

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ I ТЕРРАСЫ р. Мулянки

Г. А. Максимович

Река Мулянка является левым притоком реки Камы, в которую она впадает в пределах городской черты г. Молотова. Течёт она в области развития верхнепермских отложений, представленных молотовским горизонтом юговской свиты казанского яруса (40). Пермские отложения выражены серыми, зеленовато-серыми, средне и мелкозернистыми песчаниками, чередующимися с плотными бурыми, красновато-коричневыми глинами и аргиллитами. Подчинённое значение имеют тонкие пропластки серых известняков и мергелей. Песчаники содержат залежи медных руд (9, 32, 39, 40, 63, 66).

Пермские отложения покрыты четвертичными образованиями. Последние представлены флювиогляциальными отложениями водораздельных пространств, террасами р. Камы и её притоков, современным аллювием речных долин, плащём элювиально-делювиальных отложений водораздельных пространств и делювием склонов. Для двух верхних террас р. Камы в окрестностях г. Молотова отмечены гляциальные дислокации (7).

Водораздельные пространства на значительной территории, а также две верхних террасы р. Камы покрыты суглинками, которые в верхней части являются лёссовидными. Последние были отмечены ещё А. Краснопольским (33) и А. Штукенбергом (69, 70). На новейших картах распространения лёссовидных отложений (3, 17, 18) граница их проводится значительно южнее. Между тем они встречаются и севернее, в Соликамском районе (38). Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР 1932 г. (30) для рассматриваемой территории указывает элювиально-делювиальные суглинки и глины.

Долина р. Мулянки в среднем её течении асимметрична. Река течёт здесь примерно в широтном направлении – с востока на запад. Крутым подмываемым берегом является правый. Он экспонирован на юг (52). Вследствие этого, первая терраса р. Мулянки, которую мы будем рассматривать, имеется только на левом берегу. Пойма в долине р. Мулянки имеет небольшое развитие. Первая же надпойменная терраса хорошо выражена. Она имеет слабый наклон к реке и по направлению к устью. Отметки террасы порядка 105–110 метров, при чём большие относятся к району тылового шва.

На террасе развиты отрицательные формы рельефа в виде плоских ложбин и блюдец. Плоские ложбины, или промоины, обязаны своим происхождением талым и дождевым водам, стекающим с водораздельных пространств и более высоких террас в р. Мулянку. Вода заполняет промоины периодически. После прекращения выпадения осадков (или таяния снега) поток некоторое время сохраняется, а затем превращается в ряды отдельных мелких водоёмов, образующихся в более глубоких местах этой плоской ложбины. Заращение этих углублений привело к торфообразованию, а большая влажность, по сравнению с другими участками I террасы, создала условия для произрастания здесь кустарника. Эти промоины легко обнаруживаются издали, так как их берега оторочены кустарником. Меньшее развитие имеют блюдца. На детально изученном при инженерно-геологических исследованиях участке 4 террасы на 2 км² их было установлено два или три. Это плоские мелкие углубления округлой формы, по большей части также кругом поросшие кустарником. Они представляют проявление своеобразного карста в суглинках – просадочных явлений (1–6, 8, 11–13, 16, 20–22, 35–38, 41, 48, 49, 55–57, 60, 61, 64, 65, 73, 74, 77). Как и в типичном известняковом, причиной карста в лёссовидных суглинках является выщелачивающая деятельность подземных вод. Инфильтрующиеся с поверхности воды выщелачивают карбонатную составляющую суглинков. Происходит уменьшение концентрации почвенных растворов. Тонкие плёнки воды снижают трение между частицами и оказывают расклинивающее действие в процессах уплотнения отложений. Это было доказано Н. Я. Денисовым экспериментально (22, 23). Таким образом, отличие карстообразования в известняках от карста в лёссовидных образованиях в том, что в первых происходит выщелачивание твёрдой фазы CaCO₃, а во второй жидкой. С этой точки зрения карст в лёссах в районе Ташкента и на Северном Кавказе аналогичен гипсовому карсту, так как выщелачиваются (разбавляются) концентрированные воды, где по данным М. Решеткина (57) преобладает гипс. Содержание карбоната кальция в просевшем лёссе такое же, примерно, что и в непросевшем, даже выше. Просадка же сопровождается резким снижением содержания гипса в водной вытяжке, снижением общей концентрации.

Таким образом, в зависимости от состава почвенных растворов, от их концентрации, намечается два типа карста в лёссовидных суглинках и лёссах: гидрокарбонатно-кальциевый или известковый и сульфатно-кальциевый или гипсовый. Первый имеет место для лёссовидных образований лесной полосы, второй – для степной и зоны полупустынь (43, 44).

Просадочные блюдца первой террасы р. Мулянки окружены кольцом кустарника, так что попадающие в углубления дождевые и талые воды, благодаря уплотнению суглинков, долгое время здесь задерживаются, и блюдца содержат большее количество влаги, чем окружающие участки.

Перейдём к рассмотрению террасовых и подстилающих их пермских отложений.

ПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Пермские отложения, как уже указывалось, представлены серыми и зеленовато-серыми разномзернистыми песчаниками, чередующимися с красно-бурыми и кирпично-красными известковистыми глинами. Последние часто по существу представляют аргиллиты.

Отложения молотовского горизонта залегают почти горизонтально, образуя пологую структуру платформенного типа. Они вскрыты на изученной территории рядом скважин, большинство из которых остановлено в песчаниках и только небольшая часть имела забой в пермских глинах.

Составленная по данным буровых скважин карта рельефа поверхности эрозии пермских отложений показала понижения в районе развития глин. Последнее вполне понятно, так как при боковой эрозии и меандрировании р. Мулянка, встретив более легко размываемые глины, углубила в них своё русло несколько больше, чем в менее податливых песчаниках. В общем же эрозионная поверхность имеет наклон по направлению к руслу р. Мулянки и к её устью.

На изученном участке 1 террасы р. Мулянки из общего числа более 46 разведочных выработок (буровых скважин и шурфов) в качестве опорных были выбраны три скважины 1, 2, 3, находящиеся на одном профиле диагонально руслу реки. Скважина 1 находится в районе бровки террасы, скважина 2 – в центральной части и скважина 3 – в районе тылового шва. Наиболее глубокая из них скважина 2 на глубине 9,3 метра вошла в песчаники молотовского горизонта и прошла по ним в 1,2 м до глубины 10,5 м. Произведённые механические анализы двух образцов песчаника из скважины 2 показали содержание в одном случае 26,69 %, а в другом 33,20 > 0,25 мм, а фракция 0,25–0,05 мм составила соответственно 55,85 % и 51,07 %. Содержание карбонатов в этих же образцах, определённое кальциметром, дало 11,54 и 13,98 %. Таким образом, пермские отложения молотовского горизонта в скважине 2 представлены среднезернистым, слабо глинистым, известковым песчаником.

Кроме механического анализа песчано-алевритовая часть образцов была разделена бромформом на тяжёлую и лёгкую фракции и просмотрена под бинокулярной лупой.¹

В лёгкой фракции преобладающим минералом является кварц. Имеется значительное количество полевого шпата и кальцита. Последний является эпигенетическим, составляя в основном цемент песчаника. В тяжёлой фракции преобладают лейкоксен, магнетит, гематит, биотит, апатит и ряд других. Зёрна преимущественно полуокатанные и полуугловатые. Кварц окатан лучше, чем полевые шпаты. Магнетит всегда представлен угловатыми зёрнами, а лейкоксен и гематит полуугловатыми и полуокатанными. Песчаник из скважины 2 по своему механическому составу весьма сходен с образцом 289 из обнажения 42 в работе К. В. Бабкова (9, стр. 44–45, 54–60). Последний взят из отложений молотовского горизонта в долине р. Мулянки, несколько выше по течению. Другие две точки, где отложения молотовского горизонта детально изучены, это – обнажения по р. Егошихе и на г. Вышка (32). Содержание тяжёлой фракции в двух образцах молотовского горизонта в скважине 2 составляет 1,1 и 1,9 %, в фракции 0,05–0,01. К. В. Бабков (9, стр. 39) даёт для молотовского горизонта 2,09–23,38 %, для фракции 0,1–0,05.

АККУМУЛЯТИВНЫЙ КОМПЛЕКС I ТЕРРАСЫ

Отложения 1 террасы р. Мулянки, лежащие на размытой поверхности верхне-пермских отложений, по литологическому составу могут быть разделены на пять горизонтов (снизу вверх):

1. Галечник с песком. 2. Пески, глинистые пески. 3. Песчано-глинистые отложения. 4а. Суглинки. 4б. Лёссовидные суглинки. 5. Почва.

Эти горизонты были прослежены в многочисленных выработках. Они хорошо отбиваются и на профиле опорных скважин 1, 2, 3.

Рассмотрим отложения аккумулятивного комплекса по горизонтам.

I. Горизонт галечника с песком

На размытой поверхности верхне-пермских отложений в основании террасы лежит галечник с песком. Кровля его по трём порным скважинам характеризуется следующими отметками:

Отметка устья скважины в м	111 ³ ,67	109 ² ,37	105 ¹ ,41
Глубина кровли галечника с песком в м.	6,5	8,1	7,0
Отметка кровли горизонта I галечника в м.	105,7	101,27	98,41

Горизонт галечников наклонен от тылового шва террасы к её бровке, при чём на 1500 м разница в отметках составляет почти 7 метров. В общем кровля галечника примерно параллельна рельефу. Мощность галечникового горизонта установлена только в скважине 2, где он пройден до подошвы. Она составляет 1,2 метра, Содержание частиц < 0,01 составляет в среднем 6,51 %.

II. Горизонт песков

Второй горизонт террасового комплекса представлен более мелкими отложениями. Это пески, содержащие единичные зёрна гравия. Подошва этого горизонта проведена там, где в песках уже нет галек. Зерновой состав указывает, что эти отложения образовались в условиях более медленного течения, чем лежащий ниже горизонт. Мощность II горизонта составляет в скважинах 2 и 3 – 2,3 м. В скважине 1 границы его при бурении были неточно отбиты и мощность определена в 2,7 метра. Пористость изменяется от 39,73 до 31,82 % и составляет в среднем из 5 повторных определений – 35,15 %.

Механический состав может быть выражен таблицей:

¹ Разделение на тяжёлую и лёгкую фракции определение карбонатности, просмотр фракций под бинокулярной лупой и восемь механических анализов были выполнены в лаборатории кафедры А. С. Тимошиным, которому автор выражает свою признательность. Остальные определения выполнены сотрудниками кафедры.

Таблица 1

Механический состав горизонта II								
№ скважины		Механический состав в % Диаметры в мм.						Примечание
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
1.	4,7–7,0	14,90	48,90	12,45	1,34	19,35	2,88	х <0,01
2.	5,8–7,0	1,64	42,18	19,93	2,33	21,12	12,80	
2.	7,0–8,1	10,90	55,51	7,74	25,85х	–	–	
3.	4,2–5,5	1,80	66,16	14,24	10,44	0,96	6,40	
3.	5,5–6,5	3,06	59,60	10,50	8,84	2,86	15,14	

Пески II горизонта глинисты, при чём содержание частиц < 0,01 мм изменяется от 17,80 до 36,25 % и составляет в среднем 27,19 %. Алевритовые частицы, по данным определения содержания только их части с диаметром 0,05–0,01 мм, составляют от 10 до 20 %. Содержание карбонатов в этом горизонте значительно и составляет по данным трёх определений 12,76 9,54 и 12,09 или в среднем 11,46 %.

III. Горизонт суглинков (и супесей)

Над вторым горизонтом залегает следующий, третий. Частицы, которыми он сложен, ещё мельче. Исключение составляет район тылового шва, где пробурена скважина 3.

Этот горизонт довольно изменчив и нормально выражен только в скважинах 2 и 1. В первой мощность его составляет 2,8 м, а во второй 1,3 м. Что же касается скважины 3, то здесь над вторым горизонтом мы имеем галечник с песком. Наличие вблизи этой скважины бровки второй надпойменной террасы р. Мулянки указывает, что это делювиальный шлейф, образовавшийся в результате размыва и смыва песчано-галечных отложений этой расположенной выше террасы. Наличие делювиальных образований показывает, что в момент формирования III горизонта имели место субаэральные условия, быть может, прерываемые кратковременным пребыванием в субаквальной обстановке. Это соответствует условиям поймы, когда смыв с находящейся выше террасы приводит к образованию делювиального шлейфа. В районе тылового шва делювий представлен наиболее крупным материалом – галечником с песком. Более тонкие глинистые частицы и часть песчаных сносятся и дальше к району бровки поймы.

Таким образом, в центральной части поймы и в районе её бровки накапливается не только тонкий материал, оседающий во время заливания его половодием, но и делювий, смываемый с выше расположенных участков и, в частности, с находящейся выше террасы.

Обратимся к механическому составу отложений III горизонта.

Таблица 2

Механический состав горизонта III								
№ скважины	Глубина в метрах	Механический состав в %						Примечание
		Диаметры в мм.						
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
1	3,0–4,3	1,42	17,38	33,86	31,02	2,24	14,08	Галечник с песком делювиального шлейфа.
2	3,0–4,0	2,16	22,80	36,00	33,76	0,72	4,56	
2	4,0–4,5	1,38	31,96	25,25	28,01	12,80	1,60	
2	4,5–5,0	1,63	19,92	36,84	27,11	10,02	4,48	
2	5,0–5,5	0,24	24,09	38,24	21,43	13,44	2,56	
2	5,5–5,8	0,33	23,83	28,05	42,08	1,86	3,85	
3	2,75–4,20	92,29	4,02	0,55	0,78	1,02	1,34	

За исключением делювиального шлейфа, третий горизонт представлен различного рода суглинками. К сожалению, механический анализ был произведён по Сабанину, где вместо фракции 0,1–0,01 мм, характеризующей алеврит, выделяется фракция 0,05–0,01 мм. Это затрудняет дать точное название породы. Пользуясь номенклатурой Флоренского 1937 г., приведённой у Л. В. Пустовалова (54), поскольку содержание песчаных алевритовых и глинистых частиц менее 50 %, мы имеем здесь представителей семейства суглинков и, в частности, собственно суглинок, песчано-глинистые суглинки, алевритово-глинистые суглинки. Быть может, разделение фракции 0,25–0,05 на 0,25–0,01 и 0,1–0,05 мм дало бы увеличение % содержания алевритовых частиц и мы имели бы среди отложений этого горизонта породы из семейства алевритов с содержанием алевритовых частиц более 50 %. В большинстве случаев при наличии выше данной террасы глинистых и суглинистых пород, третий горизонт охарактеризован суглинками, а при наличии песков – супесями. Так и назван этот горизонт. В зоне тылового шва суглинки или супеси переходят в галечник и песок.

Пористость III горизонта для террасы р. Мулянки составляет от 37,68 до 31,64 %, в среднем из 6 двойных определений 33,77 %., Содержание карбонатов несколько ниже, чем во втором горизонте, и составляет 5,10; 10,21; 8,21; 9,65; 6,88; или в среднем 8,01 %. Содержание частиц < 0,01 мм изменяется от 47,79 до 37,43 % и составляет в среднем из 6 определений 42,60 %. При определении среднего не были взяты данные о галечниках делювиального шлейфа в скважине 3. Если их учесть, то будем иметь среднее 36,96 % частиц < 0,01 мм.

IV. Горизонт лёссовидных суглинков и суглинков

Верхним горизонтом первой террасы р. Мулянки, находящимся под почвенным слоем, является горизонт лёссовидных и обычных суглинков. Залегает он на глубине 0,5–3 м от поверхности, при чём верхние 1,5 м являются лёссовидными. Однако состав IV горизонта ещё более изменчив, чем состав лежащего ниже третьего. В скважине 3, в районе тылового шва, внизу залегает глинистый песок, который, покрывая нижележащие песчано-галечные отложения, является верхним горизонтом делювиального шлейфа, образовавшегося в результате денудации бровки II террасы р. Мулянки. Ещё выше глинистый песок сменяется суглинками, являющимися наиболее верхним членом локального проявления делювиального цикла аккумуляции.

Механические анализы отложений нижней части четвёртого горизонта следующие:

Таблица 3

Механический состав горизонта IV								
№ скважины	Глубина в метрах	Механический состав в %						Примечание
		Диаметры зерен в мм						
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	
1	2,0–3,0	3,02	40,40	19,84	24,58	3,18	8,98	Делювиальный шлейф
2	2,0–2,5	0,17	12,26	34,001	45,57	3,84	4,16	
2	2,5–3,00	–	6,88	34,64	40,27	9,60	5,61	
3	1,65–2,20	7,78	45,50	15,66	10,82	12,32	7,92	
53	2,20–2,74	8,82	47,24	14,88	66,6	10,40!	12,00	

В скважине 1, вблизи бровки первой террасы, мы также имеем более песчаные породы за счёт смыва и выноса на пойму йаиболее тонких алевритовых и глинистых частиц. Пористость нижней части IV горизонта составляет от 48,79 до 19,43 %, или в среднем из 6 двойных определений 33,53 %.

Помимо указанных выше в таблице трёх скважин, было проведено определение пористости ещё по одному шурфу. Для нижней, части четвёртого горизонта было произведено три определения содержания карбонатов, которые дали 6,21–6,43 и 0,77 % или в среднем 4,47 %.

Содержание частиц < 0,01 мм изменяется от 66,37 до 36,74 % и составляет в среднем из четырёх определений 55,79 %. Если взять два определения этой фракции в песках делювиального шлейфа, то эта (цифра будет 40,49 %.

Верхняя часть IV горизонта, обозначаемая нами IVa, представлена лёссовидными суглинками. Это суглинки с видимыми, простым глазом порами, трубчатыми пустотами от стеблей травянистой растительности и их корней, системой вертикальных и горизонтальных трещин и отвесными стенками в обнажении. Преобладают отвесные трещины, которые почти исчезают на глубине 1,5–2,0 м. При механическом анализе этих суглинков по методу Сабанина в воде плавало большое количество обрывков растительных остатков. В выработках и обнажениях эти суглинки отличаются вертикальной отдельностью и обладают способностью давать отвесные обрывы. Слоистость в них отсутствует. Эти суглинки составлены наиболее тонким делювиальным материалом, подвергшимся физическому, химическому и органическому выветриванию как на прежнем месте залегания, так и на данной террасе.

