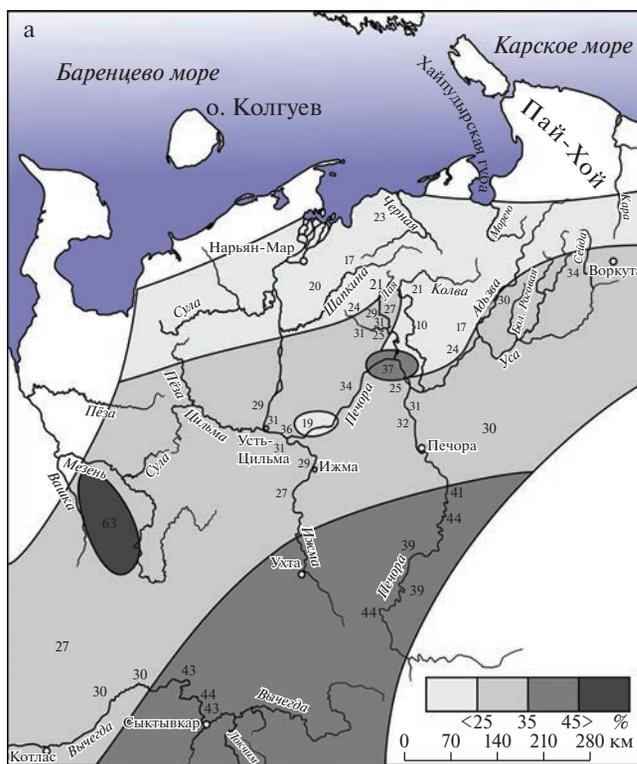


Рис. 2. Схематическая карта содержания гравия и песка в печорской (а) и вычегодской (б) моренах.

В береговых обнажениях низовья Печоры гранулометрический состав полярной морены отличается непостоянством как в разрезе, так и

