ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМОВ НА МОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

С.П. Ломов¹, доктор геогр. наук, профессор; В.С. Ломов², студент

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза, Россия, e-mail: stas_lomov@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский педагогический государственный университет», г. Москва, Россия, e-mail: vyacheslavlomov @rambler.ru

Моренные отложения в Пензенской области образовались в результате разрушения Окско-донского ледника нижнего звена неоплейстоцена при потеплении [6, 15, 16]. Мощность основной морены может достигать $\approx 30,0$ м [8, 10]. Ледниковые отложения донского горизонта по площади преобладают в западной части области. В современных физико-географических условиях они залегают в виде покрова на водоразделах и используются в агроценозе. Состав и свойства почв на моренных отложениях выделяются особенностями структурного состояния, своеобразным распределением фракций физической глины, невысоким содержанием гумуса и низким плодородием.

Ключевые слова: моренный комплекс, свойства почв, стадия восстановления почв, оценивание.

Введение

Проблемы рационального использования земельного фонда Пензенской области в современных условиях определяют необходимость изучения почв «незатронутых» при обобщении почвенного покрова до настоящего времени. Это может свидетельствовать о сложности строения почвенного покрова Пензенского края, недостаточно представленным многообразием почвообразующих пород, в частности, почвами на моренных отложениях. Пензенская область в западной ее части подвергалась оледенению в нижнем звене неоплейстоцена. Часть Окско-донского ледника перекрывала значительную площадь области, разделив ее на ледниковую и внеледниковую зоны. Отступление Окско-донского ледника связано с потеплением климата и сопровождалось отложением и преобразованием различных морен, что обусловило разнообразие почвообразующих пород, главным образом, в ледниковой зоне Пензенской области [6, 15, 16].

Мощность основной части морен иногда достигает 30 м [8, 10]. Современные абсолютные уровни моренных отложений фиксируются на отметках 200-240 м над уровнем моря [3, 7].

Очертание первичных форм рельефа моренных отложений не сохранилось [13]. В современных физико-географических условиях морены занимают как водораздельные уровни, так и склоновые позиции.

Современные ландшафты на моренных отложениях имеют, в основном,

субширотное расположение. В северной части на моренах преобладают хвойно-широколиственные леса. В центральной части и на юге доминируют лесостепные ландшафты на моренных равнинах Приволжской возвышенности [14].

Почвы на моренных отложениях в Пензенской области до последнего времени не были охвачены изучением, и в строении почвенного покрова отмечаются соответствующие пробелы [2, 9, 11]. Поэтому определена цель исследований: необходимость изучения особенностей морфологического строения почв на моренных отложениях, физических, химических и физико-химических свойств, а также сравнение полученных данных с плодородием черноземов на лессовидных суглинках.

После рекогносцировочных обследований моренных комплексов в районе села Липяги (западная часть Пензенской области) был заложен разрез для изучения морфологических признаков почв. При этом дополнительно проводился поверхностный сбор отдельных минералов и костных остатков в пределах моренного комплекса [12]. Диагностика обломков собранного каменистого материала с поверхности почвенного покрова, особенно на склонах, позволила определить различные породы: лимонит, кварцит, гранит, фосфорит, кремнистые обломки, кварцит с кальцитом, кремнистый туф, кремнистый сланец с кальцитом, кораллы, яшма, оливин, мешанки, кораллы кремневого органического происхождения.

По оценке экспертов почти все геологические породы и обломки костей привнесены ледником из отложений северных морей, то есть исходной области оледенения. Поэтому, следуя В.В. Добровольскому [5], можно считать, что ледниковые морены это переотложенные продукты нивального выветривания (нивальнo-тундровая кора), включающие не только крупные валуны, но и мелкообломочный материал.

Методы и материалы

Основной метод исследований, используемый нами, был сравнительно-географический, который заключался в сопряженном изучении морфологического строения почв на моренных отложениях и на лессовидных суглинках. Аналитические параметры почв определялись в лаборатории Государственного центра агрохимической службы «Пензенский». Гранулометрический состав был выполнен по Н.А. Качинскому. При этом коэффициент оглинивания рассчитывался как частное от деления отношения ила к физической глине в почве и соответствующей величине в породе (по И.А. Крупенникову). Агрегатный состав определялся по классификации С.А. Захарова. Расчеты коэффициентов структурности и водоустойчивости проводились по Н.И. Саввинову. Среди физико-химических свойств изучалась: кислотность (pH_{KCl}) и сумма обменных оснований. Содержание гумуса, а также подвижные и валовые формы азота, калия и фосфора определялись по Е.В. Аринушкиной [1].