Лёссовидные суглинки, по которым существует обширная литература, под названием макропористых грунтов (1–6,60, 64,65 и др.), более пористы, чем подстилающие их нелёссовидные разности. Пористость их изменяется от 59,06 до 26,97 % и составляет в среднем из 17 двойных определений 40,66 %. Для первой террасы р. Мулянки была получена наиболее высокая для лёссов и лёссовых пород пористость – 59,06 %, вошедшая в литературу (42). По своему составу эти суглинки вообще более дезинтегрированы, чем нижележащие. Это видно из данных механических анализов (см. таблицу 4 на стр. 31).

В выработках 1, 2, А и Г верхние отложения более дезинтегрированы, чем нижележающие образования горизонта IVa. Немногочисленные определения содержания карбонатов дают для этого горизонта 3,99; 8,88; 8,10 и 6,99 или в среднем 6,99 %. Содержание частиц < 0,01 мм изменяется от 60,32 до 29,48 % и составляет в среднем из 17 определений 44,57 %.

Так же, как нижележащий третий, IV горизонт накапливался в субаэральных условиях. Он образовался, когда пойма после формирования III горизонта превратилась в I террасу и уже не заливалась речными водами в половодье. Это уже типичные террасовые образования. В районе тылового шва продолжалось накопление делювиального шлейфа. На остальной части террасы медленное накопление тонкого материала, принесённого атмосферными водами и частично ветром, в условиях наличия растительного (травянистого) покрова, привело к образованию высокопористых (макропористых) неслоистых, трещиноватых в сухом состоянии, с вертикальной отдельностью лёссовидных суглинков. Макропоры образовались за счёт разложения корневой системы и стеблей растительности, а вертикальная отдельность предопределена накоплением материала при наличии травянистого покрова. Трещиноватость обусловлена высокой способностью суглинков к набуханию, зависящей от содержания в них алевритовых и пелитовых и, в частности, коллоидных частиц. При увлажнении эти суглинки теряют свои трещины, которые вновь появляются при высыхании. Известную роль в трещинообразовании играет и зимнее замерзание влаги в грунте (68), с последующим оттаиванием, развитое до той же глубины, что трещиноватость и макропоры. Вопрос о причинах отсутствия крупных пор (макропор) на большой глубине не может быть окончательно решён до дополнительных исследований.

Таблица 4

Механический состав горизонта IV–а								
выра ботки	Глубина в метрах	Механический состав в %						
		Диаметры в м.м.						
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
1	0,5	1,48	15,22	24,36	32,74	3,52	15,68	58,94
1	0,5–1,0	0,93	21,02	33,00	30,60	0,64	13,76	45,00
1	1,0–1,5	1,87	22,20	41,08	19,14	1,92	13,76	34,82
2	0,5	1,00	14,78	23,90	41,76	2,88	15,68	60,32
2	0,5–1,5	0,43	10,34	47,71	30,00	4,80	6,72	41,52
2	1,5–2,0	1,09	11,52	34,71	42,12	2,56	8,00	52,68
3	0,4–1,65	0,60	19,94	30,91	42,79	1,92	3,84	48,55
A	1,0	0,36	16,53	44,19	31,00	1,44	6,48	38,92
A	2,0	1,20	28,82	26,80	31,09	5,28	6,00	43,18
B	1,0	0,59	17,19	35,97	31,21	11,84	3,20	46,26
B	2,0	1,26	19,72	40,20	23,14	4,80	10,88	38,82
Г	1,0	0,55	11,24	38,20	32,41	6,44	11,16	50,01
Г	2,0	0,79	14,32	40,02	30,47	8,32	6,08	44,87
Д	1,0	0,68	11,04	40,44	29,60	8,00	10,24	47,84
К	1,0	1,14	25,52	43,86	7,72	1,28	20,48	29,48
М	1,0	19,42	15,02	35,70	6,82	4,80	18,94	29,86
М	2,0	0,49	8,19	44,70	29,02	6,40	11,20	46,62

Возможно здесь были иные физико-географические условия с иной растительностью или её отсутствием. Известную роль играют диагенетические изменения отложений. Главная причина, повидимому, здесь в росте статической нагрузки на глубине 2 м. Давление сухого грунта при объёмном весе в 1,55 составляет 0,330 кг/см², а дополнительный вес воды при заполнении пор составляет в среднем 0,45 от объёма 0,09 кг/см². Такая нагрузка достаточна для уничтожения макропор, достигающих, как уже указывалось, 59,06 %, т. е. скелет грунта составляет в этих суглинках 0,55–0,41 %. Сказанное подтверждается тем, что, как правило, в суглинках пористость убывает с глубиной.

Горизонт IVa является причиной проявления просадочных явлений, упоминавшихся уже в начале. При этом структура лёссовидных суглинков, особенно микроагрегаты, ближе к Вахшскому просадочному, чем к Бобриковскому, значительно менее просадочному суглинку (8).

V. Горизонт – почва

Почвенный покров, составляющий поверхностную часть террасы, не изучался. Мощность обогащённого гумусом субстрата составляет около 0,4 м. Механический анализ образца почвы из скважины 3 дал следующий результат:

Таблица 5

Механический состав почвы (горизонт V)							
№ выра ботки	Глубина в метрах	Механический состав в %					
		Диаметры в мм					
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
3.	0-0,4	3,86	12,14	34,88	15,12	2,72	31,28

В почве, примерно, вдвое больше частиц < 0,001 мм, чем в самом дезинтегрированном лёссовидном суглинке. Содержание карбонатов невелико и составляет 1,11 %.

ОПЫТ РАЗДЕЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРАСОВОГО КОМПЛЕКСА ПО УДЕЛЬНОМУ ВЕСУ

Для более детальной характеристики террасовых отложений р. Мулянки и подстилающих их отложений был применён способ Л. Б. Рухина (59), предложенный им для определения условий образования древних песков. Как известно, в качестве критерия для отличия отложений, перенесённых, водою, от эоловых, берётся соотношение минералов различных диаметров в лёгкой и тяжёлой фракциях. При этом, вследствие разной потери в весе в воде и в воздухе, эти соотношения для субаквальных и субаэральных отложений различны. Разделение на тяжёлую и лёгкую фракции производилось бромформом в делительных воронках. Бралась три фракции, полученные в результате механического анализа по методу Сабанина – > 0,25, 0,25–0,05 и 0,05–0,01 мм. Лучше было бы взять фракции, полученные в результате механического анализа на ситах, так как в этом случае погрешность от неодинакового удельного веса частиц была бы меньше.

Разделению по удельному весу были подвергнуты отложения скважины 2, которая является наиболее интересной и характерной. Она вскрыла подстилающие террасу пермские отложения. Находясь в центре участка, скважина одинаково удалена как от бровки, так и от тылового шва, где разрез искажён скульптурной и аккумулятивной деятельностью смыва.

Результаты разделения фракций механического анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6

Тяжёлая и лёгкая фракции отложений террасы и подстилающих их пород													
Гори- зонт	Глубина в метрах	Легкие минералы			Тяжелые минерал.			Общ. % тяжёл, мин. по весу	Медианный размер зёрен		Кoeffи- циент смещения		
		количество распред. в %							лег ких			тяже лых	
		размер зерен в %%											
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01						
IV	2,0–2,5	0,3	25,5	74,2	–	68,0	32,0	1,2	0,037	0,063	-2,6		
III	4,0–4,5	2,3	54,0	43,7	3,8	58,0	38,2	1,0	0,054	0,062	-0,8		
III	4,5–5,0	3,0	33,0	64,0	0,5	84,6	14,9	2,5	0,040	0,091	-5,0		
III	5,0–5,5	–	40,4	59,6	–	65,6	34,4	1,3	0,046	0,057	-1,1		
II	5,8–7,0	2,3	54,7	43,0	0,2	75,3	24,5	2,1	0,060	0,080	-2,0		
II	7,0–8,1	54,6	47,0	2,4	15,8	76,2	8,0	1,1	0,250	0,100	+15,0		
Pal.	9,3–10,0	42,5	48,1	9,4	24,3	67,7	8,0	1,2	0,220	0,110	+11,0		
Pal.	10,1–10,5	7,9	89,1	13,0	29,2	60,8	10,0	1,3	0,190	0,148	+5,0		

Процентное содержание тяжёлой фракции во всём песке пермских песчаников 1,2 и 1,3 %. Близкую цифру даёт и четвертичный аллювиальный песок –1,1 %, а в верхней его части содержание тяжёлых минералов растёт до 2,1 %.

Данные таблицы 6 были использованы для построения интегральных кривых (фиг. 1). При этом по оси абсцисс откладывались диаметры зёрен в логарифмическом масштабе, а по оси ординат весовые проценты частиц менее данного диаметра. Отложения характеризовались медианным диаметром или размером зёрен, относительно которых весовые количества зёрен, имеющих большую или меньшую величину, равны между собой. Практически это диаметры, соответствующие ординате 50 %. Разница медианных размеров зёрен лёгкой и тяжёлой фракций, умноженная на 100, составляет коэффициент смещения. По данным Л. Б. Рухина, для водных песков коэффициент смещения составляет от +3 до +10, для эоловых песков не превышает +2,0, а иногда представляет отрицательную величину.

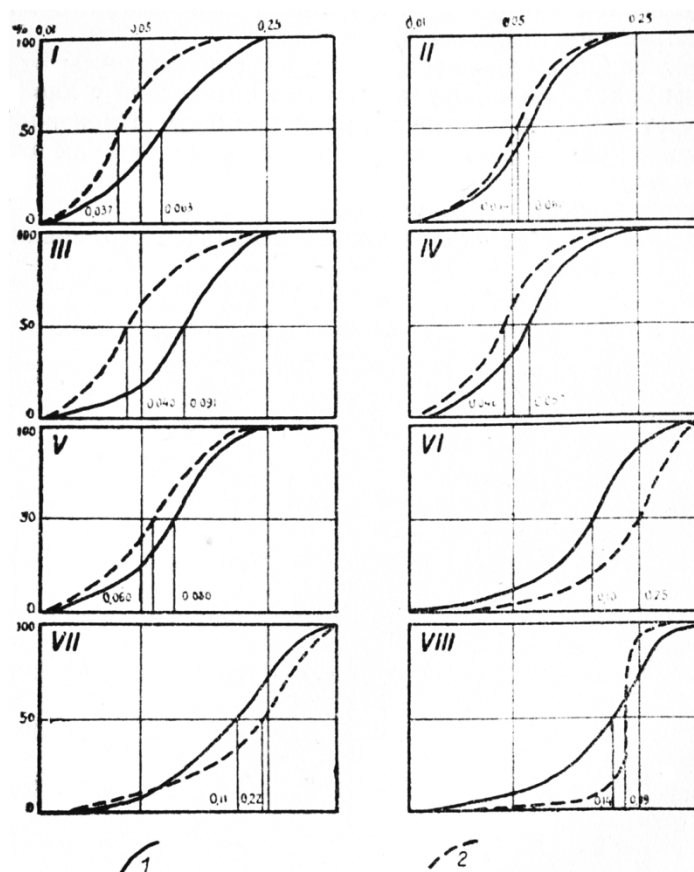


Рис. 1. Интегральные кривые механического состава тяжелых и легких минералов по скв.2.

I. глуб. 2–2,5 м. II. 4–4,5 м. III. 4,5–5 м. IV. 5–5,5 м. V. 5,8–7 м,
VI. 7–8,1 м. VII. 9,3–10 м. VIII. 10–10,5 м. 1 тяжелые минералы 2 легкие минералы.

Если мы обратимся к таблице 6, то данные о коэффициенте смещения представляют существенный интерес. Пермские песчаники дают значительный положительный коэффициент смещения +5 и +11, указывающий на образование в водной обстановке. Это – дельтовые подводные отложения (9). Речной песок нижней части II горизонта также имеет коэффициент смещения +15. Совершенно иную картину даёт верхняя часть II горизонта, III горизонт и нижняя часть IV горизонта. Коэффициент смещения здесь представляет отрицательную величину.

Поскольку верхняя часть II горизонта несомненно водного происхождения, надо предполагать, что причиной отрицательной величины коэффициента смещения является процесс выветривания. В русле реки при низком стоянии воды пески подвергаются процессам выветривания. Это и является причиной изменения соотношения между лёгкими и тяжёлыми зёрнами, которое становится необычным для песков водного происхождения. Если уже верхняя часть горизонта II затронута процессами выветривания, то отложения III горизонта, которые образовались в момент, когда данная терраса была поймой, тем более выветрены. Отложения горизонта III или стадии поймы являются уже аллювиально-делювиальными при значительной роли процессов выветривания и могут быть обозначены III al (el) d.

Горизонт IV представляет отложения стадии террасы, и аллювий не принимает участия в его формировании. Это образовавшиеся в субэразальных условиях элювиально-делювиальные отложения. Мы их будем в дальнейшем обозначать IV eld.

Для выяснения роли выветривания на изменение соотношений зёрен тяжёлых и лёгких минералов была взята фракция механического анализа 0,25–0,05, количество которой определяет характер интегральной кривой.

По скважине 2 мы имеем следующую картину.

Таблица 7

Содержание тяжелых минералов во фракции 0,25–0,05 мм скв. 2										
	Горизонт									
	IVa	IV	III	III	III	III	II	II	Pal.	Pal.
Глубина в м. вес в гр.	1,0–1,5	2,0–2,5	4,0–4,5	4,5–5,0	5,0–5,5	5,5–5,8	5,8–7,0	7,0–8,1	9,3–10,0	10,0–10,5
Лёгкой фракции	0,6504	1,2260	3,1960	1,9924	1,2046	1,1916	1,7940	2,6494	3,8178	5,5848
Тяжёлой фракции	0,0134	0,0482	0,0360	0,0828	0,0328	0,0376	0,0500	0,0295	0,0418	0,1100
% по весу тяжёлой от лёгкой	2,06	3,08	1,13	4,15	2,72	3,16	2,78	1,11	1,1	1,97

Обогащение тяжёлыми минералами горизонтов IVa – IV – III и верхней части II обусловлено как разрушением минералов лёгкой фракции выветриванием, так и специфическими условиями переноса. В момент смыва как в стадии поймы, так и в стадии террасы, лёгкие минералы сносятся, а тяжёлые задерживаются и тем самым дополнительно обогащаются. Характерно, по данным таблицы 7, что обогащается тяжёлыми минералами фракция 0,25–0,05 мм, т. е. содержащая сравнительно крупные зёрна, более трудно передвигаемые при смыве. Известную роль в обогащении этой фракции тяжёлыми минералами играл принятый метод механического анализа по Сабанину, где вследствие разделения в воде, благодаря высокому удельному весу минералов, их село несколько больше. Однако проведённые контрольные механические анализы на ситах, с последующим разделением тяжёлой жидкостью фракций, дали в общем те же результаты.

ИНДЕКСЫ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА

Научная мысль давно работает над способами лаконичного точного названия кластических осадочных пород. Одно из интересных предложений принадлежит А. Холмсу (76), который обозначил эти породы числом по результатам механического анализа. Кластическая порода по А. Холмсу выражается трёхзначным числом, в котором сотни обозначают число десятков процентов песчаных частиц ($> 0,1$ мм); десятки – число десятков процентов алевритовых частиц ($0,1–0,01$ мм) и единицы – число десятков % глинистых частиц ($< 0,01$ мм). Десятки берутся по следующей шкале:..

0 –	0–10
1 –	10–20
2 –	20–30
.....	
9 –	90–100

Порода с составом: песок 33,6 %, алеврит 43,9 % и глина 22,5 % будет обозначена индексом $J_H=342$. Чистые стекольные пески будут иметь индекс 900 и чистые глины 009.

В литературе мы знаем только один-два примера применения индексов Холмса, а именно в работах В. Н. Кузина (34, стр. 161) и Б. Ф. Землякова (29, стр. 1530).

Существуют и другие предложения для выражения кластических пород в виде различных формул и отношений, принадлежащие Г. Тумину (67), Б. Б. Полюнову (51) и другим (47, 28, 75). Все эти предложения, несмотря на утверждение одного из способов авторитетной Комиссией по выработке номенклатуры рыхлых осадочных пород при отделе съёмки четвертичных отложений Института Геологической карты ГГУ, не вошли в жизнь. Формула, принятая указанной выше комиссией, состоящая из букв и коэффициентов, оказалась мало практичной.

В лаборатории возглавляемой мною кафедры динамической геологии и гидрогеологии Молотовского университета за 12 лет было проделано весьма большое число механических анализов как четвертичных, так и дочетвертичных отложений. При обработке были применены предложенные автором индексы, представляющие видоизменение индексов Холмса. Так же, как и у Холмса, пластическая порода обозначается числом. Число может быть трёхзначным – для мелких песков, двухзначным – для алевритов, не содержащих песчаных частиц, и

однозначным – для чистых глин. Нули в начале числа, как это делал Холмс, не пишутся. При этом сотни обозначают число десятков процентов мелкого песка (75) 0,25–0,01 мм, по данным механического анализа, десятки – число десятков алевритовых частиц от 0,1 до 0,01 мм, а единицы – глинистых < 0,01 мм. При этом для числа десятков применяются обычные, принятые в математике правила округления, т. е.

5–15	обозначается как 1 десяток
15–25	обозначается как 2 десятков
25–35	обозначается как 3 десятков
.....	
75–85	обозначается как 8 десятков
и только 85–99	обозначается как 9 десятков

Этот способ обозначения десятков процентов, принятый и Комиссией по выработке номенклатуры рыхлых осадочных пород, позволяет отмечать и весьма часто встречающееся содержание фракций в 5–9 %, которые по Холмсу не учитывались и обозначались как О.