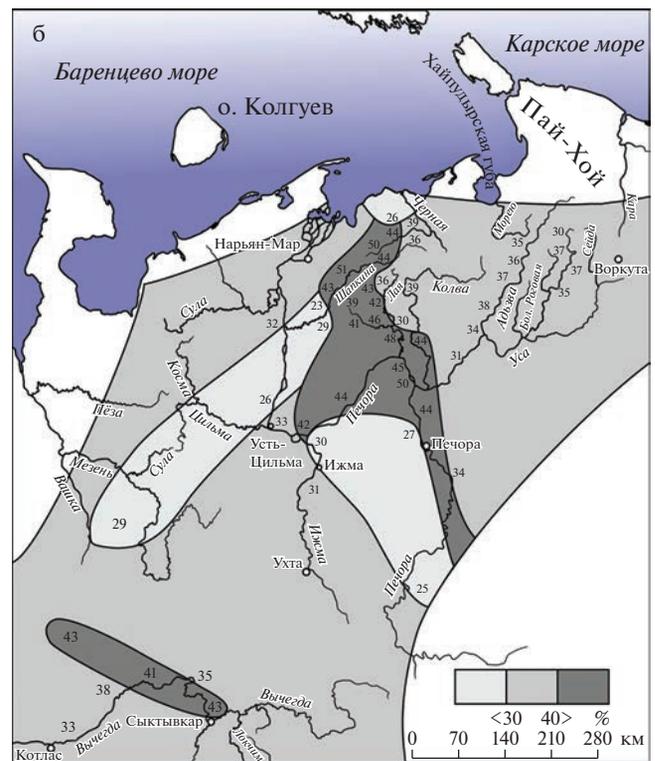
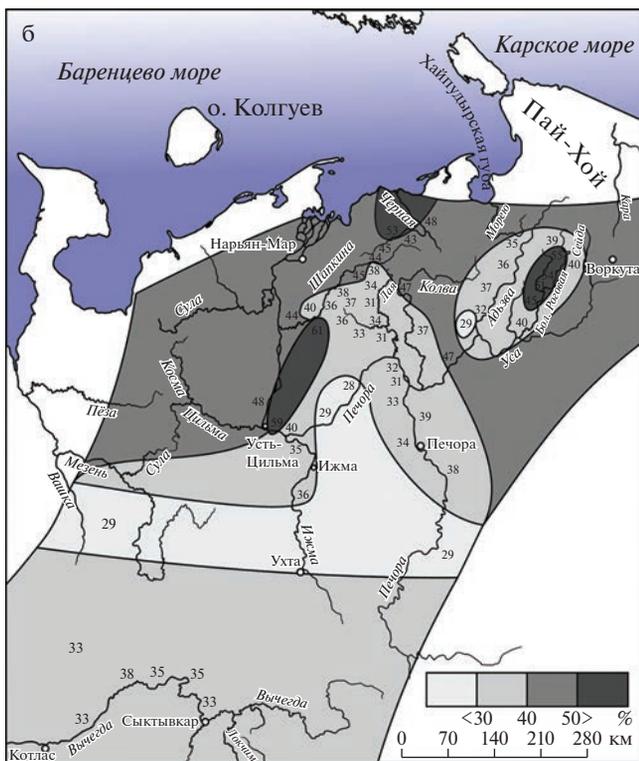
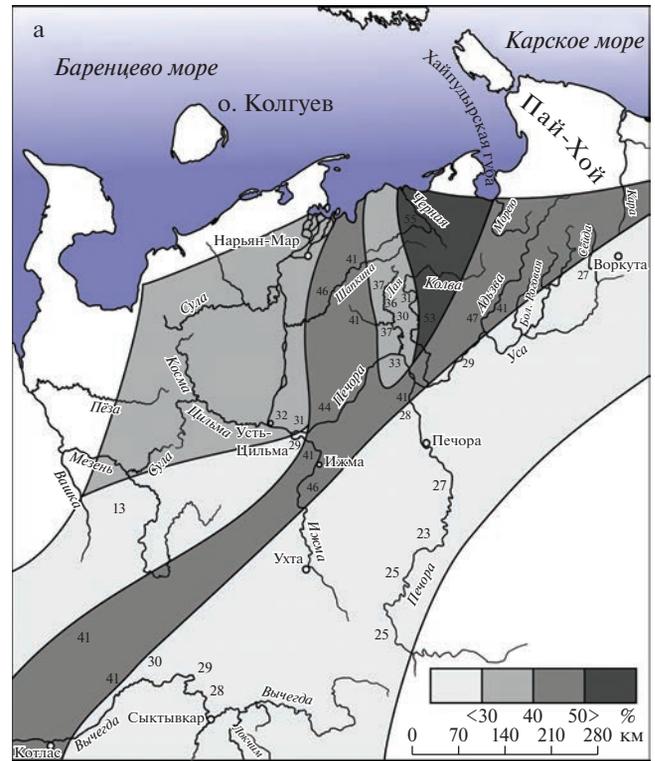
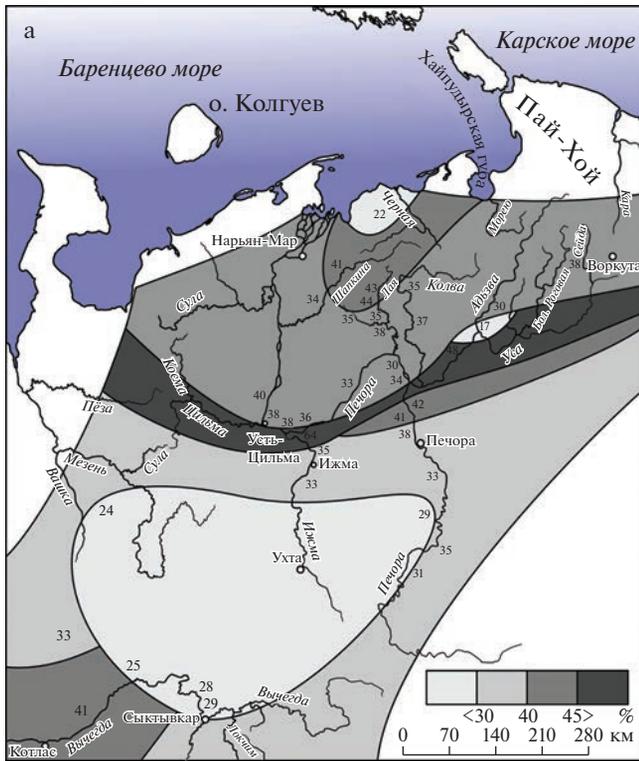