Таким образом, представленный набор методов исследования позволяет реализовать комплексный подход к обоснованию особенностей почвообразования и оценки плодородия на моренных отложениях по сравнению их с почвами на лессовидных суглинках.

Результаты

На моренах, выделяющих в настоящее время пологими склонами по обоим берегам реки Пензятка, формируются черноземы выщелоченные. Раньше пологие склоны распахивались. В настоящее время почвы подвержены процессам оцелинивания под посадками сосны и березы (*Pinus silvestris*, *Betula pendula*). Примером морфологического строения почв может служить разрез 1 м, заложенный на вершине склона. Из растительности заметны куртины ковыльных ассоциаций (*Stipa pennata*), в остальном полынное разнообразие. Микро-рельеф в виде бугорков высотой до 15-20 см. Сухие стебли цикория, пижмы и др. Местами развит кустарник из шиповника и вербы (*Salix alba*).

Ad (0-11 см). Влажный, темно-серый, слаборадернованный. Заметны редкие признаки лессиважа. Обилие корневой системы; гранулометрический состав суглинистый, неясной структуры, переход постепенный.

A1 (11-31 см). Темно-серый, влажный, заметны осветленные «точки» песка (признаки лессиважа). Суглинистый, травянистая корневая система, неясная структура. Переход постепенный.

AB (31-46 см). Серый, с желтоватым оттенком, слабые следы лессиважа. Суглинистый, неясной структуры. Переход заметный.

C (46-90 см). Охристого цвета, неоднородная по гранулометрическому составу, с прослойками песчаных линз серого цвета. Влажный, до тяжелого суглинка. Встречаются обломки гранита, песчаника и других минералов.

Черноземы выщелоченные на моренах в настоящее время восстанавливаются под посадками сосны, плотность которых неодинакова. На разреженных посадках преобладают куртинные ассоциации ковыля (*Stipa pennata*) и полынно-пижмовое разнотравье (*Artemisia santonica*). Бурьянная стадия, возможно, закончилась, однако, дерновой горизонт полностью не восстановился. Судя по морфологическому строению разреза 1 м, мощность черноземов выщелоченных на суглинистых моренах небольшая, всего 46 см. Это может свидетельствовать об эродированности изучаемых почв во время распашки и использования их в агроценозе. На это косвенно могут указывать данные по структурному состоянию черноземов на моренах, по сравнению с черноземами на лессовидных суглинках (табл. 1).

Из данных таблицы 1 видно, что моренные суглинки имеют неудовлетворительное структурное состояние, преобладают комковатые фракции ($> 10,0$ мм) в породе до 70 %, в результате коэффициент структурности составил всего 0,4. В подгумусовых горизонтах A1 и AB комковатая фракция уменьшалась до 57,8 % и 55,2 %, соответственно структурное состояние повысилось до удовлетворительной оценки. В дерновом горизонте Ad комковатая фракция понизилась до 32,0 %, коэффициент структурности увеличился до 1,4, возможно, за счет процессов оцелинивания и восстановления естественного плодородия.

Свойства водоустойчивости структуры определялись в тех же образцах (табл. 1). Полученные данные свидетельствуют об удовлетворительной водоустойчивости по всему почвенному профилю и даже в почвообразующей породе. При этом

коэффициент водоустойчивости увеличивается вниз по профилю от 0,8 до 1,19, т.е. в породе водоустойчивость повышалась, по сравнению с гумусовым горизонтом Ad. Подобные неординарные данные предопределили просмотр мелких фракций структуры под микроскопом. Результаты просмотра показали, что все мелкие фракции от 1,0 до 0,25 мм, которые увеличили коэффициент

водоустойчивости в нижних горизонтах, являются обломками первичных минералов кремнистых и других отмеченных ранее пород и не являются структурными мелкоземистыми гранулами. Это подтверждается данными распределения величин фракции 1,0-0,5 мм по профилю почв – 9,8 % в горизонте Ad и 21,8 % в породе.