Помимо трёхзначных чисел, для крупного и среднего песка применялись четырёхзначные числа, при чём число тысяч индекса обозначает содержание в породе десятков процентов зёрен по весу 1,0–0,25 мм. Наконец, гравийно-галечные фракции от 100 до 1 мм обозначаются десятками тысяч, указывающими на число десятков процентов этих фракций в породе. Эти числа или индексы обозначаются Jm для того, чтобы их отличать от индексов Холмса. Можно было бы ввести пятизначное число для гравия и шестизначное для галечника, однако это были бы слишком большие числа. При желании выделить содержание тонких частиц менее 0,001 мм, их можно указать по тому же признаку, но после запятой в виде десятых. При этом число десятков процентов частиц < 0,01 указывается в индексе в виде единиц, а число частиц < 0,001, входящих также в число частиц < 0,01, в виде десятых. Таким образом, запятая обозначает, в том числе частиц < 0,001 мм, столько-то десятков процентов.

В СССР весьма распространён комбинированный метод механического анализа по Сабанину-Робинзону. Неудобство этого метода для петрографии осадочных пород заключается в том, что ни индексы Холмса, ни предложенные автором неприменимы, так как при этом анализе не выделяется алеврит (0,1–0,01 мм), а соединяется мелкий песок с крупной пылью (0,25–0,05 мм) и вместо алевритовой фракции выделяется лёгкая пыль (0,05–0,01). Для того, чтобы использовать громадное количество анализов, произведённых по методу Сабанина и комбинированному методу Сабанина – Робинзона, автором были предложены индексы, основанные на распределении фракций по Сабанину. Они выделяются так же, как и для анализов, содержащих песок и алеврит, только в индексе сотни указывают содержание десятков процентов частиц 0,25–0,05 мм, а десятки – фракции 0,05–0,01. Индексы эти обозначаются J^S_M. Пример обозначения механического состава различными индексами приведён в таблице 8.

Таблица 8.

	Механический состав в %							Индексы по Холмсу J _H	Индексы по Максимовичу J _M	Индексы по Сабанину J ^S _M
	5–1	1–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	<0,01	<0,001			
Галечник с песком	21,40	21,57	22,03	10,3	11,43	12,54	7,52	–	22221,1	–
Песок среднезернистый, глинистый	–	24,99	28,80	10,1	1,34	23,74	12,88	512	2312,1	–
Суглинок	–	–	1,22	5,66	54,64	38,48	5,61	0,63	64,1	–
Песок глинистый	–	14,90	48,90	–	22,46	13,74	8,72	–	–	1521,1
Суглинок	–	0,36	16,53	–	44,19	38,92	6,68	–	–	244,41

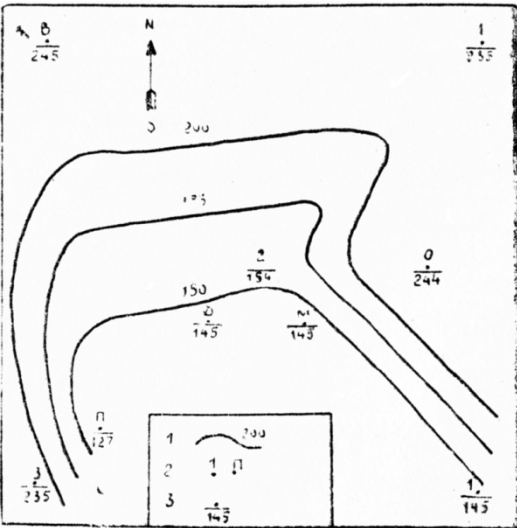


Рис. 2. Кривые одинакового механического состава горизонта IV.
1 Кривая. 2 выработки. 3 индексы образцов в выработках (J^S_M)

Основное применение индексов механического состава по мысли Холмса (76), – это точное изображение площадного распространения различных пород. Нанеся на карту точки, где отобраны образцы, для которых произведён механический анализ, и индексы, можно построить линии одинакового механического состава. Эти контуры, по Холмсу, будут графически показывать изменение литологии, а также направление и изменение скорости потоков, береговой линии, эстуарий, устьев рек и т. д. Нам неизвестно применение этого интересного предложения.

В геологии моря пользуются изолиниями % содержания частиц < 0,01 мм (31). Индексы I_M^S были нами использованы для составления карточки изменения механического состава горизонта IVa, для которого имелось больше всего данных. Она построена в изолиниях (Рис. 2.).

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ

Приведённые данные позволяют вкратце охарактеризовать выделенные по литологическому составу горизонты, которые, как это раньше установлено, имеют и генетическое значение, представляя стадии образования террасы. Это удобнее всего представить в виде таблицы 9.

Данные таблицы весьма показательны. Среднее содержание глинистых частиц (< 0,01 мм) закономерно растёт от 6,51 для первого горизонта до 49,12 %. Это указывает на замедление движения водных потоков, которые переносили осадки по мере накопления отложений террасы. Для горизонтов I, II и III это – замедление течения реки на данном участке, а для горизонтов III и IV также результат малого смыва наиболее тонких частиц при их приносе атмосферными водами с более высоко расположенных участков и дезинтегрировании отложений выветриванием как на данном месте, так и на участке, откуда материал принесён. Уменьшение размера частиц снизу вверх показывают и индексы I_M^S . Увеличение нескольких индексов в горизонтах III и IV обусловлено приносом в район тылового шва, с более высоко расположенной II террасы, галечника (I_M^S 45000) и песка (I_M^S 1513,1; 1529,1).

Коэффициент смещения указывает на обстановки, в которых образовались отложения террасы: а) субаквальную, имевшую место в момент отложения горизонта I и нижней части II горизонта, б) чередование субаквальной обстановки с субаэральной (верхняя часть горизонта II и горизонт III), в) субаэральную – горизонты IV и V. Последний этап характеризуется только снеговым покровом зимой и явлениями смыва во время дождей и таяния снега.

Субаквальная обстановка отличается положительным коэффициентом смещения более 3, а индикатором субаэрального выветривания является отрицательная величина этого коэффициента. Результаты разделения пермских песчаников на тяжёлые и лёгкие минералы подтвердили имеющееся представление об их водном происхождении. Субаэральное выветривание отражается также в виде увеличения общего содержания тяжёлых минералов в отложениях.

Таблица 9

Характеристика генетических горизонтов зонтов 1-й террасы р. Мулянки

Стадии развития	Отложения			Мощность в метр.	Содержание карбонатов в %	Процент содержания тяжёлых минералов по весу	Коэффициент смещения	Пористость в %			Индексы механического состава I_M^S	Процент содержания частиц < 0,01 мм
	Генезис	Горизонт	Литологический состав					средняя	максимальная	минимальная		
Стадия террасы Е	Почвенные образования	V	Почва	0,4	1,11						136,3	49,12
	Элювиально-делювиальные отложения	IVa	Лёссовидные суглинки	1,5	6,99			40,66	59,06	26,97	126,2 226,2 245,1 135,1 235,1 334,1 144,1 244,1 343,1 145,1 154,1	44,57
		IV	Пески Суглинки и галечники	1,0–1,2	4,47	1,2	-2,6	33,58	48,79	19,43	127,2 1513,1*) 135 1523,1*) 136 424,1	40,49**)
Стадия поймы Д	Аллювиально-плювиально-делювиальные отложения	III	Супесь и глинистые пески С песком в делювиальном шлейфе	1,3–2,8	8,01	1,0 1,3 2,5	-0,8 -1,1 -5,1	33,77	37,68	31,64	235,1 244,0 334 45000*)	36,96**)
Стадия русла А	Аллювиальные отложения	II	Пески	2,3–2,7	11,46	Верх 2,1 низ 1,1	Верх -2, низ +15	35,15	39,73	31,82	424,1 1512 613,2 1613 712,1	27,19
		I	Галечники с песком	1,2							32301 36000	
	Размытая поверхность										32301 36000	6,51
Коренные Четвертичные образования	Рап. отложения подводной части дельты реки пермского периода		Песчаник	Только вскрыты	11,54 и 13,98	1,2 и 1,3	+5 +111				3511 3611	5,61 и 8,16

Примечание: *) Делювиальный шлейф. **) С учетом данных по делювиальному шлейфу.

Пористость как средняя, так и максимальная убывает от лёссовидных суглинков горизонта IV к горизонту III, а в песках горизонта II несколько увеличивается. Содержание карбонатов в общем растёт от горизонта V к I. Это объясняется нисходящей инфильтрацией атмосферных осадков, с привносом характерных для данной зоны кальция и гидрокарбонатного иона (43, 44), обусловленных сиаллитно-карбонатным выветриванием (38) и гидрогеологическими условиями.

Приведённые данные доказывают, что I аккумулятивная терраса р. Мулянки является сложным образованием. Она представляет закономерную смену аллювиальных, аллювиально-делювиальных,

элювиально-делювиальных (и почвенных) образований.

Между тем обычно принимается, что речные террасы являются аллювиальным образованием с развитием делювиального шлейфа в районе тылового шва (19, 71, 72).

Результаты детального изучения аккумулятивного комплекса I террасы р. Мулянки показывают более сложную картину. Детализация стратиграфии террасового комплекса объясняет причину давно известной закономерности об изменении гранулометрического состава по вертикали. Разрез по наиболее детально изученной скважине 2 это прекрасно иллюстрирует (фиг. 3). Это колонка механического состава, впервые применённая М. Вокресенским (15) и затем названная литогенетической (53).

КРАТКИЕ ДАННЫЕ О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Гидрогеологические условия I террасы р. Мулянки довольно просты. В соответствии с литологическим составом здесь имеются два водоносных горизонта: верхний сезонный водоносный горизонт, имеющим место весной и осенью, или верховодка, и нижний постоянный горизонт грунтовых вод. Первый из них приурочен к IVa горизонту – элювиально-делювиальным лёссовидным суглинкам, а второй к I и II горизонтам аллювиальных отложений, представленных галечником и галечником с песком. Гидрогеологические свойства пород выделенных генетических горизонтов, в виде пористости и проницаемости, по данным лаборатории гидрогеологии кафедры динамической геологии и гидрогеологии Молотовского университета, следующие (таблица 10).

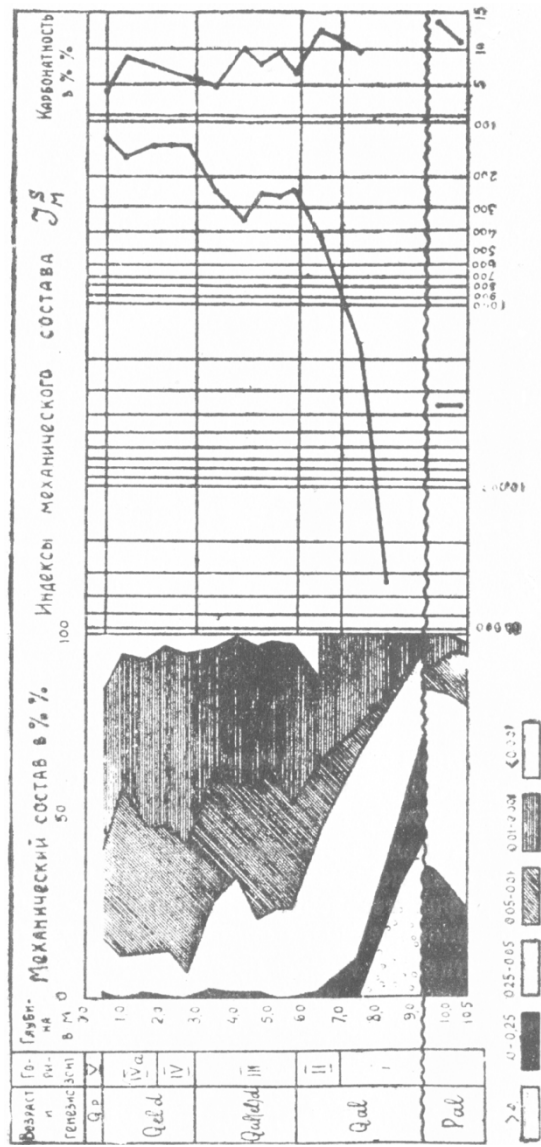


Рис. 3. Литологическая колонка 1 террасы р. Мулянки по скв. 2.

Почва является зоною сезонной капиллярной каймы верховодки. Весной, во время таяния снега и после

сильных дождей, вода, инфильтрующаяся через почву, обладающую коэффициентом фильтрации 0,0038 см/сек, попадает в лёссовидные суглинки горизонта IVa. Коэффициент фильтрации здесь составляет 0,0018 см/сек. Так как находящиеся ниже IV и III горизонты характеризуются значительно меньшим K $3,4 \times 10^{-6}$ см/сек и 5×10^{-7} см/сек, то вода задерживается в порах лёссовидных суглинков горизонта IVa. Средняя величина пористости здесь составляет 40,66 %, достигая, как максимум, 59,06 %. В периоды обильной инфильтрации в горизонте IVa образуется временный горизонт гравитационной воды или верховодки. К лету вода из него частично инфильтрируется через горизонты IV и III в пески II горизонта, а частично испаряется, т. к. капиллярная кайма находится вблизи дневной поверхности. В моменты нисходящего потока поры суглинков горизонта IV заполнены водой.

Таблица 10

Горизонт	Генезис	Литологический состав	Средняя порис. в %	Ккоэффициент проницаемости см/сек	Гидрогеологические условия
V	Qp	Почва	Не определ.	0,0038	Зона сезонной капиллярной каймы верховодки
IV a	Qel.d ₂	Лессовидные суглинки	40,66	0,0018	Верховодка – сезонный водоносн. горизонт
IV	Qel.d ₁	Суглинки	33,58	0,0000034	Зона периодического нисходящего потока атмосферной воды
III	Qal(e)ld	Суглинки, местами песчаные	39,77	0,0000050	Зона капиллярной каймы грунтовых вод
II	Qal ₂	Пески, пески глинистые	35,15	0,011	Горизонт грунтовых вод
I	Qal ₁	Галечник с песком	не определена	не определён	

Постоянным водоносным горизонтом грунтовых вод являются пески горизонта II и галечники горизонта I. Над поверхностью зеркала грунтовых вод, претерпевающей сезонные колебания выше и ниже, находится капиллярная кайма грунтовых вод. В зависимости от положения скатерти грунтовых вод, она заполняет II и на различную высоту III горизонты.

Грунтовая вода представляет поток, стекающий из галечников и песков в основании II террасы р. Мулянки, через галечники и пески делювиального шлейфа в IV и III горизонтах I террасы, в её II и I горизонты. Далее грунтовый поток через песчано-галечные образования поймы впадает в р. Мулянку, которую он питает. Грунтовые воды I и II горизонтов в основании I террасы р. Мулянки имеют не всюду водоупорную подошву, т. к. подстилаются частично песчаниками молотовского горизонта юговской свиты казанских отложений. Благодаря этому, не исключена возможность некоторого питания грунтового потока из этих песчаников. Такое явление было установлено для грунтового потока на правом берегу р. Камы, в черте г. Молотова.

Вертикальная инфильтрация обуславливает обогащение разреза карбонатами от V горизонта к I. Некоторое повышение % содержания карбонатов в IVa горизонте (таблица 9) обусловлено приуроченностью к нему верховодки.

ОСНОВЫ СТАДИЙНОГО РАЗВИТИЯ АККУМУЛЯТИВНОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНЫХ ТЕРРАС

Детальное изучение первой надпойменной террасы р. Мулянки, левого притока р. Камы, позволяет установить основные стадии формирования аккумулятивного комплекса, на основе генетического расчленения отложений. Выделенные стадии и горизонты имеют общее значение при расчленении аккумулятивного комплекса речных террас.

Террасы речных долин, если они являются аккумулятивными, представляют, по большей части, сложное образование. Только условно при самом общем рассмотрении вопроса их можно считать аллювиальными отложениями по первоначальному происхождению преобладающей части материала. Аккумулятивный комплекс даже сравнительно молодых террас представляет при нормальном развитии цикла эрозии закономерную смену аллювиальных, аллювиально-делювиальных, элювиально-делювиальных (и почвенных) образований. В состав террасового аккумулятивного комплекса или покровных отложений в более сложных случаях могут входить: гляциальные (морены), озёрно-болотные (торф), эоловые (дюны, лёсс), почвенные (ископаемые почвы), поногенные (45) – (культурный слой), вулканогенные (вулканический пепел, лавовые потоки) и другие образования (силевые выносы и т. д.).

Ниже мы рассмотрим происхождение аккумулятивного комплекса речных террас для простого случая, при нормальном развитии (цикла эрозии). При этом нами взят довольно типичный для экстрагляциальной части Европейской СССР случай развития на террасе лёссовидных образований. При наличии на водоразделе или более высоких террасах песков, покровные образования будут песчаными.

Рассмотрим явления, происходящие на каком-либо участке реки (фиг. 4). При нормальном развитии (цикла эрозии, когда река выработала профиль равновесия и преобладание глубинной эрозии над боковой сменяется преобладанием боковой эрозии над глубинной, на рассматриваемом участке, в результате разрушения боковой эрозией коренных пород (вместе с покрывающими их более древними террасами этой же реки), на размытой

поверхности откладываются в субаквальных условиях аллювиальные образования. При этом, при нахождении на данном участке стержня реки, накапливается наиболее крупный материал – галечник. Ему сопутствуют песчаные и в известном количестве алевритовые и глинистые частицы (фиг. 4, стадия русла Qal₁).