Рис. 3. Схематическая карта содержаний алевроита в печорской (а) и вычегодской (б) моренах.

Рис. 4. Схематическая карта содержаний глины в печорской (а) и вычегодской (б) моренах.

на площади – в разных расчистках в пределах обнажений, надо сказать, весьма протяженных (1–2.8 км). Морена представлена валунными су-

глинками, супесями и глинами с невысоким содержанием мелкогалечно-гравийного материала (0.2–2%), что также определяется составом под-

Таблица 3. Средний гранулометрический состав полярной морены на территории Субарктики России

Район (река)	Карбонатность, %	Содержание фракций, %, размер, мм			d_{cp} , мм	S_c
		>0.1	0.1–0.01	<0.01		
Черная	5.91	17.6	44.2	38.2	0.018	0.18
Куя	5.74	33.6	38.9	27.5	0.033	0.17
Шапкина, верховье	8.40	20.2	40.0	40	0.017	0.18
Шапкина, низовье	6.90	20.6	47.7	31.7	0.019	0.19
Хонгурей	6.54	24.3	41	34.7	0.020	0.19
Мархида	4.50	28.4	31.7	39.9	0.021	0.24
Вастьянский Конь	5.82	29.2	31.8	39	0.019	0.22
Адзъва	4.23	24.6	32	43.4	0.015	0.12
Большая Роговая	7.85	16.1	47.1	36.8	0.019	0.16

стилающих отложений квартера – аллювиальных, озерных, реже бореальных осадков сулинской (микулинской) бореальной трансгрессии. В обн. Хонгурей среднее содержание гравийно-песчаной фракции составляет 24.3%, алевритовой – 41%, глинистой – 34.7% при d_{cp} , равном 0.019 мм, и $S_c = 0.19$. Материала, растворимого в 10%-ной HCl, содержится 6.54%. В обнажениях Мархида и Вастьянский Конь гранулометрический состав морены чуть более опесчаненный: содержание гравийно-песчаной фракции составляет 28.8%, алевритовой – 31.7%, глинистой – 39.4%. Степень сортированности отложений низкая ($S_c = 0.15–0.29$), пределы колебаний d_{cp} – 0.009–0.030 мм. Суммарная карбонатность морены немного ниже, чем в обн. Хонгурей – 5.16%.

На северо-востоке региона – в долине р. Адзъва, гранулометрический состав полярной морены изменяется от разреза к разрезу. Так, содержание глинистой фракции колеблется от 37.2 до 48.6%, составляя в среднем 43.4%, количество гравийно-песчаной фракции изменяется в пределах 16.2–30.1% (среднее значение 24.6%), среднее содержание алевритовой фракции – 32%. Средний диаметр зерен варьирует от 0.011 до 0.021 мм ($d_{cp} = 0.015$ мм). Степень сортировки морены очень низкая ($S_c = 0.12$), карбонатного материала содержится немного – 4.23%.

Полярная морена в долине р. Большая Роговая представлена слабо сортированными суглинками ($S_c = 0.16$) с повышенным средним содержанием алевритовой фракции – 47.1%, что, возможно, определяет значение среднего диаметра зерен, равное 0.019 мм, пелитовая фракция составляет 36.8%, содержание гравийно-песчаной невысоко – 16.1%. Отчетливо проявляется унаследованность состава морены от подстилающих отложений.