Таблица 1

Структурное состояние почв на моренах и лессовидных суглинках

Горизонт и глубина, см	Фракций, мм; содержание, %								Содержа- ние фрак- ций, %	Кс и Кв	Оценка структурности и водоустойчивости
	>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	< 0,25			
Черноземы выщелоченные на моренах, разрез 1 м (сухое просеивание)											
Ad, 0-11	32,0	19,0	12,4	8,2	8,6	5,4	7,4	9,0	59,0	1,43	Удовлетвори- тельное
A1, 11-31	55,2	21,6	6,4	5,6	3,4	1,6	1,2	1,8	43,0	0,72	Удовлетвори- тельное
A1B, 31-45	57,8	20,2	8,0	4,4	3,8	1,6	1,4	1,0	41,0	0,70	Удовлетвори- тельное
C 70-90	70,2	15,0	5,4	3,3	2,8	2,6	3,6	4,2	25,6	0,34	Удовлетвори- тельное
Черноземы выщелоченные на моренах, разрез 1м (мокрое просеивание)											
Ad, 0-11	-	-	2,22	0,96	5,3	9,8	25,1	56,6	43,4	0,8	Удовлетвори- тельное
A1, 11-31	-	-	0,2	1,36	10,1	15,3	22,5	50,56	49,4	0,98	Удовлетвори- тельное
A1B, 31-45	-	-	0,16	13,2	4,0	20,9	16,6	45,2	54,8	1,21	Удовлетвори- тельное
C, 70-90	-	-	0,4	2,0	7,8	21,8	22,4	45,6	54,4	1,19	Удовлетвори- тельное
Черноземы выщелоченные на лессовидных суглинках, разрез 79 [10] (сухое просеивание)											
A _{пах} , 0-30	21,2	18,6	12,0	6,7	15,1	10,1	8,8	7,6	71,2	2,4	Хорошее
A _{п/п} , 40-50	4,7	18,7	28,4	15,0	18,1	6,4	4,6	4,1	91,2	10,4	Отличное
A1, 70-90	24,1	22,3	18,1	3,8	13,3	1,9	3,8	2,7	73,2	2,7	Хорошее

Примечание: фракции 10-0,25 (сухое просеивание); >0,25 мм (мокрое просеивание)

Невысокое количество величин отмеченной фракции в горизонте Ad свидетельствует об активности процессов выветривания и почвообразования в верхнем слое почвенного профиля, в сумме определяющих повышенную скорость разрушения первичных минералов, по сравнению с данными почвообразующих пород (табл. 1, разрез 14). В результате данные по водоустойчивости структуры в нижней части почвенного профиля с глубины 31 см можно считать ошибочными. Черноземы на лессовидных суглинках значительно отличаются по структурному состоянию (табл. 1, разрез 79). Характерно, что даже пахотные варианты на лессовидных суглинках имеют хорошее структурное состояние верхнего горизонта. Для подпахотного горизонта

коэффициент структурности увеличивается до 10,1, что может указывать, во-первых, на структуру отличного уровня, а во-вторых – на унаследованность хорошего структурного состояния от стадии целинного развития черноземов, о чем свидетельствуют данные разреза 79.

Гранулометрический состав черноземов на моренных отложениях характеризуется преобладанием фракции мелкого песка > 40-50,0 % в верхних горизонтах, невысоким содержанием крупной пыли (8,9 – 11,0 %) по всему почвенному профилю и относительно равномерным распределением мелкой пыли от 3,0 до 6,6%. (табл. 2, разрез 1 м). Распределение илистой фракции сопровождается увеличением ее показателей с глубиной от 12,5 % в верхнем горизонте до

28,1% в породе, отражая, таким образом, развитие процессов лессиважа. Коэффициент оглинивания при этом оказался меньше единицы в пределах подгумусовых горизонтов Ad, A1 и AB почвенного профиля – 0,81-

0,73. В результате гранулометрический состав изменяется по профилю от легкого суглинка в горизонтах Ad и A1 до среднего суглинка в нижней части почвенного профиля (табл. 2).

Таблица 2

*Гранулометрический состав черноземов выщелоченных на моренных отложениях, %
(разрез 1 м)*