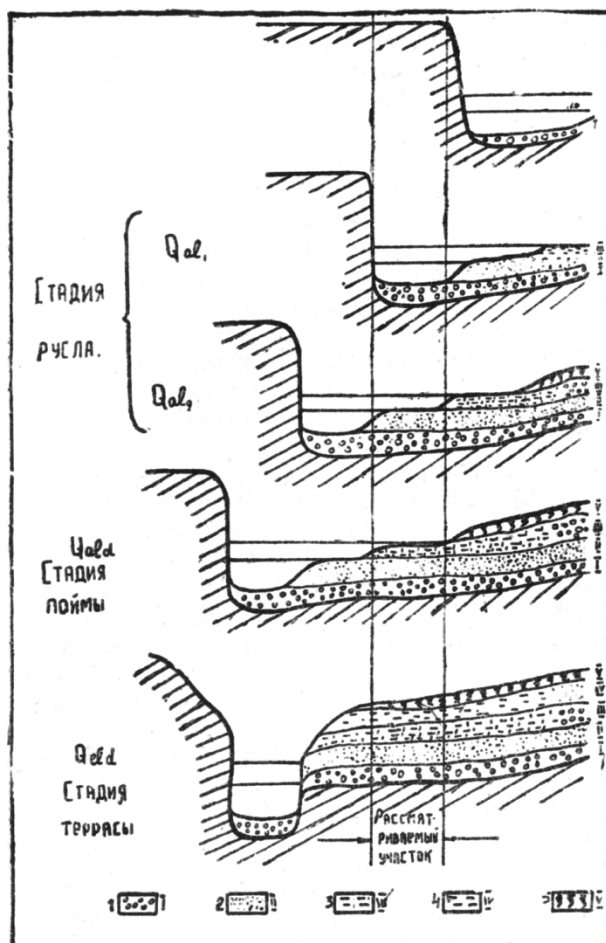


Рис. 4. Стадии развития аккумулятивных речных террас равнин.

1. I горизонт галечника с песком. 2. II горизонт песка. 3. III горизонт глинистых песков и супесей.
4. IV горизонт суглинков. 5. V горизонт почвы.

По мере замедления скорости течения, связанного с перемещением стержня реки в сторону от данного участка, вследствие дальнейшей боковой эрозии, галечниково-песчаный материал сменяется песчано-галечным, песчано-гравийным, со всё уменьшающимся количеством и диаметром галек и зёрен гравия. Далее гравий и галька совершенно исчезают. Галечник, и песчано-гравийные отложения по вертикали сменяются песком, глинистость которого постепенно растёт, а диаметр песчаных зёрен уменьшается. Пески сменяются глинистыми песками (фиг. 4, стадия русла Qal₂).

Дальнейшее перемещение стержня реки приводит к тому, что рассматриваемый участок находится в субаквальных условиях только весной и при сильном выпадении осадков (умеренный климат). Участок из стадии русла начинает переходить в стадию поймы. Переход этот происходит постепенно. Всё меньшее число дней аллювиальные отложения покрыты водою. Субаэральные условия вызывают процесс выветривания. Теперь накаплиются только наиболее тонкие частицы. Чисто аллювиальные отложения вверху сменяются аллювиально-элювиальными. Когда только во время таяния снегов река перекрывает водою данный участок, переход в стадию поймы завершён. Отложения стадии русла, лежащие в основании аккумулятивного комплекса террасы, по литологическому составу подразделяются на два горизонта: 1) галечниково-песчаный, 2) песков и глинистых песков.

Переход осадков из субаквальных условий в субаэральные начинается уже в стадии русла. Время нахождения аллювиальных отложений в субаэральные условия всё растёт. Они всё более и более подвергаются выветриванию и превращаются, по крайней мере, в верхней части, из чисто аллювиальных в аллювиально-элювиальные. Для первой террасы р. Мулянки это выветривание отложений верхней части II горизонта отмечается по отрицательному значению коэффициента смещения.

Уже в стадии русла, когда рассматриваемый участок только периодически находился под водою, изменяется характер отлагающихся осадков. Течение уже весьма медленно, и водою приносятся перекачиванием и во взвешенном состоянии только более мелкие частицы. Это уменьшение диаметра отлагаемых частиц ещё большей степени наблюдается в стадии поймы. Кроме того сказываются всё усиливающиеся процессы выветривания, приводящие к дополнительному дезинтегрированию отложившегося материала. Вследствие этого

основными отложениями, представляющими в разрезе террасового комплекса его пойменную стадию, будут пески, по большей части, мелкозернистые и глинистые, а также супеси и суглинки.

На стадии поймы начинается всё более сказываться процесс смыва дождевыми и тальми водами поверхностного покрова с вышерасположенной более древней террасы и водораздела. На поверхности поймы накапливается не только тонкий аллювиальный материал, во время половодий, но и делювий. Последний при наличии вышерасположенной террасы образует делювиальный шлейф, в состав которого входят не только глины, суглинки и пески, но и галечник. При этом, естественно, что крупность частиц и мощность делювиального шлейфа убывает от тылового шва поймы к её бровке. Аллювиальные и делювиальные отложения стадии поймы, сильно переработанные процессом выветривания, составляют III горизонт (фиг. 4, стадия поймы).

Возобновление преобладания глубинной эрозии превращает пойму в первую надпойменную террасу. Субаэральные условия уже существуют всё время. Поверхность рассматриваемого участка только периодически покрывается тонкою водяною плёнкою во время выпадения дождей и таяния снега. Участок переходит в стадию террасы.

Накопление материала на поверхности террасы продолжается, но это уже не речные отложения, а результат смыва с более высокорасположенной террасы и частично продукты эоловой аккумуляции. Процессы выветривания превращают их в элювиально-делювиальные образования. Возможно накопление эолового (дюны), пролювиального, поногенного, болотного, вулканического (пепел, лава) и других материалов. Мы эти случаи не рассматриваем, ограничиваясь наиболее типичными для этой стадии элювиально-делювиальными образованиями. Они составляют IV горизонт. В зависимости от характера отложений на вышерасположенных участках, на поверхности террасы накапливаются пески или суглинки, либо то и другое. В рассмотренном нами случае на р. Мулянке накопились суглинки, отчётливо подразделяющиеся на два подгоризонта. Нижний из них (IV) представлен менее дезинтегрированными частицами. Суглинки здесь имеют меньшую пористость.

Верхняя часть (IVa) представляет типичные лёссовидные суглинки. Образовались они за счёт медленного накопления тонкого материала, принесённого атмосферными водами и частично ветром в условия растительного (травянистого) покрова. Лёссовидные суглинки (IVa), образованные делювиальным материалом, подвергшимся многообразному выветриванию как на месте своего прежнего залегания, так и на данной террасе, более тонки, чем подстилающие их отложения (IV).

В случае наличия на расположенной выше террасе песчаных образований горизонт IV не делился бы на подгоризонты и был бы сложен песком. В районе тылового шва в момент накопления отложений горизонта IV продолжается образование делювиального шлейфа, состоящего из более крупнозернистых продуктов разрушения бровки более высокой террасы.

Верхний горизонт (V) представляет почвенный покров.

Такова в самых общих чертах первая часть истории образования аккумулятивной речной террасы. Дальше, когда формируется следующая, наиболее молодая, ниже по вертикали расположенная терраса, начинается процесс разрушения рассматриваемой. Это может произойти размывом и обрушением за счёт подмыва лежащих в основании террасового комплекса аллювиальных отложений (1) или даже коренных пород, на которых они расположены, при меандрировании.

Второй путь цельнейшего развития террасового комплекса – это постепенный смыв отложений. Уже при понижении базиса эрозии относительно бровки на данном участке рассматриваемой террасы происходит смыв, который при формировании нижележащей террасы приводит к образованию местного базиса денудации. Уступ рассматриваемой террасы становится всё положе за счёт размыва. Бровка её не первичная, а получающаяся в результате денудации, по мере разрушения передвигается к тыловому шву. Местный базис денудации (подошва террасы) перемещается по нижележащей террасе от тылового шва её к бровке или к тальвегу долины. Формируются горизонты Qal (el) d (III), Qeld (IV) нижележащей террасы. Постепенно площадь рассматриваемой террасы уменьшается за счёт размыва на одних участках и смыв на других.

На этом закончим рассмотрение основ стадийного развития террасы, т. к. в нашу задачу входило в основном генетическое членение аккумулятивного террасового комплекса.

История образования речной аккумулятивной террасы взята для наиболее простого случая. Не рассмотрены явления образования стариц с их озёрно-болотными образованиями. Только вскользь указана возможность наличия в горизонте IV эоловых, пролювиальных, вулканических, поногенных и других отложений. Вполне естественно, что разрез террасы, отражая историю речной долины на данном её участке, часто включает и эти образования, так же, как и другие. Рассмотрение всех возможных случаев не входило в задачу.

Схема генетического расчленения аккумулятивного комплекса речных террас, с основными этапами истории, приведена в таблице 11. История образования террасы иллюстрируется графиком (фиг. 4).

Схема стадий развития аккумулятивных речных террас

Стадии развития		Условия образования	Отложения			Процессы, происходящие на одном из участков террасы		
			Генезис	Горизонт	литологический состав			
Размыв и уничтожение		Субаэральные				14. Переход террасы в II надпойменную, III-ю и т. д. Постепенное уничтожение аккумулятивного комплекса смывом и размывом		
Стадии аккумуляции	Стадия террасы Е		Qp Почвенные образования	V		Почва	13. Почвообразование. Накопление на террасе материала, смытого с более высоких террас и водоразделов.	
			Qeld Элювиально-делювиальные отложения	IV	a	Лёссовидные Пески суглин. Суглинки	12. Смыв с вышерасположенных участков. Выветривание на месте, откуда происходит смыв и на данной террасе. Значительная роль биохимического и биофизического выветривания. Делювиальный шлейф у тылового шва. Возможны: гляциальные, эоловые, озерные, болот. и друг. образ.	
	Стадия поймы Д		Qal(el)d Аллювиально-элювиально-делювиальные отложения	III		Суглинки с песком в делювиальном шлейфе	11. Переход полностью в субаэральные условия. 10. Накопление тонкого аллювиального материала при паводках и материале того с более высоких террас и водораздела. Особенно сильное участие делювиальных образований в районе тылового шва. 9. Переход в стадию поймы.	
			Стадия русла А	Qal Аллювиальные отложения	II	Пески, глинистые пески	8. Начало процесса субаэрального выветривания. 7. Участок русла покрыт водою только при высоком стоянии её. 6. Дальнейшее перемещение стержня реки, замедление течения. 5. Отложение песков, глинистых песков.	
I	Галечник с песком	4. Боковая эрозия, стержень реки перемещается с данного участка замедлен. 3. Отложение на дне русла с песком галечника (стержень реки). 2. Участок попадает в субаквальные условия.						
Размыв коренных или аккумулятивных отложений			1. Размыв коренных, или аккумулятивных отложений.					

ВЫВОДЫ

Детализация стратиграфии террасового комплекса имеет не только теоретическое значение, так как позволяет глубже понимать происходящие процессы, но и важна для практики. Приуроченность большинства городских «поселений и промышленных предприятий к речным террасам позволяет широко использовать основы их стадийного развития в инженерной геологии и гидрогеологии. При поисках россыпных полезных ископаемых (золота, платины, олова) генетическое расчленение разреза террас поможет находить скопления, приуроченные к делювиальному шлейфу в горизонтах III и частично IV. Этот же делювиальный шлейф, также, как и перекааты в русле реки, являются наиболее удобным местом для добычи небольших количеств гравийно-галечного материала.

Кафедра динамической геологии и гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абелев Ю. М. Временная инструкция по проектированию и возведению гражданских и промышленных сооружений на лёссовидных грунтах. Строительная промышленность № 7, 1931.
2. Абелев Ю. М. Практика строительства по опыту Кузнецкстроя. Труды БИОС. Стр. 75, 1934
3. Абелев Ю. М. Свойства лёссовидных грунтов. Труды БИОС. Сборник 5, 20–42. 1935 (с картой распространения лёссов и лёссовых суглинков).
4. Абелев Ю. М. Грунты Кузнецкстроя. Труды БИОС сб. 5, 43–52, 1935.
5. Абелев Ю. М. Основные результаты изучения особенностей строительных свойств лёссовидных грунтов и методов их упрочнения. Строительство на лёссовидных грунтах, 7–54, 1939.
6. Андрухин Ф. Л. Свойства лёссовидных грунтов Приташкентского района и методы их изучения. Труды Среди. Аз. Геолог. Треста в. 2, 58–76. 1937.
7. Апродов В. А. Гляциальные дислокации высоких речных террас в окрестностях г. Перми. Изв. АН. Сер. геолог., № 6, 51–58, 1940.
8. Астапов С. В. Строение почвенных агрегатов. Вестник мелиорации и гидротехники. № 2, 92–103, 1940.
9. Бабков К. В. К геолого-петрографической характеристике ниже-казанских отложений Пермско-Кунгурского района. Учёные записки Пермского госуд. университета, вып. XVII сессии междунардн. Геология, конгресса ч. 1, 15–61, 1937.
10. Батулин В. П. Палеогеография по терригенным компонентам. Баку, 1937.
11. Батыгин В. И. К методам оценки просадочности глинистых грунтов. Гидрохимическое строительство № 7. 1933. Геология на фронте индустриализации. № 2. 1933.
12. Батыгин В. И. Задачи инженерно-геологических исследований в связи с оценкой строительных свойств грунтов. Геология на фронте индустриализации № 7–9, 1933.
13. Батыгин В. И. К вопросу о прогнозе просадочных явлений в лёссовидных грунтах. Сборник Гидроэнергопроекта № 4, 1938.
14. Висконт К. И. Некоторое соображение об удлинении пути миграции шлиховых минералов. Вопросы исследования шлихов, 43–38, 1937.

15. Воскресенский М. Механический состав рыхлых пород, как показатель их генезиса. Водные богатства недр на службу соцстроительству. I Всесоюзный гидрогеологический съезд. Сб. 4, 133–146; 1933.
16. Гвоздев В. С. Просадки на Мало-Кабардинской оросительной системе. Изв. Гос. Науч. Мелиор. Ин-та, в. XXI, 1930.
17. Герасимов И. Л. и Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР. Труды Института географ. АН СССР, т. 33, 1939.
18. Герасимов И. П. и Марков К. К. Четвертичная геология, 1939.
19. Дементьев В. А. Материалы по методике комплексного геоморфологического изучения речных террас. Изв. Гос. Геогр. Об-ва. т. 70, в 4–5, 477–479, 1939.
20. Денисов Н. Я. Просадочные явления на Терской оросительной системе. Разведка недр № 17, 30–34, 1937.
21. Денисов Н. Я. К оценке строительных свойств лёссовидных суглинков. Материалы по геологии и пол.ископ. Сборник 2, Ростов Д. 1938.
22. Денисов Н. Я. Поверхностные явления и оползни глинистых пород. ДАН т. 33, № 4, 295–296, 1941.
23. Денисов Н. Я. О роли электролитов в деформациях лёссовидных суглинков при увлажнении ДАН т. 33, № 2, 123–125, 1941.
24. Димо Н. А. Роль и значение термитов в жизни почвы и грунтов Туркестана. Русский почвовед. № 7–10, 1916.
25. Дранников А. М. Влияние воды на устойчивость лёсса. Разведка недр № 7, 36–38, 1937.
26. Дурденевская М. В. Просадка в лёссовых грунтах и теория эолового происхождения лёсса. ДАН СССР. т. 27. № 1, 24–29, 1940.
27. Замарин Е. А. и Решеткин М. М. Просадка и водопроницаемость лёсса. Труды Среди. Аз. Н. И. И-та Ирриг. 1932.
28. Земляков Б. Ф. К вопросу о классификации и номенклатуре рыхлых осадочных пород. Изв. Гл. Геол. Развед. Управд. т. 50 в, 34, 553–562, 1931.
29. Земляков Б. Ф. Эоловые пески Севского района. Изв. Всес. Геол. Разв. Объед. т. 50, в. 100, 1527–1533, 1931.
30. Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР М. 1:2500000, 1932.
31. Кленова М. В. Осадки Мотовского залива (К вопросу о комплексном исследовании современных осадков морей). Труды Всес. Н. И. Ин-та Морск. Рыб. хоз. и Океанографии т. V, 17, 1938.
32. Коробова А. С. К характеристике Казанских отложений г. Перми и г. Молотова. Учёные записки Пермского гос. университета, вып. к XVII сессии Международн. Геол. Конгресса, ч. 1, 75–88, 1937.
33. Краснопольский А. Общая геологическая карта России, лист 126-й Пермь – Соликамск. Труды Геол. комитета т. XI, № 1, 463–465.
34. Кузин В. Н. Краткая инженерно-геологическая характеристика четвертичных отложений Заволжья Труды Н. И. Ин-та Геологич. Сар. Гос. Ун-та т. I в. I, 147–188, 1939.
35. Лисицын К. И. О просадочных явлениях на Северном Кавказе. I Всесоюзн. Гидрогеол. съезд. Тезисы. 1931.
36. Лисицын К. И. О деформации суглинистых грунтов Предкавказья в связи с вопросами образования степных блюдеч. Изв. Сев. кавк. Геол. Развед. Треста, 1932.
37. Литвинов М. М. Классификация лёссовых грунтов по степени их просадочности и основные водозащитные мероприятия для сооружений на лёссовых грунтах ЦНИ ИСМ. Харьков, 1938.
38. Лукашев К. И. Физико-химические и строительные свойства лёссовидных грунтов. Элементы генетического грунтоведения, 162–166 1938. Грунты СССР, 179–184, 1939.
39. Максимович Г. А. Верхне-пермские отложения Пермско-Сарапульского района. Учёные записки. Пермского госуниверситета вып. к XVII сессии Международн. Геологич. Конгресса, т. 1, 3–8, 1937.
40. Максимович Г. А. Верхне-пермские отложения Пермско-Сарапульского района. Тезисы докладов XVII сессии Международного Геол. Конгресса, 100–101, 1937.
41. Максимович Г. А. Происхождение аккумулятивного комплекса речных террас. Доклады АН СССР т. 30, № 6, 515–518, 1941.
42. Максимович Г. А. Пористость геосфер. Доклады АН СССР т. 37, № 7–8, 245–248, 1942.
43. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Доклады АН СССР. т. 37, № 5–6, 211–216, 1942.
44. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Изв. Г. Географ. Общества т. 70, в. 1, 38–50, 1943.
45. Максимович Г. А. К истории геохимических процессов (историческая геохимия). Природа № 3, 15–25, 1943.
- 45а. Максимович Г. А. Пористость геосфер. Изв. АН. Сер. Геогр. и Геофиз. т. VIII, № 5, 298–324, 1944.
46. Мартынов П. Ф. Просадки. Северный Кавказ. Спр. водн. ресур. СССР.т. X, 714–720, 1936.
47. Мирчинк Г. Ф. Классификация рыхлых горных пород. Изв. Гл. Геол. У пр. т. 50, в. 34, 551–553, 1931.
48. Мордвинов А. Н. Строение поймы р. Тихвинки у д. Фишевицы. Изв. Всес. Геол. Разв. Объединения т. 51, в. 64, 923–931, 1932.
49. Осташев Н. А. Осадки сооружений на лёссовидных грунтах и распространение влажности в лёссах. Строительство на лёссовидных грунтах, 54–82, 1939.
50. Плюснин И. И. Аллювий Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги, как генетический тип геологических отложений. Труды Науч. Иссл. Ин-та Геологии Саратовск. Гос. Ун-та т. I в. 1, 247–274, 1939.
51. Полюнов Б. Б. К вопросу о классификации кластических грунтов Изв. Науч. Мелиорат. Ин-та в. 19, 1929.
52. Пономарёв А. Н. и Максимович Г. А. Влияние экспозиции на выветривание гипсов и известняков. Доклады АН СССР, т. 28, № 9, 731–736, 1940.
53. Пустовалов Л. В. Условия осадкообразования в верхнепермскую эпоху. Пробл. Сов. Геологии т. VII, № 11, 963–993, 1937.
54. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, ч. I и II, 1940.
55. Решеткин М. М. О карстовых явлениях в лёссах. Вестник Ирригации № Ю; 92–96, 1929.
56. Решеткин М. М. Просадки лёссовидных грунтов на ирригационных системах., I Всесоюзн. Гидрогеол. Съезд Тезисы 1931.
57. Решеткин М. М. Материалы по изучению явлений деформаций грунтов на Джунских землях под Ташкентом. Вопр. гидрогеол. и инженерн. геол. 4. III 53–75, 1933.
58. Роде А. А. и Седлецкий Е. Д. Песчаные почвы террасы р. Камы Тр. Почв. Ин-та АНт. XIX, в 2, 81–141, 1939.
59. Рухин Л. Б. Новый способ определения условий отложений древних песков. Проблемы Сов. Геол. т. VII, № 11, 953–959, 1937.
60. Строительство на лёссовидных грунтах. Укр. НИТО строителей, 288 стр. 1939.
61. Саваренский Ф. П. Присадки. Инженерная геология, 118–141, 1939.
62. Твенхофел У. Х. Учение об образовании осадков, 1936.
63. Тихвинская Е. И. Пермь – Волга. – Путеводитель Северного маршрута Пермской экскурсии XVII сессии Международн. Геолог. Конгресса, 118–142, 1937.
64. Токарь Р. А. Что называется лёссовидным грунтом. Труды ВООС сборник 5. 10–19, 1935.
65. Токарь Р. А. Количественная характеристика макропористых (лёссовидных) грунтов. Вопросы инженерно-геологических исследований в строительных целях. Сборник 7, 99–121, 1937.
66. Толстихина М. М. Кузино-Пермь. Путеводитель Пермской экскурсии XVII сессии Международн. Геологии. Конгресса, 37–60, 1937.
67. Тумин Г. Механический анализ и картографическая группировка пород и почв. Ежегодник по геологии и минералогии России, т. XII, в 1–2, 1910.
68. Федосов А. Е. Механические процессы в грунтах при замерзании в них жидкой фазы. Труды Ин-та Геологических Наук АН СССР, вып. 35, серия инженерной геологии № 4, 1940.
69. Штуkenберг А. Общая геологическая карта России, лист 127, Труды Геол. Ком.том. XVI, № 1, 1898.
70. Штуkenберг А. и Чернышев Ф. Н. Общая геологическая карта России, лист 127 Сарапул – Красноуфимск. (С объяснительной запиской А. А. Краснопольского) Труды Геологии. Ком. нов Сер. вып. 154.1922.
71. Шульц С. С. К вопросу о генезисе и морфологии речных террас. Труды Ком.по изучению четвертич. периода т. III, в. 2., 65–79,