Ее формирование происходило в значительной степени за счет сулинских морских осадков, представленных здесь отложениями литорально-сублиторальной и переходной зон. Сулинские морские осадки с повышенной до 17.90% суммарной карбонатностью подстилают морену, карбонатность которой также повышена до 7.85%. Особенно наглядно сходство морены с породами субстрата в нижних частях моренных горизонтов.

Таким образом, обзор результатов изучения гранулометрического состава полярной морены указывает на довольно тонкий ее состав в Тимано-Печоро-Вычегодском регионе. Повышенное содержание пелитовой фракции обусловлено, вероятно, тем, что полярный ледник ассимилировал на пути своего следования преимущественно глинистые морские и озерные отложения приледниковых бассейнов. Самый тонкий состав морена имеет на побережье Баренцева моря, что следует связывать с формированием ее за счет ленточнослоистых глинистых алевритов, которые она, как правило, перекрывает. Наиболее грубый гранулометрический состав характерен для полярной морены в разрезах р. Куя, что обусловлено залеганием ее на морских сулинских песках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщены результаты более 7000 гранулометрических анализов основных морен неоплейстоцена четырех горизонтов (Q_{Ipm}^6 , $Q_{IIpс}^2$, $Q_{IIIvс}^4$ и Q_{IIIp}^4) из береговых обнажений и скважин на крайнем северо-востоке Русской равнины.

Выявлено, что основные морены сложены практически не сортированными валунными

суглинками, реже супесями и глинами, для которых характерны почти равные соотношения глинистой, алевритовой и гравийно-песчаной фракций, представляющие собой “оптимальную смесь”. Они имеют несомненное сходство с моренами различных регионов Европейской России и Западной Сибири, заключающееся в крайне низкой степени сортированности мелкозема, что, кроме того, является одним из фактов, свидетельствующем об их ледниковом генезисе.

Влияние гранулометрического состава пород субстрата отчетливо и закономерно проявляется в территориальной изменчивости структурных особенностей основных морен, особенно их нижних горизонтов, что обусловлено закономерностями ледникового литогенеза. На изученной территории в южном направлении гранулометрический состав морен становится более грубым, что находится в прямой зависимости от структурных особенностей местных подстилающих пород: мелко- и тонкозернистых пород юры и мела на севере региона и крупно- грубозернистых пермоязских песчаников и гравелитов на юге.

Установлена региональная тенденция утонения гранулометрического состава основных морен в стратиграфической последовательности за исключением долин рек Черная и Шапкина, где наиболее глинистой печорская является морена. Нижнеплейстоценовая помусовская морена имеет более грубый гранулометрический состав по сравнению с моренами, залегающими стратиграфически выше, а верхнеплейстоценовая — полярная, характеризуется наиболее тонкой структурой за счет ассимиляции ледником глинистых морских и озерных отложений, а также ленточно-слоистых глинистых алевритов приледниковых бассейнов.

Содержание карбонатного материала в основных моренах также связано с карбонатностью пород субстрата и близкого транзита. Морены с повышенной суммарной карбонатностью, как правило, унаследуют ее из подстилающих известковых песчаников и гравелитов перми и триаса. При формировании морен, связанных с Северо-Западной питающей ледниковой провинцией, повышенная карбонатность обусловлена ассимиляцией ледником известняков Карбонового плато и коренных пород карбона и перми, слагающих долину Северной Двины.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены в рамках темы НИР “Эволюция биоты и среды ее обитания как основа расчленения и геологической корреляции осадочного чехла Печорской плиты и ее складчатого обрамления” ГР № 122040600008-5.