Индекс горизонтов и глубина, см	Песок, мм		Пыль, мм			Ил < 0,001 мм	Сумма фракций < 0,01 мм	Коеф. оглинивания	Гранулометрический состав
	Крупный (1,0-0,25)	Мелкий (0,25-0,05)	Крупная (0,05-0,01)	Средняя (0,01-0,005)	Мелкая (0,005-0,001)				
Ad 0-11	13,4	55,4	8,9	4,5	5,3	12,5	22,3	0,81	Легкий суглинок
A1 11-31	11,1	49,1	10,9	4,7	6,6	17,6	28,9	0,86	Легкий суглинок
AB 31-46	8,4	42,5	11,0	15,2	3,0	19,9	38,1	0,73	Средний суглинок
C 46-90	21,5	33,2	8,7	4,2	4,3	28,1	36,6	1,0	Средний суглинок
Черноземы выщелоченные на лессовидных суглинках (Каменский район; разрез 90 [10])									
Ap 0-10	0,4	7,1	28,5	9,9	7,4	36,7	54,0	1,0	Тяжелый суглинок
A1 60-70	0,5	8,3	24,2	9,0	14,6	43,4	67,0	0,96	Легкая глина
Cca 140-150	2,3	10,7	22,4	7,2	13,3	43,5	64,0	1,0	Легкая глина

Черноземы на лессовидных суглинках по гранулометрическому составу выделяются повышенными величинами фракции крупной пыли – 28,5 %, а также средней и мелкой пыли, преобладанием илистой фракции 36,7-43,4 %. В результате, гранулометрический состав изучаемых почв характеризуется тяжелым суглинком в горизонте A_{пах} и легкой глиной в средней и нижней частях профиля (табл. 2, разрез 90). При этом коэффициент оглинивания оказался близок к 1,0 по всему почвенному профилю.

Подобные различия в гранулометрическом составе связаны с карбонатностью лессовидных пород. Почвообразование на этих породах сопровождалось процессами выщелачивания карбонатов и слабым оглиниванием верхней части почвенной толщи. Кислотность моренных пород обусловила развитие процессов лессиважа и изменение гранулометрического состава от легких суглинков до средних вниз по почвенному профилю.

Химические и физико-химические данные рассматриваемых почв представлены в таблице 3. Следует отметить невысокое содержание гумуса в верхних подгумусовых горизонтах Ad и A1 – 3,44 % в дерновом горизонте и 3,10 % в нижерасположенном (табл. 3 разрез 1 м).

В переходном горизонте AB содержание гумуса понизилось до 1,55 %. Необходимо отметить плавное понижение содержания гумуса по профилю, характерное для черноземных почв. Величины рН_{KCl} – 5,1 в горизонте Ad определяют слабую кислую реакцию. С глубиной эти величины понижаются до 4,8, 4,2, 4 и характеризуют

сильнокислую реакцию в нижних горизонтах и в почвообразующей породе. Сумма поглощенных оснований невысокая, в верхних подгумусовых горизонтах – 14,1 смоль (экв)/кг, в горизонте Ad – 15,2 смоль (экв)/кг, существенно увеличивается в переходном горизонте AB – 23,7 смоль (экв)/кг и в почвообразующей породе – 20,2 смоль (экв)/кг (таблица 3, разрез 1 м), что согласуется с распределением величин фракций физической глины (табл. 2). Отмечается низкая обеспеченность подвижным азотом в верхних гумусовых горизонтах черноземов на моренных отложениях. В то же время рассматриваемые почвы богаты обменных калием – 300 мг/кг в горизонте Ad (табл. 3).

Также, богаты оказались почвы подвижным фосфором 360 мг/кг в горизонте Ad и 521,5 мг/кг в горизонте AB. Высокая обеспеченность калия и фосфора связана с наличием в моренных отложениях фосфорита и сланцевых пород, разрушение и выветривания которых обеспечивает поступление в почвенных раствор подвижных форм фосфора и обменных форм калия.

Черноземы выщелоченные на лессовидных суглинках существенно отличаются морфологическим строением. Мощность горизонтов A+B вдвое больше, до 100 см, по сравнению с почвами на моренах. Кроме того, химические свойства характеризуются высоким содержанием гумуса почти вдвое выше 7,60 % и 7,29 % в A_{пах} и A_{п/п} горизонтах, чем в почвах на моренах. Реакция черноземов на лессовидных суглинках, рН солевое 5,4-5,6 близка к нейтральной. Сумма поглощенных оснований, высокая в верхних горизонтах – 38,0- 35,5 смоль (экв)/кг, в горизонтах A_{пах} и A_{п/п} с постепенным снижением до

30,0 смоль(экв)/кг, в горизонте В (табл. 3, разрез 80). Подвижным азотом, обменным калием и подвижным фосфором черноземы

выщелоченные слабо обеспечены (табл. 3, разрез 80).

Таблица 3

Физико-химические и химические показатели свойств черноземов выщелоченных на моренных отложениях (разрез 1 м).