1933,

72. Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас. Изв. Гос. Геол. Об-ва, т. 72, в. 6, 739–750, 1940.

73. Хеладзе И. Е. Явления образования трещин вдоль оросительных каналов. Труды II Всесоюзн. Гидрол. съезда, секц. подз. вод, 1929.

74. Щеголев Д. И. К вопросу изучения просадок грунта. Геология на фронте индустриализации № 7–9, 1933.

75. Яковлев С. А. О классификации и номенклатуре рыхлых осадочных пород по механическому составу. Известия Главн. Геол. Разв. Управления, т. 50, в. 547–551, 1931.

76. Holmes A. Representation of 'Mechanical Analyses by Point or Number Petrographic Methods and Calculations, p. p. 226–230 L, 1921.

77. Londe K. K. Caverns in loess. Am. Journ. Sci. New Haven. Com. ser. v. 25, № 145, 137–139, 1933.

78. Maximovich G. A. Origin of the accumulative Complex of river terraces. Comptes Rendus de Academie des Sciences de l'USSR, vol. XXX, № 6, 517–520. 1941.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ I ТЕРРАСЫ р. МУЛЯНКИ

Г. А. Максимович

Река Мулянка является левым притоком реки Камы, в которую она впадает в пределах городской черты г. Молотова. Течёт она в области развития верхнепермских отложений, представленных молотовским горизонтом юговской свиты казанского яруса (40). Пермские отложения выражены серыми, зеленовато-серыми, средние и мелкозернистыми песчаниками, чередующимися с плотными бурыми, красновато-коричневыми глинами и аргиллитами. Подчинённое значение имеют тонкие пропластки серых известняков и мергелей. Песчаники содержат залежи медных руд (9, 32, 39, 40, 63, 66).

Пермские отложения покрыты четвертичными образованиями. Последние представлены флювиогляциальными отложениями водораздельных пространств, террасами р. Камы и её притоков, современным аллювием речных долин, плащом элювиально-делювиальных отложений водораздельных пространств и делювием склонов. Для двух верхних террас р. Камы в окрестностях г. Молотова отмечены гляциальные дислокации (7).

Водораздельные пространства на значительной территории, а также две верхних террасы р. Камы покрыты суглинками, которые в верхней части являются лёссовидными. Последние были отмечены ещё А. Краснопольским (33) и А. Штукенбергом (69, 70). На новейших картах распространения лёссовидных отложений (3, 17, 18) граница их проводится значительно южнее. Между тем они встречаются и севернее, в Соликамском районе (38). Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР 1932 г. (30) для рассматриваемой территории указывает элювиально-делювиальные суглинки и глины.

Долина р. Мулянки в среднем её течении асимметрична. Река течёт здесь примерно в широтном направлении — с востока на запад. Крутым подмываемым берегом является правый. Он экспонирован на юг (52). Вследствие этого, первая терраса р. Мулянки, которую мы будем рассматривать, имеется только на левом берегу. Пойма в долине р. Мулянки имеет небольшое развитие. Первая же надпойменная терраса хорошо выражена. Она имеет слабый наклон к реке и по направлению к устью. Отметки террасы поряд-

ка 105—110 метров, при чём большие относятся к району тылового шва.

На террасе развиты отрицательные формы рельефа в виде плоских ложбин и блюдец. Плоские ложбины, или промоины, обязаны своим происхождением талым и дождевым водам, стекающим с водораздельных пространств и более высоких террас в р. Мулянку. Вода заполняет промоины периодически. После прекращения выпадения осадков (или таяния снега) поток некоторое время сохраняется, а затем превращается в ряды отдельных мелких водоёмов, образующихся в более глубоких местах этой плоской ложбины. Заращение этих углублений привело к торфообразованию, а большая влажность, по сравнению с другими участками 1 террасы, создала условия для произрастания здесь кустарника. Эти промоины легко обнаруживаются издали, так как их берега оторочены кустарником. Меньшее развитие имеют блюдца. На детально изученном при инженерно-геологических исследованиях участке 1 террасы на 2 км² их было установлено два или три. Это плоские мелкие углубления округлой формы, по большей части также кругом поросшие кустарником. Они представляют проявление своеобразного карста в суглинках — просадочных явлений (1—6, 8, 11—13, 16, 20—22, 35—38, 41, 48, 49, 55—57, 60, 61, 64, 65, 73, 74, 77). Как и в типичном известняковом, причиной карста в лёссовидных суглинках является выщелачивающая деятельность подземных вод. Инфильтрирующиеся с поверхности воды выщелачивают карбонатную составляющую суглинков. Происходит уменьшение концентрации почвенных растворов. Тонкие плёнки воды снижают трение между частицами и оказывают расклинивающее действие в процессах уплотнения отложений. Это было доказано Н. Я. Денисовым экспериментально (22, 23). Таким образом, отличие карстообразования в известняках от карста в лёссовидных образованиях в том, что в первых происходит выщелачивание твёрдой фазы CaCO_3 , а во второй жидкой. С этой точки зрения карст в лёссах в районе Ташкента и на Северном Кавказе аналогичен гипсовому карсту, так как выщелачиваются (разбавляются) концентрированные воды, где по данным М. Решеткина (57) преобладает гипс. Содержание карбоната кальция в просевшем лёссе такое же, примерно, что и в непросевшем, даже выше. Просадка же сопровождается резким снижением содержания гипса в водной вытяжке, снижением общей концентрации.

Таким образом, в зависимости от состава почвенных растворов, от их концентрации, намечается два типа карста в лёссовидных суглинках и лёссах: гидрокарбонатно-кальциевый или известковый и сульфатно-кальциевый или гипсовый. Первый имеет место для лёссовидных образований лесной полосы, второй — для степной и зоны полупустынь (43, 44).

Просадочные блюдца первой террасы р. Мулянки окружены кольцом кустарника, так что попадающие в углубления дождевые и талые воды, благодаря уплотнению суглинков, долгое время

здесь задерживаются, и блюдца содержат большее количество влаги, чем окружающие участки.

Перейдём к рассмотрению террасовых и подстилающих их пермских отложений.

ПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Пермские отложения, как уже указывалось, представлены серыми и зеленовато-серыми разномеристыми песчаниками, чередующимися с красно-бурыми и кирпично-красными известковистыми глинами. Последние часто по существу представляют аргиллиты.

Отложения молотовского горизонта залегают почти горизонтально, образуя пологую структуру платформенного типа. Они вскрыты на изученной территории рядом скважин, большинство из которых остановлено в песчаниках и только небольшая часть имела забой в пермских глинах.

Составленная по данным буровых скважин карта рельефа поверхности эрозии пермских отложений показала понижения в районе развития глин. Последнее вполне понятно, так как при боковой эрозии и меандрировании р. Мулянка, встретив более легко размываемые глины, углубила в них своё русло несколько больше, чем в менее податливых песчаниках. В общем же эрозионная поверхность имеет наклон по направлению к руслу р. Мулянки и к её устью.

На изученном участке 1 террасы р. Мулянки из общего числа более 46 разведочных выработок (буровых скважин и шурфов) в качестве опорных были выбраны три скважины 1, 2, 3, находящиеся на одном профиле диагонально руслу реки. Скважина 1 находится в районе бровки террасы, скважина 2 — в центральной части и скважина 3 — в районе тылового шва. Наиболее глубокая из них скважина 2 на глубине 9,3 метра вошла в песчаники молотовского горизонта и прошла по ним в 1,2 м до глубины 10,5 м. Произведённые механические анализы двух образцов песчаника из скважины 2 показали содержание в одном случае 26,69%, а в другом $33,20 > 0,25$ мм, а фракция 0,25—0,05 мм составила соответственно 55,85% и 51,07%. Содержание карбонатов в этих же образцах, определённое кальциметром, дало 11,54 и 13,98%. Таким образом, пермские отложения молотовского горизонта в скважине 2 представлены среднезернистым, слабо глинистым, известковым песчаником.

Кроме механического анализа песчано-алевритовая часть образцов была разделена бромформом на тяжёлую и лёгкую фракции и просмотрена под бинокулярной лупой.¹⁾

¹⁾ Разделение на тяжёлую и лёгкую фракции определение карбонатности, просмотр фракций под бинокулярной лупой и восемь механических анализов были выполнены в лаборатории кафедры А. С. Тимошиным, которому автор выражает свою признательность.

Остальные определения выполнены сотрудниками кафедры.

В лёгкой фракции преобладающим минералом является кварц. Имеется значительное количество полевого шпата и кальцита. Последний является эпигенетическим, составляя в основном цемент песчаника. В тяжёлой фракции преобладают лейкоксен, магнетит, гематит, биотит, апатит и ряд других. Зёрна преимущественно полуокатанные и полуугловатые. Кварц окатан лучше, чем полевые шпаты. Магнетит всегда представлен угловатыми зёрнами, а лейкоксен и гематит полуугловатыми и полуокатанными. Песчаник из скважины 2 по своему механическому составу весьма сходен с образцом 289 из обнажения 42 в работе К. В. Бабкова (9, стр. 44—45, 54—60). Последний взят из отложений молотовского горизонта в долине р. Мулянки, несколько выше по течению. Другие две точки, где отложения молотовского горизонта детально изучены, это — обнажения по р. Егошихе и на г. Вышка (32). Содержание тяжёлой фракции в двух образцах молотовского горизонта в скважине 2 составляет 1,1 и 1,9%, в фракции 0,05—0,01. К. В. Бабков (9, стр. 39) даёт для молотовского горизонта 2,09—23,38%, для фракции 0,1—0,05.

АККУМУЛЯТИВНЫЙ КОМПЛЕКС I ТЕРРАСЫ

Отложения I террасы р. Мулянки, лежащие на размытой поверхности верхне-пермских отложений, по литологическому составу могут быть разделены на пять горизонтов (снизу вверх):

1. Галечник с песком. 2. Пески, глинистые пески. 3. Песчано-глинистые отложения. 4а. Суглинки. 4б. Лёссовидные суглинки. 5. Почва.

Эти горизонты были прослежены в многочисленных выработках. Они хорошо отбиваются и на профиле опорных скважин 1, 2, 3.

Рассмотрим отложения аккумулятивного комплекса по горизонтам.

I. Горизонт галечника с песком

На размытой поверхности верхне-пермских отложений в основании террасы лежит галечник с песком. Кровля его по трём опорным скважинам характеризуется следующими отметками:

глубина устья скважины в м	111,67	109,37	105,41
глубина кровли галечника с песком в м.	6,5	8,1	7,0
глубина кровли горизонта I галечника в м.	105,7	101,27	98,41

Горизонт галечников наклонен от тылового шва террасы к её оврагу, при чём на 1500 м разница в отметках составляет почти 1 метр. В общем кровля галечника примерно параллельна рельефу. Мощность галечникового горизонта установлена только в скважине 2, где он пройден до подошвы. Она составляет 1,2 метра. Содержание частиц < 0,01 составляет в среднем 6,51%.

II. Горизонт песков

Второй горизонт террасового комплекса представлен более мелкими отложениями. Это пески, содержащие единичные зёрна гравия. Подошва этого горизонта проведена там, где в песках уже нет галек. Зерновой состав указывает, что эти отложения образовались в условиях более медленного течения, чем лежащий ниже горизонт. Мощность II горизонта составляет в скважинах 2 и 3 — 2,3 м. В скважине 1 границы его при бурении были неточно отбиты и мощность определена в 2,7 метра. Пористость изменяется от 39,73 до 31,82% и составляет в среднем из 5 повторных определений — 35,15%.

Механический состав может быть выражен таблицей:

Таблица 1

Механический состав горизонта II								
№ скважины		Механический состав в %						Примечание
		Диаметры в мм.						
		>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,05-0,005	0,005-0,001	<0,001	
1.	4,7-7,0	14,90	48,90	12,45	1,34	19,35	2,88	x < 0,01
2.	5,8-7,0	1,64	42,18	19,93	2,33	21,12	12,80	
2.	7,0-8,1	10,90	55,51	7,74	25,85x	—	—	
3.	4,2-5,5	1,80	66,16	14,24	10,44	0,96	6,40	
3.	5,5-6,5	3,06	59,60	10,50	8,84	2,86	15,14	

Пески II горизонта глинисты, при чём содержание частиц < 0,01 мм изменяется от 17,80 до 36,25% и составляет в среднем 27,19%. Алевритовые частицы, по данным определения содержания только их части с диаметром 0,05 — 0,01 мм, составляют от 10 до 20%. Содержание карбонатов в этом горизонте значительно и составляет по данным трёх определений 12,76 9,54 и 12,09 или в среднем 11,46%.

III. Горизонт суглинков (и супесей)

Над вторым горизонтом залегает следующий, третий. Частицы, которыми он сложен, ещё мельче. Исключение составляет район тылового шва, где пробурена скважина 3.

Этот горизонт довольно изменчив и нормально выражен только в скважинах 2 и 1. В первой мощность его составляет 2,8 м, а во второй 1,3 м. Что же касается скважины 3, то здесь над вторым горизонтом мы имеем галечник с песком. Наличие вблизи этой скважины бровки второй надпойменной террасы р. Мулянки указывает, что это делювиальный шлейф, образовавшийся в результате размыва и смыва песчано-галечных отложений

этой расположенной выше террасы. Наличие делювиальных образований показывает, что в момент формирования III горизонта имели место субэральные условия, быть может, прерываемые кратковременным пребыванием в субаквальной обстановке. Это соответствует условиям поймы, когда смыв с находящейся выше террасы приводит к образованию делювиального шлейфа. В районе тылового шва делювий представлен наиболее крупным материалом — галечником с песком. Более тонкие глинистые частицы и часть песчаных сносятся и дальше к району бровки поймы.

Таким образом, в центральной части поймы и в районе её бровки накапливается не только тонкий материал, оседающий во время заливания его половодием, но и делювий, смываемый с выше расположенных участков и, в частности, с находящейся выше террасы.

Обратимся к механическому составу отложений III горизонта.