Подраздел “Полярные (осташковские) ледниковые отложения (Q⁴_{IIIp})” в разделе “Результаты исследований и их обсуждение” выполнен при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00281 “Верхний неоплейстоцен и голоцен на севере Печорской низменности: седиментогенез, стратиграфия, палеогеография”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреичева Л.Н.* Плейстоцен европейского Северо-Востока. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 323 с.
- Андреичева Л.Н.* Плейстоценовые отложения в бассейне р. Шапкиной (Большеземельская тундра) // Литология и полез. ископаемые. 2007. № 1. С. 93–110.
- Андреичева Л.Н.* Литологический состав плейстоценовых отложений в бассейне р. Б. Роговой // Материалы XV Геологического съезда Республики Коми “Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России”. Т. II. Сыктывкар: Геопринт, 2009. С. 89–92.
- Андреичева Л.Н., Дурягина Д.А.* Новые данные по стратиграфии среднего плейстоцена Печорской низменности // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы // Материалы XIII геол. съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар, 1999. С. 184–187.
- Андреичева Л.Н., Коноваленко Л.А.* Строение и условия формирования плейстоценовых отложений в юго-западном Притиманье // Биостратиграфия фанерозоя Тимано-Печорской провинции. Сыктывкар, 1989. С. 75–84. (Тр. Института геологии Коми НЦ УрО АН СССР. Вып. 73)
- Андреичева Л.Н., Марченко-Ваганова Т.И., Буравская М.Н., Голубева Ю.В.* Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Европейском Северо-Востоке России. М.: ГЕОС, 2015. 224 с.
- Андреичева Л.Н., Карпунин С.С., Судакова Н.Г.* Диагностика и межрегиональная корреляция среднеплейстоценовых ледниковых горизонтов Центра и Северо-Востока Русской равнины // Бюлл. по изучению четвертичного периода. № 75. М., 2017. С. 81–99.
- Белкин В.И., Рязанов И.В.* Понятие и меры гранулометрической сортированности и однородности // Тезисы V Коми республиканской научной молодежной конференции. Сыктывкар, 1972. С. 184–185.
- Качинский Н.А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М., 1958. 191 с.
- Кригер Н.И.* О стратиграфии нижнего плейстоцена ледниковых районов Русской равнины // Нижний плейстоцен ледниковых районов Русской равнины. М.: Наука, 1967. С. 8–16.
- Немцова Г.М.* Гранулометрический состав и карбонатность мелкозема основных морен Северной Двины и Вычегды // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1978. Т. 55. Вып. 5. С. 132–136.
- Судакова Н.Г.* Палеогеографические закономерности ледникового литогенеза. М.: Изд-во МГУ, 1990. 160 с.
- Шумилова Е.В., Бузулуцков Ф.С.* Минералого-петрографические особенности четвертичных отложений Енисейской впадины в связи с проблемой их происхождения // Морской плейстоцен Сибирских равнин. М., 1971. С. 8–36.

Granulometric Composition of Neopleistocene Basal Morains in the Far Northeast of the Russian Plain

L. N. Andreicheva*

Yushkin Institute of Geology Komi Science Center Ural Branch of RAS, Pervomayskaya str., 54, Syktyvkar, 167982 Russia

**e-mail: andreicheva@geo.komisc.ru*

The results of granulometric analyzes of the basal Neopleistocene moraines from sections of coastal outcrops and boreholes in the vast territory of the European Subarctic of Russia and in the more southern regions of the Timan-Pechora-Vychegoda region have been summarized. It showed that moraines are typical mixed, practically unsorted rocks with similar contents of gravel-sand, silt, and clay fractions, which is one of arguments in favor of their glacial genesis. Their granulometric composition is due to the peculiarities of the rocks of the ice bed. It is formed in the process of crushing, abrasion, and mixing of material assimilated and transported by the glacier during its transportation and deposition, which determines the variability of the granulometric composition of moraines. As a result, the granulometric composition of the moraines in combination with other lithological data reflects the path of the glacier and the dynamics of its movement.

Keywords: Neopleistocene, basal moraine, granulometric composition, sorting coefficient of fine earth, average grain diameter, total carbonate content.