Индекс горизонтов и глубина, см	Гумус, %	рН _{KCl}	Сумма поглощенных оснований, смоль (экв)/кг	Азот щелочно-гидролизующий	Обменный калий	Подвижный фосфор,
				мг/кг		
Ad 0-11	3,44	5,1	14,1	60,2	300	360
A1 11-31	3,10	4,8	15,2	45,5	127,5	370
AB 31-46	1,55	4,2	23,7	-	142,5	521,5
C 46-90	0,7	4,0	20,2	-	120,0	260
Чернозем выщелоченный на лессовидных суглинках, разрез 80						
A _п 0-30	7,60	5,4	38,0	106 ¹	100	89,0
A _{пл} 30-40	7,29	5,4	35,5	102	80	79,0
A 50-60	5,30	5,6	32,5	89	70	35,0
A1 70-80	2,80	6,0	31,0	48	70	30,0
AB 80-90	1,80	6,6	31,5	38	60	24,0
B 90-100	0,80	7,0	30,0	10	70	19,0

Приложение: Приведены данные по легко-гидролизующему азоту.

Заключение

Ареал обследованных черноземов на моренных суглинках приурочен к пологим склонам р. Пензятка. В настоящее время изучаемые почвы входят в зону прибрежного облесения, в основном посадки сосны и березы.

Изучение морфологического строения почв, приуроченных к вершине склона, показало небольшую мощность (горизонт АВ) всего 46 см, что может указывать на их эродированность при распашке и использовании в агроценозе. Это подчеркивается неудовлетворительной оценкой агрегатного состава всего профиля, за исключением дернового горизонта Ad.

Черноземы на лессовидных суглинках выделяются гораздо большей мощностью (горизонт АВ) до 90-120 см и хорошей агрегированностью даже пахотных горизонтов.

Гранулометрический состав черноземов на моренных породах легкосуглинистый в верхних подгумусовых горизонтах Ad и A1 и среднесуглинистый в нижней части почвенного профиля, что отражает развитие процессов лессиважа в условиях кислой реакции почвообразования.

Гранулометрический состав черноземов выщелоченных на лессовидных суглинках характеризуется большим содержанием фракций крупной пыли (0,05-0,01 мм) до 28,5 % и максимальным содержанием илистой фракции (меньше 0,001 мм) до 36,7-43,5 %, в сумме обеспечивающий тяжелый суглинок и легкую глину.

Черноземы на моренных отложениях характеризуются невысоким содержанием гумуса 3,44 % и сильной кислотностью, небольшой суммой поглощенных оснований и высокой обеспеченностью обменным калием и подвижным фосфором.

Черноземы выщелоченные на лессовидных суглинках, наоборот, характеризуются высоким содержанием гумуса 7,60 %, почти нейтральной реакцией, высокой суммой поглощенных оснований и низкой обеспеченностью подвижным азотом, обменным калием и подвижным фосфором.

Сравнение черноземов формирующихся на моренных и лессовидных суглинках подчеркивает низкое плодородие черноземов выщелоченных на моренных отложениях.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Мысль, 1975, 288 с.
2. Вихрева В.А., Гришин Г.Е., Надежкина Е.С., Арефьев А.Н., Эркаев В.Н., Бочаров С.С. Химические элементы в почвах южной лесостепи среднего Поволжья (на примере Пензенской области): монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2015, 178 с.
3. Географический атлас Пензенской области. Пенза: Облиздат, 2005, 60 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации: карта четвертичных образований, М. 1:1000000. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1997.

5. Добровольский В.В. География и палеогеография коры выветривания СССР. Москва: Мысль, 1969, 274 с.
6. Зольников И.Д. Генетический и фациальный анализ ледниковых отложений. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1986, 78 с.
7. Зозырев Ю.Н., Салтыков В.Ф. Геологический атлас Пензенской области. Саратов, 2001, 52 с.
8. Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д. Гляциальная геология: методическое пособие по изучению, ледниковых образований при геологической съемке крупного масштаба. Санкт-Петербург: Недра, 1993, 328 с.
9. Кузнецов К.П., Гальдин Г.Б., Николаева Н.И., Паламожных Э.А. Почвы Пензенской области. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1966, 125 с.
10. Лаврушин Ю.А. Труды геологического института. Выпуск 288. Строение и формирование основных морен материковых оледенений. Москва: Наука, 1976, 244 с.
11. Ломов С.П. Почвы и климат Пензенской области. Пенза: ПГУАС, 2012, 260 с.
12. Рухина Е.В. Литология ледниковых отложений. Ленинград: Недра 1973, 176 с.
13. Проблемы экзогенного рельефообразования. Книга 1. Рельеф ледниковый, криогенный, эоловый, карстовый и морских побережий. Москва: Наука, 1976, 435 с.
14. Спиридонова И.Н., Ломов С.П., Артемова С.Н. Лесостепные геосистемы Пензенской области и агропочвенные освоения их в голоцене: материалы региональной научно-практической конференции. Пенза: ПГУАС, 2016, с. 109-118.
15. Benn D.I., Evans D.J.A. Glaciers and glaciation. London: ARNOLD, 1998, 734 p.
16. Hambrey M.J. Glacial environments. UCL: London, 1994, 293 p.