Таблица 2

Механический состав горизонта III

№ скважины	Глубина в метрах	Механический состав в % Диаметры в мм.						Примечание
		>0,25	0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 0,001	<0,001	
1	3,0—4,3	1,42	17,38	33,86	31,02	2,24	14,08	Галечник с песком делювиального шлейфа.
2	3,0—4,0	2,16	22,80	36,00	33,76	0,72	4,56	
2	4,0—4,5	1,38	31,96	25,25	28,01	12,80	1,60	
2	4,5—5,0	1,63	19,92	36,84	27,11	10,02	4,48	
2	5,0—5,5	0,24	24,09	38,24	21,43	13,44	2,56	
2	5,5—5,8	0,33	23,83	28,05	42,08	1,86	3,85	
3	2,75—4,20	92,29	4,02	0,55	0,78	1,02	1,34	

За исключением делювиального шлейфа, третий горизонт представлен различного рода суглинками. К сожалению, механический анализ был произведён по Сабанину, где вместо фракции 0,1—0,01 мм, характеризующей алеврит, выделяется фракция 0,05—0,01 мм. Это затрудняет дать точное название породы. Пользуясь номенклатурой Флоренского 1937 г., приведённой у Л. В. Пустовалова (54), поскольку содержание песчаных алевритовых и глинистых частиц менее 50%, мы имеем здесь представителей семейства суглинков и, в частности, собственно суглинок, песчано-глинистые суглинки, алевритово-глинистые суглинки. Быть может, разделение фракции 0,25—0,05 на 0,25—0,01 и 0,1—0,05 мм дало бы увеличение % содержания алевритовых частиц и мы имели бы среди отложений этого горизонта породы из семейства алевритов с содержанием алевритовых частиц более 50%. В большинстве случаев при наличии выше данной тер-

расы глинистых и суглинистых пород, третий горизонт охарактеризован суглинками, а при наличии песков — супесями. Так и назван этот горизонт. В зоне тылового шва суглинки или супеси переходят в галечник и песок.

Пористость III горизонта для террасы р. Мулянки составляет от 37,68 до 31,64%, в среднем из 6 двойных определений 33,77%. Содержание карбонатов несколько ниже, чем во втором горизонте, и составляет 5,10; 10,21; 8,21; 9,65; 6,88; или в среднем 8,01%. Содержание частиц < 0,01 мм изменяется от 47,79 до 37,43% и составляет в среднем из 6 определений 42,60%. При определении среднего не были взяты данные о галечниках делювиального шлейфа в скважине 3. Если их учесть, то будем иметь среднее 36,96% частиц < 0,01 мм.

IV. Горизонт лёссовидных суглинков и суглинков

Верхним горизонтом первой террасы р. Мулянки, находящимся под почвенным слоем, является горизонт лёссовидных и обычных суглинков. Залегает он на глубине 0,5—3 м от поверхности, при чём верхние 1,5 м являются лёссовидными. Однако состав IV горизонта ещё более изменчив, чем состав лежащего ниже третьего. В скважине 3, в районе тылового шва, внизу залегает глинистый песок, который, покрывая нижележащие песчано-галечные отложения, является верхним горизонтом делювиального шлейфа, образовавшегося в результате денудации бровки II террасы р. Мулянки. Ещё выше глинистый песок сменяется суглинками, являющимися наиболее верхним членом локального проявления делювиального цикла аккумуляции.

Механические анализы отложений нижней части четвёртого горизонта следующие:

Механический состав горизонта IV

Таблица 3

№ скважины	Глубина в метрах	Механический состав в % Диаметры зерен в мм						Примечание
		>0,25	0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 0,001	< 0,001	
1	2,0—3,0	3,02	40,40	19,84	24,58	3,18	8,98	
2	2,0- 2,5	0,17	12,26	34,00	45,57	3,84	4,16	
2	2,5—3,00	—	6,88	34,64	40,27	9,60	5,61	
3	1,65—2,20	7,78	45,50	15,66	10,82	12,32	7,92	Делювиальный шлейф
53	2,20—2,74	8,82	47,24	14,88	66,6	10,40	12,00	

В скважине 1, вблизи бровки первой террасы, мы также имеем более песчаные породы за счёт смыва и выноса на пойму наиболее тонких алевритовых и глинистых частиц. Пористость

нижней части IV горизонта составляет от 48,79 до 19,43 %, или в среднем из 6 двойных определений 33,53 %.

Помимо указанных выше в таблице трёх скважин, было проведено определение пористости ещё по одному шурфу. Для нижней части четвёртого горизонта было произведено три определения содержания карбонатов, которые дали 6,21—6,43 и 0,77 % или в среднем 4,47 %.

Содержание частиц $< 0,01$ мм изменяется от 66,37 до 36,74 % и составляет в среднем из четырёх определений 55,79 %. Если взять два определения этой фракции в песках делювиального шлейфа, то эта цифра будет 40,49 %.

Верхняя часть IV горизонта, обозначаемая нами IVa, представлена лёссовидными суглинками. Это суглинки с видимыми простым глазом порами, трубчатыми пустотами от стеблей травянистой растительности и их корней, системой вертикальных и горизонтальных трещин и отвесными стенками в обнажении. Преобладают отвесные трещины, которые почти исчезают на глубине 1,5—2,0 м. При механическом анализе этих суглинков по методу Сабанина в воде плавало большое количество обрывков растительных остатков. В выработках и обнажениях эти суглинки отличаются вертикальной отдельностью и обладают способностью давать отвесные обрывы. Слоистость в них отсутствует. Эти суглинки составлены наиболее тонким делювиальным материалом, подвергшимся физическому, химическому и органическому выветриванию как на прежнем месте залегания, так и на данной террасе.

Лёссовидные суглинки, по которым существует обширная литература, под названием макропористых грунтов (1—6,60, 64,65 и др.), более пористы, чем подстилающие их нелёссовидные разности. Пористость их изменяется от 59,06 до 26,97 % и составляет в среднем из 17 двойных определений 40,66 %. Для первой террасы р. Мулянки была получена наиболее высокая для лёссов и лёссовых пород пористость — 59,06 %, вошедшая в литературу (42). По своему составу эти суглинки вообще более дезинтегрированы, чем нижележащие. Это видно из данных механических анализов (см. таблицу 4 на стр. 31).

В выработках 1, 2, А и Г верхние отложения более дезинтегрированы, чем нижележающие образования горизонта IVa. Немногочисленные определения содержания карбонатов дают для этого горизонта 3,99; 8,88; 8,10 и 6,99 или в среднем 6,99 %. Содержание частиц $< 0,01$ мм изменяется от 60,32 до 29,48 % и составляет в среднем из 17 определений 44,57 %.

Так же, как нижележащий третий, IV горизонт накапливался в субэральных условиях. Он образовался, когда пойма после формирования III горизонта превратилась в I террасу и уже не заливалась речными водами в половодье. Это уже типичные террасовые образования. В районе тылового шва продолжалось накопление делювиального шлейфа. На остальной части террасы медленное накопление тонкого материала, принесённого атмосферными водами и частично ветром, в условиях наличия раститель-

ного (травянистого) покрова, привело к образованию высокопористых (макропористых) неслоистых, трещиноватых в сухом состоянии, с вертикальной отдельностью лёссовидных суглинков. Макропоры образовались за счёт разложения корневой системы и стеблей растительности, а вертикальная отдельность предопределена накоплением материала при наличии травянистого покрова. Трещиноватость обусловлена высокой способностью суглинков

Таблица 4

Механический состав горизонта IV—а

№ выра- ботки	Глубина в метрах	Механический состав в % Диаметры в м. м.						
		>0,25	0,25- -0,05	0,05- -0,01	0,01- -0,005	0,005- -0,001	<0,001	<0,01
1	0,5	1,48	15,22	24,36	32,74	3,52	15,68	58,94
1	0,5- 1,0	0,93	21,02	33,00	30,60	0,64	13,76	45,00
1	1,0- -1,5	1,87	22,20	41,08	19,14	1,92	13,76	34,82
2	0,5	1,00	14,78	23,90	41,76	2,88	15,68	60,32
2	0,5- -1,5	0,43	10,34	47,71	30,00	4,80	6,72	41,52
2	1,5—2,0	1,09	11,52	34,71	42,12	2,56	8,00	52,68
3	0,4- -1,65	0,60	19,94	30,91	42,79	1,92	3,84	48,55
A	1,0	0,36	16,53	44,19	31,00	1,44	6,48	38,92
A	2,0	1,20	28,82	26,80	31,09	5,28	6,00	43,18
B	1,0	0,59	17,19	35,97	31,21	11,84	3,20	46,26
B	2,0	1,26	19,72	40,20	23,14	4,80	10,88	38,82
Г	1,0	0,55	11,24	38,20	32,41	6,44	11,16	50,01
Г	2,0	0,79	14,32	40,02	30,47	8,32	6,08	44,87
Д	1,0	0,68	11,04	40,44	29,60	8,00	10,24	47,84
К	1,0	1,14	25,52	43,86	7,72	1,28	20,48	29,48
М	1,0	19,42	15,02	35,70	6,82	4,80	18,94	29,86
М	2,0	0,49	8,19	44,70	29,02	6,40	11,20	46,62

к набуханию, зависящей от содержания в них алевроитовых и пелитовых и, в частности, коллоидных частиц. При увлажнении эти суглинки теряют свои трещины, которые вновь появляются при высыхании. Известную роль в трещинообразовании играет и зимнее замерзание влаги в грунте (68), с последующим оттаиванием, развитое до той же глубины, что трещиноватость и макропоры. Вопрос о причинах отсутствия крупных пор (макропор) на большой глубине не может быть окончательно решён до дополнительных исследований. Возможно здесь были иные физико-геогра-

фические условия с иной растительностью или её отсутствием. Известную роль играют диагенетические изменения отложений. Главная причина, повидимому, здесь в росте статической нагрузки на глубине 2 м. Давление сухого грунта при объёмном весе в 1,55 составляет 0,330 кг/см², а дополнительный вес воды при заполнении пор составляет в среднем 0,45 от объёма 0,09 кг/см². Такая нагрузка достаточна для уничтожения макропор, достигающих, как уже указывалось, 59,06 %, т. е. скелет грунта составляет в этих суглинках 0,55—0,41 %. Сказанное подтверждается тем, что, как правило, в суглинках пористость убывает с глубиной.

Горизонт IVa является причиной проявления просадочных явлений, упоминавшихся уже в начале. При этом структура лёссовидных суглинков, особенно микроагрегаты, ближе к Вахшскому просадочному, чем к Бобриковскому, значительно менее просадочному суглинку (8).

V. Горизонт — почва

Почвенный покров, составляющий поверхностную часть террасы, не изучался. Мощность обогащённого гумусом субстрата составляет около 0,4 м. Механический анализ образца почвы из скважины 3 дал следующий результат:

Таблица 5

Механический состав почвы (горизонт V)

№ выра- ботки	Глубина в метрах	Механический состав в % Диаметры в мм					
		>0,25	0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 0,001	<0,001
3.	0—0,4	3,86	12,14	34,88	15,12	2,72	31,28

В почве, примерно, вдвое больше частиц < 0,001 мм, чем в самом дезинтегрированном лёссовидном суглинке. Содержание карбонатов невелико и составляет 1,11 %.

ОПЫТ РАЗДЕЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРАСОВОГО КОМПЛЕКСА ПО УДЕЛЬНОМУ ВЕСУ

Для более детальной характеристики террасовых отложений р. Мулянки и подстилающих их отложений был применён способ Л. Б. Рухина (59), предложенный им для определения условий образования древних песков. Как известно, в качестве критерия для отличия отложений, перенесённых, водю, от эоловых, берётся соотношение минералов различных диаметров в лёгкой и тяжёлой фракциях. При этом, вследствие разной потери в весе в воде и в воздухе, эти соотношения для субаквальных и субаэральных отложений различны. Разделение на тяжёлую и лёгкую фракции про-

изводилось бромформом в делительных воронках. Бралась три фракции, полученные в результате механического анализа по методу Сабанина $\rightarrow > 0,25$, $0,25-0,05$ и $0,05-0,01$ мм. Лучше было бы взять фракции, полученные в результате механического анализа на ситах, так как в этом случае погрешность от неодинакового удельного веса частиц была бы меньше.

Разделению по удельному весу были подвергнуты отложения скважины 2, которая является наиболее интересной и характерной. Она вскрыла подстилающие террасу пермские отложения. Находясь в центре участка, скважина одинаково удалена как от бровки, так и от тылового шва, где разрез искажён скульптурной и аккумулятивной деятельностью смыва.

Результаты разделения фракций механического анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6

Тяжёлая и лёгкая фракции отложений террасы и подстилающих их пород

Гори- зонт	Глу- бина в мет- рах	Легкие минералы			Тяжелые минерал.			Общ. % тя- жел. мин. по весу	Медианный размер зёрен		Ко- эффи- циент сме- щения
		количество распрд. в %							лег- ких	тяже- лых	
		размер зерен в %%									
		>0,25	0,25 0,05	0,05 0,01	>0,25	0,25 0,05	0,05 0,01				
IV	2,0- 2,5	0,3	25,5	74,2	—	68,0	32,0	1,2	0,037	0,063	-2,6
III	4,0- 4,5	2,3	54,0	43,7	3,8	58,0	38,2	1,0	0,054	0,062	-0,8
"	4,5- 5,0	3,0	33,0	64,0	0,5	84,6	14,9	2,5	0,040	0,091	-5,0
"	5,0- 5,5	—	40,4	59,6	—	65,6	34,4	1,3	0,046	0,057	--1,1
II	5,8- 7,0	2,3	54,7	43,0	0,2	75,3	24,5	2,1	0,060	0,080	--2,0
"	7,0- 8,1	54,6	47,0	2,4	15,8	76,2	8,0	1,1	0,250	0,100	+15,0
Pal.	9,3- 10,0	42,5	48,1	9,4	24,3	67,7	8,0	1,2	0,220	0,110	+11,0
"	10,1- 10,5	7,9	89,1	13,0	29,2	60,8	10,0	1,3	0,190	0,148	+5,0

Процентное содержание тяжёлой фракции во всём песке пермских песчаников 1,2 и 1,3%. Близкую цифру даёт и четвертичный аллювиальный песок — 1,1%, а в верхней его части содержание тяжёлых минералов растёт до 2,1%.

Данные таблицы 6 были использованы для построения интегральных кривых (фиг. 1). При этом по оси абсцисс откладывались диаметры зёрен в логарифмическом масштабе, а по оси ординат весовые проценты частиц менее данного диаметра. Отложения характеризовались медианным диаметром или размером зёрен,

относительно которых весовые количества зёрен, имеющих большую или меньшую величину, равны между собой. Практически это диаметры, соответствующие ординате 50%. Разница медианных размеров зёрен лёгкой и тяжёлой фракций, умноженная

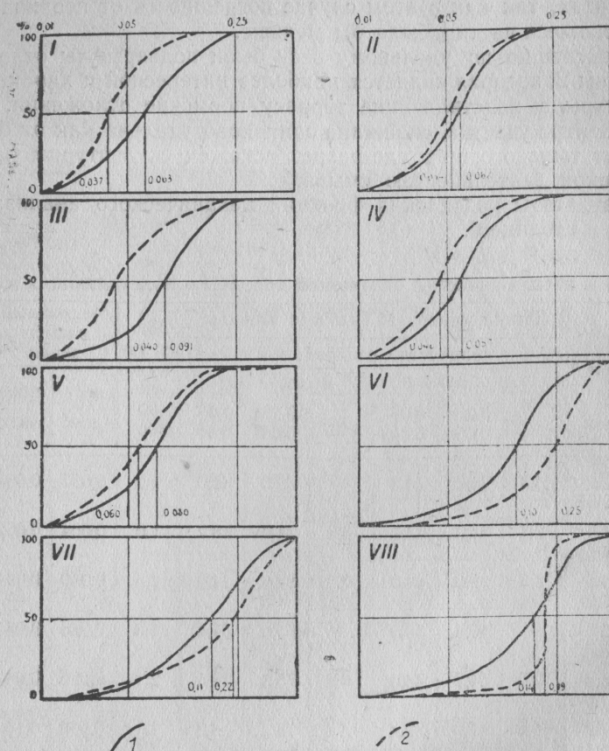


Рис. 1. Интегральные кривые механического состава тяжелых и легких минералов

1. по скв. 2, 2. по скв. 1.
I. глуб. 2—2,5 м. II. 4—4,5 м. III. 4, 5—5 м. IV. 5—5,5 м. V. 5,8—7 м.
VI. 7—8,1 м. VII. 9,3—10 м. VIII. 10—10,5 м. 1 тяжелые минералы
2 легкие минералы.

на 100, составляет коэффициент смещения. По данным Л. Б. Рухина, для водных песков коэффициент смещения составляет от +3 до +10, для эоловых песков не превышает +2,0, а иногда представляет отрицательную величину.

Если мы обратимся к таблице 6, то данные о коэффициенте смещения представляют существенный интерес. Пермские песчаники дают значительный положительный коэффициент смещения +5 и +11, указывающий на образование в водной обстановке. Это — дельтовые подводные отложения (9). Речной песок нижней части II горизонта также имеет коэффициент смеще-

ния + 15. Совершенно иную картину даёт верхняя часть II горизонта, III горизонт и нижняя часть IV горизонта. Коэффициент смещения здесь представляет отрицательную величину. Поскольку верхняя часть II горизонта несомненно водного происхождения, надо предполагать, что причиной отрицательной величины коэффициента смещения является процесс выветривания. В русле реки при низком стоянии воды пески подвергаются процессам выветривания. Это и является причиной изменения соотношения между лёгкими и тяжёлыми зёрнами, которое становится необычным для песков водного происхождения. Если уже верхняя часть горизонта II затронута процессами выветривания, то отложения III горизонта, которые образовались в момент, когда данная терраса была поймой, тем более выветрены. Отложения горизонта III или стадии поймы являются уже аллювиально-делювиальными при значительной роли процессов выветривания и могут быть обозначены III al (el) d.

Горизонт IV представляет отложения стадии террасы, и аллювий не принимает участия в его формировании. Это образовавшиеся в субэразальных условиях элювиально-делювиальные отложения. Мы их будем в дальнейшем обозначать IV eld.

Для выяснения роли выветривания на изменение соотношений зёрен тяжёлых и лёгких минералов была взята фракция механического анализа 0,25—0,05, количество которой определяет характер интегральной кривой.

По скважине 2 мы имеем следующую картину.

Таблица 7

Содержание тяжелых минералов во фракции 0,25—0,05 мм скв. 2

	Г о р и з о н т									
	IVa	IV	III	III	III	III	II	II	Pal.	Pal.
Глубина в м.										
вес в гр.	1,0-1,5	2,0-2,5	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-5,8	5,8-7,0	7,0-8,1	9,310,0	10,0—10,5
Лёгкой фракции	0,6504	1,2260	3,1960	1,9924	1,2046	1,1916	1,7940	2,6494	3,8178	5,5848
Тяжёлой фракции	0,0134	0,0462	0,0360	0,0828	0,0328	0,0376	0,0500	0,0295	0,0418	0,1100
% по весу тяжёлой от лёгкой	2,06	3,08	1,13	4,15	2,72	3,16	2,78	1,11	1,1	1,97

Обогащение тяжёлыми минералами горизонтов IVa — IV — III и верхней части II обусловлено как разрушением минералов лёгкой фракции выветриванием, так и специфическими условиями переноса. В момент смыва как в стадии поймы, так и в стадии террасы, лёгкие минералы сносятся, а тяжёлые задерживаются и тем самым дополнительно обогащаются. Характерно, по данным таб-

лицы 7, что обогащается тяжёлыми минералами фракция 0,25—0,05 мм, т. е. содержащая сравнительно крупные зёрна, более трудно передвигаемые при смыве. Известную роль в обогащении этой фракции тяжёлыми минералами играл принятый метод механического анализа по Сабанину, где вследствие разделения в воде, благодаря высокому удельному весу минералов, их село несколько больше. Однако проведённые контрольные механические анализы на ситах, с последующим разделением тяжёлой жидкостью фракций, дали в общем те же результаты.

ИНДЕКСЫ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА

Научная мысль давно работает над способами лаконического точного названия кластических осадочных пород. Одно из интересных предложений принадлежит А. Холмсу (76), который обозначил эти породы числом по результатам механического анализа. Кластическая порода по А. Холмсу выражается трёхзначным числом, в котором сотни обозначают число десятков процентов песчаных частиц ($> 0,1$ мм); десятки — число десятков процентов алевритовых частиц ($0,1—0,01$ мм) и единицы — число десятков % глинистых частиц ($< 0,01$ мм). Десятки берутся по следующей шкале:

0	— 0—10
1	— 10—20
2	— 20—30
...	...
9	— 90—100

Порода с составом: песок 33,6%, алеврит 43,9% и глина 22,5% будет обозначена индексом $J_n=342$. Чистые стекольные пески будут иметь индекс 900 и чистые глины 009.

В литературе мы знаем только один-два примера применения индексов Холмса, а именно в работах В. Н. Кузина (34, стр. 161) и Б. Ф. Землякова (29, стр. 1530).

Существуют и другие предложения для выражения кластических пород в виде различных формул и отношений, принадлежащие Г. Тумину (67), Б. Б. Полюнову (51) и другим (47, 28, 75). Все эти предложения, несмотря на утверждение одного из способов авторитетной Комиссией по выработке номенклатуры рыхлых осадочных пород при отделе съёмки четвертичных отложений Института Геологической карты ГГУ, не вошли в жизнь. Формула, принятая указанной выше комиссией, состоящая из букв и коэффициентов, оказалась мало практичной.

В лаборатории возглавляемой мною кафедрой динамической геологии и гидрогеологии Молотовского университета за 12 лет было сделано весьма большое число механических анализов как четвертичных, так и дочетвертичных отложений. При обработке были применены предложенные автором индексы, представляющие видоизменение индексов Холмса. Так же, как и у Холмса, кластическая порода обозначается числом. Число может быть трёхзначным — для мелких песков, двухзначным — для алевритов, не содержащих песчаных частиц, и однозначным — для чистых глин. Нули

в начале числа, как это делал Холмс, не пишутся. При этом сотни обозначают число десятков процентов мелкого песка (75) 0,25—0,01 мм, по данным механического анализа, десятки — число десятков алевритовых частиц от 0,1 до 0,01 мм, а единицы — глинистых < 0,01 мм. При этом для числа десятков применяются обычные, принятые в математике правила округления, т. е.

5—15	обозначается как	1	десяток
15—25	"	2	"
25—35	"	3	"
...			
75—85	"	8	"
и только 85—99	обозначается как	9	"

Этот способ обозначения десятков процентов, принятый и Комиссией по выработке номенклатуры рыхлых осадочных пород, позволяет отмечать и весьма часто встречающееся содержание фракций в 5—9%, которые по Холмсу не учитывались и обозначались как 0.

Помимо трёхзначных чисел, для крупного и среднего песка применялись четырёхзначные числа, при чём число тысяч индекса обозначает содержание в породе десятков процентов зёрен по весу 1,0—0,25 мм. Наконец, гравийно-галечные фракции от 100 до 1 мм обозначаются десятками тысяч, указывающими на число десятков процентов этих фракций в породе. Эти числа или индексы обозначаются J_m для того, чтобы их отличать от индексов Холмса. Можно было бы ввести пятизначное число для гравия и шести-значное для галечника, однако это были бы слишком большие числа. При желании выделить содержание тонких частиц менее 0,001 мм, их можно указать по тому же признаку, но после запятой в виде десятых. При этом число десятков процентов частиц < 0,01 указывается в индексе в виде единиц, а число частиц < 0,001, входящих также в число частиц < 0,01, в виде десятых. Таким образом, запятая обозначает, в том числе частиц < 0,001 мм, столько-то десятков процентов.

В СССР весьма распространён комбинированный метод механического анализа по Сабанину-Робинзону. Неудобство этого метода для петрографии осадочных пород заключается в том, что ни индексы Холмса, ни предложенные автором неприменимы, так как при этом анализе не выделяется алеврит (0,1—0,01 мм), а соединяется мелкий песок с крупной пылью (0,25—0,05 мм) и вместо алевритовой фракции выделяется лёгкая пыль (0,05—0,01). Для того, чтобы использовать громадное количество анализов, произведённых по методу Сабанина и комбинированному методу Сабанина — Робинзона, автором были предложены индексы, основанные на распределении фракций по Сабанину. Они выделяются так же, как и для анализов, содержащих песок и алеврит, только в индексе сотни указывают содержание десятков процентов частиц 0,25—0,05 мм, а десятки — фракции 0,05—0,01. Индексы эти обозначают-

ся J_M^S . Пример обозначения механического состава различными индексами приведён в таблице 8.

Таблица 8.

Примеры обозначения механического состава пород индексами.

	Механический состав в %							Индексы по Холмсу J_H	Индексы по Максимовичу J_M	Индексы по Максимовичу J_M^S по Сабанину
	5-1	1-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01	<0,001			
Галечник с песком	21,40	21,57	22,03	10,3	11,43	12,54	7,52	—	22221,1	—
Песок средне-зернистый, глинистый	—	24,90	28,80	10,1	1,34	23,74	12,88	512	2312,1	—
Суглинок	—	—	1,22	5,66	54,64	38,48	5,61	0,63	64,1	—
Песок глинистый	—	14,90	48,90	—	22,46	13,74	8,72	—	—	1521,1
Суглинок	—	0,36	16,53	—	44,19	38,92	6,68	—	—	244,41

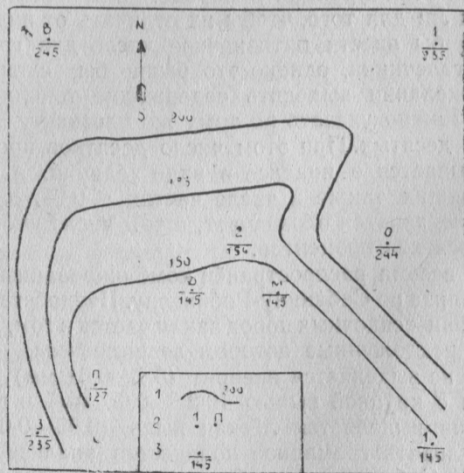


Рис. 2. Кривые одинакового механического состава горизонта IV.

1. Кривая, 2 выработки, 3 индексы образцов в выработках (J_M^S)

Основное применение индексов механического состава по мысли Холмса (76), — это точное изображение площадного пространства различных пород. Нанеся на карту точки, где отобраны образцы, для которых произведён механический анализ, и индексы, можно построить линии одинакового механического состава. Эти контуры, по Холмсу, будут графически показывать изменение литологии, а также направление и изменение скорости потоков, береговой линии, эстуарий, устьев рек и т. д. Нам неизвестно применение этого интересного предложения.

В геологии моря пользуются изолиниями % % содержания частиц $< 0,01$ мм (31). Индексы $I_{\frac{s}{m}}$ были нами использованы для составления карточки изменения механического состава горизонта IVa, для которого имелось больше всего данных. Она построена в изолиниях (Рис. 2.).

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ

Приведённые данные позволяют вкратце охарактеризовать выделенные по литологическому составу горизонты, которые, как это раньше установлено, имеют и генетическое значение, представляя стадии образования террасы. Это удобнее всего представить в виде таблицы 9.

Данные таблицы весьма показательны. Среднее содержание глинистых частиц ($< 0,01$ мм) закономерно растёт от 6,51 для первого горизонта до 49,12%. Это указывает на замедление движения водных потоков, которые переносили осадки по мере накопления отложений террасы. Для горизонтов I, II и III это — замедление течения реки на данном участке, а для горизонтов III и IV также результат малого смыва наиболее тонких частиц при их приносе атмосферными водами с более высоко расположенных участков и дезинтегрировании отложений выветриванием как на данном месте, так и на участке, откуда материал принесён. Уменьшение размера частиц снизу вверх показывают и индексы $I_{\frac{s}{m}}$.

Увеличение нескольких индексов в горизонтах III и IV обусловлено приносом в район тылового шва, с более высоко расположенной II террасы, галечника ($I_{\frac{s}{m}} 45000$) и песка ($I_{\frac{s}{m}} 1513,1; 1529,1$).

Коэффициент смещения указывает на обстановки, в которых образовались отложения террасы: а) субаквальную, имевшую место в момент отложения горизонта I и нижней части II горизонта, б) чередование субаквальной обстановки с субаэральной (верхняя часть горизонта II и горизонт III), в) субаэральную — горизонты IV и V. Последний этап характеризуется только снеговым покровом зимой и явлениями смыва во время дождей и таяния снега.

Субаквальная обстановка отличается положительным коэффициентом смещения более 3, а индикатором субаэрального вывет-

Характеристика генетических горизонтов

Стадии развития	Отложения			Мощность в метр.	Содержание карбонатов в %
	Генезис	Горизонт	Литологический состав		
Стадия террасы Е	Почвенные образования	V	Почва	0,4	1,11
	Элювиально-делювиальные отложения	IVa	Лёссовидные суглинки	1,5	6,99
		IV	Суглинки и Пески и галечники	1,0—1,2	4,47
Стадия поймы Д	Аллювиально- (элювиально) делювиальные отложения	III	Супесь и глинистые пески в делювиальном шлейфе	1,3—2,8	8,01
Стадия русла А	Аллювиальные отложения	II	Пески	2,3—2,7	11,46
		I	Галечники с песком	1,2	
	Размытая поверхность				
Коренные Дочетвертичные образования	Pal. отложения под- водной части дельты реки пермского периода		Песчаник	Только вскрыты	11,54 и 13,98

Примечание: *) Делювиальный шлейф.

ривания является отрицательная величина этого коэффициента. Результаты разделения пермских песчаников на тяжёлые и лёгкие минералы подтвердили имеющееся представление об их водном происхождении. Субаэральное выветривание отражается также в виде увеличения общего содержания тяжёлых минералов в отложениях.

Пористость как средняя, так и максимальная убывает от лёссовидных суглинков горизонта IV к горизонту III, а в песках горизонта II несколько увеличивается. Содержание карбонатов в общем растёт от горизонта V к I. Это объясняется нисходящей инфильтрацией атмосферных осадков, с привнесом характерных для данной зоны кальция и гидрокарбонатного иона (43, 44), обусловленных силлитно-карбонатным выветриванием (38) и гидрогеологическими условиями.

Приведённые данные доказывают, что I аккумулятивная терраса р. Мулянки является сложным образованием. Она представляет закономерную смену аллювиальных, аллювиально-делювиальных, элювиально-делювиальных (и почвенных) образований.

Процент содержания тяжелых минералов по весу	Коэффициент смещения	Пористость в %			Индексы механического состава J_m^s	Процент содержания частиц < 0,01 мм
		средняя	максимальная	минимальная		
					136,3	49,12
					126,2 226,2 245,1 135,1 235,1 334,1 144,1 244,1 343,1 145,1 154,1	44,57
1,2	-2,6	33,58	48,79	19,43	127,2 1513,1 *) 135 1523,1 *) 136 424,1	40,49**)
1,0 1,3 2,5	-0,8 -1,1 -5,1	33,77	37,68	31,64	235,1 244,0 334 45000 *)	36,96**)
Верх 2,1	Верх -2,				424,1 1512 613,2 1613	
низ 1,1	низ +15	35,15	39,73	31,82	712,1	27,19
					32301 36000	6,51
1,2 и 1,3	+5 +11				3511 3611	5,61 и 8,16

**) С учетом данных по делювиальному шлейфу.

Между тем обычно принимается, что речные террасы являются аллювиальным образованием с развитием делювиального шлейфа в районе тылового шва (19, 71, 72).

Результаты детального изучения аккумулятивного комплекса I террасы р. Мулянки показывают более сложную картину. Детализация стратиграфии террасового комплекса объясняет причину давно известной закономерности об изменении гранулометрического состава по вертикали. Разрез по наиболее детально изученной скважине 2 это прекрасно иллюстрирует (фиг. 3). Это колонка механического состава, впервые применённая М. Вокресенским (15) и затем названная литогенетической (53).

КРАТКИЕ ДАННЫЕ О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Гидрогеологические условия I террасы р. Мулянки довольно просты. В соответствии с литологическим составом здесь имеются два водоносных горизонта: верхний сезонный водоносный горизонт,

имеющий место весной и осенью, или верховодка, и нижний постоянный горизонт грунтовых вод. Первый из них приурочен к IVa горизонту — элювиально-делювиальным лёссовидным суглин-

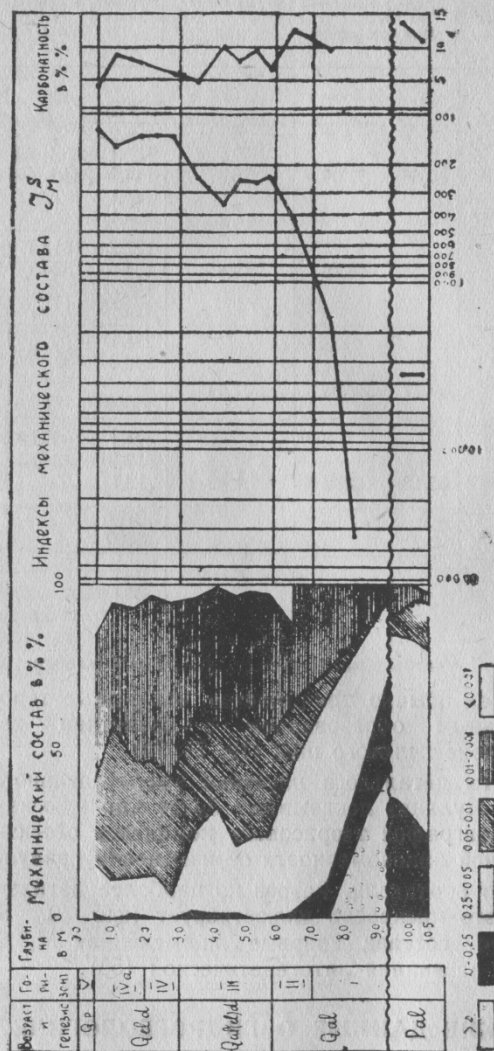


Рис. 3. Литологическая колонка I тегисы р. Мулянки по скв. 2.

кам, а второй к I и II горизонтам аллювиальных отложений, представленных галечником и галечником с песком. Гидрогеологические свойства пород выделенных генетических горизонтов, в виде по-

ристости и проницаемости, по данным лаборатории гидрогеологии кафедры динамической геологии и гидрогеологии Молотовского университета, следующие (таблица 10).

Почва является зоной сезонной капиллярной каймы верховодки. Весной, во время таяния снега и после сильных дождей, вода, инфильтрующаяся через почву, обладающую коэффициентом фильтрации 0,0038 см/сек, попадает в лёссовидные суглинки горизонта IVa. Коэффициент фильтрации здесь составляет 0,0018 см/сек. Так как находящиеся ниже IV и III горизонты характеризуются значительно меньшим K $3,4 \times 10^{-6}$ см/сек и 5×10^{-7} см/сек, то вода задерживается в порах лёссовидных суглинков горизонта IVa. Средняя величина пористости здесь составляет 40,66%, достигая, как максимум, 59,06%. В периоды обильной инфильтрации в го-

Таблица 10

Горизонт	Генезис	Литологический состав	Средняя порис. в %	K коэффициент проницаемости см/сек	Гидрогеологические условия
V	Qp	Почва	Не определ.	0,0038	Зона сезонной капиллярной каймы верховодки.
IV a	Qel.d ₁	Лёссовидные суглинки	40,66	0,0018	Верховодка – сезонный водоносн. горизонт
IV	Qel.d ₁	Суглинки	33,58	0,0000034	Зона периодического нисходящего потока атмосферной воды
III	Qal(e)d	Суглинки, местами песчаные	39,77	0,0000050	Зона капиллярной каймы грунтовых вод.
II	Qal ₂	Пески, пески глинистые	35,15	0,011	Горизонт грунтовых вод.
I	Qal ₁	Галечник с песком	не определена	не определён	

ризонте IVa образуется временный горизонт гравитационной воды или верховодки. К лету вода из него частично инфильтрируется через горизонты IV и III в пески II горизонта, а частично испаряется, т. к. капиллярная кайма находится вблизи дневной поверхности. В моменты нисходящего потока поры суглинков горизонта IV заполнены водой.