UDC 631.4:2.210

DOI 10.36461/NP.2020.56.3.011

THE FERTILITY OF CHERNOZEMIC SOILS ON THE MORaine DEPOSITS

S.P. Lomov¹, Doctor of Geographic Sciences, Professor; V.S. Lomov², Student

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State University of Architecture and Construction", e-mail: stas_lomov@mail.ru

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Pedagogical State University", e-mail: vyacheslavlomov@rambler.ru mailto:stas_lomov@mail.ru

Moraine deposits in the Penza oblast were formed as a result of the destruction of the Oka–Don glacier of the lower boundary of the neo-Pleistocene during warming [6, 15, 16]. The thickness of the main moraine can be ≈ 30.0 m [8, 10]. In terms of spacing, glacial deposits of the Don horizon predominate in the western part of the oblast. In current physical-geographical conditions, they are placed as the cover on watersheds and used in the agro-ecosystem. The composition and properties of soils on morainic deposits are special due to their structural state, peculiar distribution of physical clay fractions, low humus content and low fertility.

Keywords: moraine complex, soil properties, soil recovery stage, virgin land.

References

1. Arinushkina E.V. Guidelines for chemical analysis of soils. Moscow: Mysl, 1975, 288 p.
2. Vikhreva V.A., Grishin G.E., Nadezhkina E.S., Arefyev A.N., Erkaev V.N., Bocharov S.S. Chemical elements in the soils of the southern forest-steppe of the middle Volga region (on the example of the Penza Oblast): monograph. Penza: RIO PGSKHA, 2015, 178 p.
3. Geographical Atlas of the Penza Oblast. Penza: Oblizdat, 2005, 60 p.
4. State geological map of the Russian Federation: map of Quaternary formations, M. 1: 1000000. Saint Petersburg: VSEGEI, 1997.
5. Dobrovolsky V.V. Geography and paleogeography of the weathering crust of the USSR. Moscow: Mysl, 1975, 288 p.
6. Zolnikov I.D. Genetic and facies analysis of glacial deposits. Novosibirsk: IGI SO AN USSR, 1986, 78 p.
7. Zozyrev Yu.N., Saltykov V.F. Geological atlas of the Penza Oblast. Saratov, 2001, 52 p.

8. Kaplyanskaya F.A., Tarnogradsky V.D. Glacial Geology: a methodological guide to the study of glacial formations in large-scale geological survey. Saint Petersburg: Nedra, 1993, 328 p.
9. Kuznetsov K.P., Galdin G.B., Nikolaeva N.I. Palamozhnykh E.A. Soils of the Penza Oblast. Saratov: Privolzhskoe knizhnoe izdatelstvo, 1966, 125 p.
10. Lavrushin Yu.A. Proceedings of the geological Institute. Issue 288. Structure and formation of the main moraines of continental glaciations. Moscow: Nauka, 1976, 244 p.
11. Lomov S.P. Soil and climate of the Penza oblast. Penza: PGUAS, 2012, 260 p.
12. Rukhina E.V. Lithology of glacial deposits. Leningrad: Nedra, 1973, 176 p.
13. Problems of exogenous relief formation. Book 1. The terrain is glacial, cryogenic, aeolian, carstic and of sea-coasts. Moscow: Nauka, 1976, 435 p.
14. Spiridonova I.N., Lomov S.P., Artemova S.N. Forest-steppe geosystems of the Penza oblast and their agro-soil development in the Holocene: materials of the regional scientific and practical conference. Penza: PGUAS, 2016, pp. 109-118.
15. Benn D.I., Evans D.J.A. Glaciers and glaciation. London: ARNOLD, 1998, 734 p.
16. Hambrey M.J. Glacial environments. UCL: London, 1994, 293 p.