Постоянным водоносным горизонтом грунтовых вод являются пески горизонта II и галечники горизонта I. Над поверхностью зеркала грунтовых вод, претерпевающей сезонные колебания выше и ниже, находится капиллярная кайма грунтовых вод. В зависи-

мости от положения скатерти грунтовых вод, она заполняет II и на различную высоту III горизонты.

Грунтовая вода представляет поток, стекающий из галечников и песков в основании II террасы р. Мулянки, через галечники и пески делювиального шлейфа в IV и III горизонтах I террасы, в её II и I горизонты. Далее грунтовый поток через песчано-галечные образования поймы впадает в р. Мулянку, которую он питает. Грунтовые воды I и II горизонтов в основании I террасы р. Мулянки имеют не всюду водоупорную подошву, т. к. подстилаются частично песчаниками молотовского горизонта юговской свиты казанских отложений. Благодаря этому, не исключена возможность некоторого питания грунтового потока из этих песчаников. Такое явление было установлено для грунтового потока на правом берегу р. Камы, в черте г. Молотова.

Вертикальная инфильтрация обуславливает обогащение разреза карбонатами от V горизонта к I. Некоторое повышение % содержания карбонатов в IVa горизонте (таблица 9) обусловлено приуроченностью к нему верховодки.

ОСНОВЫ СТАДИЙНОГО РАЗВИТИЯ АККУМУЛЯТИВНОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНЫХ ТЕРРАС

Детальное изучение первой надпойменной террасы р. Мулянки, левого притока р. Камы, позволяет установить основные стадии формирования аккумулятивного комплекса, на основе генетического расчленения отложений. Выделенные стадии и горизонты имеют общее значение при расчленении аккумулятивного комплекса речных террас.

Террасы речных долин, если они являются аккумулятивными, представляют, по большей части, сложное образование. Только условно при самом общем рассмотрении вопроса их можно считать аллювиальными отложениями по первоначальному происхождению преобладающей части материала. Аккумулятивный комплекс даже сравнительно молодых террас представляет при нормальном развитии цикла эрозии закономерную смену аллювиальных, аллювиально-делювиальных, элювиально-делювиальных (и почвенных) образований. В состав террасового аккумулятивного комплекса или покровных отложений в более сложных случаях могут входить: гляциальные (морены), озёрно-болотные (торф), эоловые (дюны, лёсс), почвенные (ископаемые почвы), поногенные (45) — (культурный слой), вулканогенные (вулканический пепел, лавовые потоки) и другие образования (силевые выносы и т. д.).

Ниже мы рассмотрим происхождение аккумулятивного комплекса речных террас для простого случая, при нормальном развитии цикла эрозии. При этом нами взят довольно типичный для экстрагляциальной части Европейской СССР случай развития на террасе лёссовидных образований. При наличии на водоразделе или более высоких террасах песков, покровные образования будут песчаными.

Рассмотрим явления, происходящие на каком-либо участке реки (фиг. 4). При нормальном развитии цикла эрозии, когда река выработала профиль равновесия и преобладание глубинной эрозии над боковой сменяется преобладанием боковой эрозии над глубинной, на рассматриваемом участке, в результате разрушения бо-

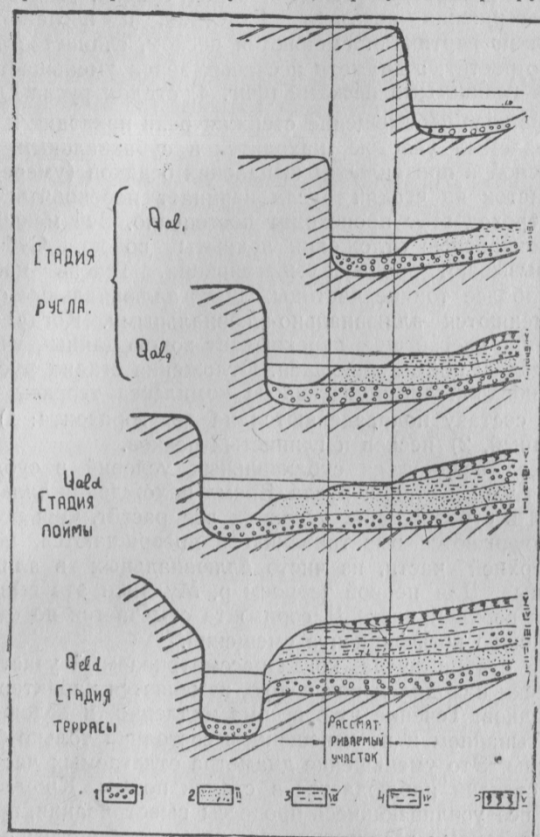


Рис. 4. Стадии развития аккумулятивных речных террас равнин. 1. I горизонт галечника с песком. 2. II горизонт песка. 3. III горизонт глинистых песков и супесей. 4. IV горизонт суглинков. 5. V горизонт почвы.

ковой эрозией коренных пород (вместе с покрывающими их более древними террасами этой же реки), на размытой поверхности откладываются в субаквальных условиях аллювиальные образования. При этом, при нахождении на данном участке стержня реки, накапливается наиболее крупный материал — галечник. Ему сопутствуют песчаные и в известном количестве алевритовые и глинистые частицы (фиг. 4, стадия русла Q_{al1}).

По мере замедления скорости течения, связанного с перемещением стержня реки в сторону от данного участка, вследствие дальнейшей боковой эрозии, галечниково-песчаный материал сменяется песчано-галечным, песчано-гравийным, со всё уменьшающимся количеством и диаметром галек и зёрен гравия. Далее гравий и галька совершенно исчезают. Галечник, и песчано-гравийные отложения по вертикали сменяются песком, глинистость которого постепенно растёт, а диаметр песчаных зёрен уменьшается. Пески сменяются глинистыми песками (фиг. 4, стадия русла Qal₂).

Дальнейшее перемещение стержня реки приводит к тому, что рассматриваемый участок находится в субаквальных условиях только весной и при сильном выпадении осадков (умеренный климат). Участок из стадии русла начинает переходить в стадию поймы. Переход этот происходит постепенно. Всё меньшее число дней аллювиальные отложения покрыты водой. Субаэральные условия вызывают процесс выветривания. Теперь накапливаются только наиболее тонкие частицы. Чисто аллювиальные отложения вверху сменяются аллювиально-элювиальными. Когда только во время таяния снегов река перекрывает водой данный участок, переход в стадию поймы завершён. Отложения стадии русла, лежащие в основании аккумулятивного комплекса террасы, по литологическому составу подразделяются на два горизонта: 1) галечниково-песчаный, 2) песков и глинистых песков.

Переход осадков из субаквальных условий в субаэральные начинается уже в стадии русла. Время нахождения аллювиальных отложений в субаэральных условиях всё растёт. Они всё более и более подвергаются выветриванию и превращаются, по крайней мере, в верхней части, из чисто аллювиальных в аллювиально-элювиальные. Для первой террасы р. Мулянки это выветривание отложений верхней части II горизонта отмечается по отрицательному значению коэффициента смещения.

Уже в стадии русла, когда рассматриваемый участок только периодически находился под водой, изменяется характер отлагающихся осадков. Течение уже весьма медленно, и водой приносятся перекатыванием и во взвешенном состоянии только более мелкие частицы. Это уменьшение диаметра отлагаемых частиц ещё в большей степени наблюдается в стадии поймы. Кроме того сказываются всё усиливающиеся процессы выветривания, приводящие к дополнительному дезинтегрированию отложившегося материала. Вследствие этого основными отложениями, представляющими в разрезе террасового комплекса его пойменную стадию, будут пески, по большей части, мелкозернистые и глинистые, а также супеси и суглинки.

На стадии поймы начинается всё более сказываться процесс смыва дождевыми и талыми водами поверхностного покрова с вышерасположенной более древней террасы и водораздела. На поверхности поймы накапливается не только тонкий аллювиальный материал, во время половодий, но и делювий. Последний при наличии вышерасположенной террасы образует делювиальный шлейф, в

состав которого входят не только глины, суглинки и пески, но и галечник. При этом, естественно, что крупность частиц и мощность делювиального шлейфа убывает от тылового шва поймы к её бровке. Аллювиальные и делювиальные отложения стадии поймы, сильно переработанные процессом выветривания, составляют III горизонт (фиг. 4, стадия поймы).

Возобновление преобладания глубинной эрозии превращает пойму в первую надпойменную террасу. Субэральные условия уже существуют всё время. Поверхность рассматриваемого участка только периодически покрывается тонкою водяною плёнкою во время выпадения дождей и таяния снега. Участок переходит в стадию террасы.

Накопление материала на поверхности террасы продолжается, но это уже не речные отложения, а результат смыва с более высоко расположенной террасы и частично продукты эоловой аккумуляции. Процессы выветривания превращают их в элювиально-делювиальные образования. Возможно накопление эолового (дюны), пролювиального, поногенного, болотного, вулканического (пепел, лава) и других материалов. Мы эти случаи не рассматриваем, ограничиваясь наиболее типичными для этой стадии элювиально-делювиальными образованиями. Они составляют IV горизонт. В зависимости от характера отложений на вышерасположенных участках, на поверхности террасы накапливаются пески или суглинки, либо то и другое. В рассмотренном нами случае на р. Мулянке накопились суглинки, отчётливо подразделяющиеся на два подгоризонта. Нижний из них (IV) представлен менее дезинтегрированными частицами. Суглинки здесь имеют меньшую пористость.

Верхняя часть (IVa) представляет типичные лёссовидные суглинки. Образовались они за счёт медленного накопления тонкого материала, принесённого атмосферными водами и частично ветром в условия растительного (травянистого) покрова. Лёссовидные суглинки (IVa), образованные делювиальным материалом, подвергшимся многообразному выветриванию как на месте своего прежнего залегания, так и на данной террасе, более тонки, чем подстилающие их отложения (IV).

В случае наличия на расположенной выше террасе песчаных образований горизонт IV не делился бы на подгоризонты и был бы сложен песком. В районе тылового шва в момент накопления отложений горизонта IV продолжается образование делювиального шлейфа, состоящего из более крупнозернистых продуктов разрушения бровки более высокой террасы.

Верхний горизонт (V) представляет почвенный покров.

Такова в самых общих чертах первая часть истории образования аккумулятивной речной террасы. Дальше, когда формируется следующая, наиболее молодая, ниже по вертикали расположенная терраса, начинается процесс разрушения рассматриваемой. Это может произойти размывом и обрушением за счёт подмыва лежащих в основании террасового комплекса аллювиальных отло-

Схема стадий развития ак

Стадии развития		Условия об-разования	О т л о ж е н и я		
			Генезис	Горизонт	литологический состав
Размыв и уничто-жение		Субаэраль-ные			
Стадии аккумуляции	Стадия террасы Е		Qp Почвенные образования	V	П о ч в а
			Qeld Элювиально-делювиальные отложения	IV a	Лёссовид- Песчаные суглин.
	Стадия поймы Д		Qal(el)d Аллювиально-элювиально-делювиальные отложения	III	Суг- Галечники с песком
	Стадия русла А		Qal Аллювиальные отложения	II	Пески, глинистые пески
				I	Галечник с песком
Размыв коренных или аккумулятивных отложений		Субакваль-ные			

жений (1) или даже коренных пород, на которых они расположены, при меандрировании.

Второй путь дальнейшего развития террасового комплекса — это постепенный смыв отложений. Уже при понижении базиса эрозии относительно бровки на данном участке рассматриваемой террасы происходит смыв, который при формировании нижележащей террасы приводит к образованию местного базиса денудации. Уступ рассматриваемой террасы становится всё положе за счёт размыва. Бровка её не первичная, а получающаяся в результате денудации, по мере разрушения передвигается к тыловому шву. Местный базис денудации (подошва террасы) перемещается по нижележащей террасе от тылового шва её к бровке или к тальвегу долины. Формируются горизонты Qal (el) d (III), Qeld (IV) нижележащей террасы. Постепенно площадь рассматриваемой террасы уменьшается за счёт размыва на одних участках и смыва на других.

На этом закончим рассмотрение основ стадийного развития

Процессы, происходящие на одном из участков террасы

14. Переход террасы в II надпойменную, III-ю и т. д.
Постепенное уничтожение аккумулятивного комплекса смывом и размывом
13. Почвообразование. Накопление на террасе материала, смытого с более высоких террас и водоразделов.
12. Смыв с вышерасположенных участков. Выветривание на месте, откуда происходит смыв и на данной террасе. Значительная роль биохимического и биофизического выветривания. Делювиальный шлейф у тылового шва.
11. Переход полностью в субаэральные условия.
10. Накопление тонкого аллювиального материала при паводках и материала с более высоких террас и водораздела. Особенно сильное участие делювиальных образований в районе тылового шва.
9. Переход в стадию поймы.
8. Начало процесса субаэрального выветривания.
7. Участок русла покрыт водой только при высоком стоянии её.
6. Дальнейшее перемещение стержня реки, замедление течения.
5. Отложение песков, глинистых песков.
4. Боковая эрозия, стержень реки перемещается с данного участка замедленно.
3. Отложение на дне русла с песком галечника (стержень реки).
2. Участок попадает в субаквальные условия.
1. Размыв коренных, или аккумулятивных отложений.

террасы, т. к. в нашу задачу входило в основном генетическое расчленение аккумулятивного террасового комплекса.

История образования речной аккумулятивной террасы для наиболее простого случая. Не рассмотрены явления образования стариц с их озёрно-болотными образованиями. Только вскользь заана возможность наличия в горизонте IV эоловых, пролювиальных, вулканических, поногенных и других отложений. Вполне очевидно, что разрез террасы, отражая историю речной долины на её участке, часто включает и эти образования, так же, как и другие. Рассмотрение всех возможных случаев не входило в нашу задачу.

Схема генетического расчленения аккумулятивного комплекса речных террас, с основными этапами истории, приведена на рис. 11. История образования террасы иллюстрируется рис. 12 (фиг. 4).

ВЫВОДЫ

Детализация стратиграфии террасового комплекса имеет не только теоретическое значение, так как позволяет глубже понимать происходящие процессы, но и важна для практики. Приуроченность большинства городских поселений и промышленных предприятий к речным террасам позволяет широко использовать основы их стадийного развития в инженерной геологии и гидрогеологии. При поисках россыпных полезных ископаемых (золота, платины, олова) генетическое расчленение разреза террас поможет находить скопления, приуроченные к делювиальному шлейфу в горизонтах III и частично IV. Этот же делювиальный шлейф, также, как и перекаты в русле реки, являются наиболее удобным местом для добычи неболыших количеств гравийно-галечного материала.

Кафедра динамической геологии и гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абелев Ю. М. Временная инструкция по проектированию и введению гражданских и промышленных сооружений на лёссовидных грунтах. Строительная промышленность № 7, 1931.
2. Абелев Ю. М. Практика строительства по опыту Кузнецкстроя. Труды ВАОС. Стр. 75, 1934.
3. Абелев Ю. М. Свойства лёссовидных грунтов. Труды ВАОС. Сборник 5, 20—42, 1935 (с картой распространения лёссов и лёссовых суглинков).
4. Абелев Ю. М. Грунты Кузнецкстроя. Труды ВАОС сб. 5, 43—52, 1935.
5. Абелев Ю. М. Основные результаты изучения особенностей строительных свойств лёссовидных грунтов и методов их упрочнения. Строительство на лёссовидных грунтах, 7—54, 1939.
6. Андрухин Ф. Л. Свойства лёссовидных грунтов Приташкентского района и методы их изучения. Труды Средн. Аз. Геолог. Треста в. 2, 58—76, 1937.
7. Апродов В. А. Гляциальные дислокации высоких речных террас в окрестностях г. Перми. Изв. АН. Сер. геолог., № 6, 51—58, 1940.
8. Астапов С. В. Строение почвенных агрегатов. Вестник мелиорации и гидротехники. № 2, 92—103, 1940.
9. Бабков К. В. К геолого-петрографической характеристике ниже-казанских отложений Пермско-Кунгурского района. Учёные записки Пермского госуд. университета. вып. XVII сессии междунаро. Геологич. конгресса ч. I, 15—61, 1937.
10. Батурин В. П. Палеогеография по терригеновым компонентам. Баку, 1937.
11. Батыгин В. И. К методам оценки просадочности глинистых грунтов. Гидрохимическое строительство № 7, 1933. Геология на фронте индустриализации. № 2, 1933.
12. Батыгин В. И. Задачи инженерно-геологических исследований в связи с оценкой строительных свойств грунтов. Геология на фронте индустриализации № 7—9, 1933.
13. Батыгин В. И. К вопросу о прогнозе просадочных явлений в лёссовидных грунтах. Сборник Гидроэнергoproекта № 4, 1938.
14. Висконт К. И. Некоторое соображение об удлинении пути миграции шлиховых минералов. Вопросы исследования шлихов, 43—38, 1937.
15. Воскресенский М. Механический состав рыхлых пород, как показатель их генезиса. Водные богатства недр на службу соцстроительству. I Всесоюзный гидрогеологический съезд. Сб. 4, 133—146; 1933.
16. Гвоздев В. С. Просадки на Мало-Кабардинской оросительной системе. Изв. Гос. Науч. Мелиор. Ин-та, в. XXI, 1930.

17. Герасимов И. П. и Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР. Труды Института географ. АН СССР, т. 33, 1939.
18. Герасимов И. П. и Марков К. К. Четвертичная геология, 1939.
19. Дементьев В. А. Материалы по методике комплексного геоморфологического изучения речных террас. Изв. Гос. Геогр. Об-ва. т. 70, в 4—5, 477—479, 1939.
20. Денисов Н. Я. Просадочные явления на Терской оросительной системе. Разведка недр № 17, 30—34, 1937.
21. Денисов Н. Я. К оценке строительных свойств лёссовидных суглинков. Материалы по геологии и пол. ископ. Сборник 2, Ростов Д. 1938.
22. Денисов Н. Я. Поверхностные явления и оползни глинистых пород. ДАН т. 33, № 4, 295—296, 1941.
23. Денисов Н. Я. О роли электролитов в деформациях лёссовидных суглинков при увлажнении ДАН т. 33, № 2, 123—125, 1941.
24. Димо Н. А. Роль и значение термитов в жизни почвы и грунтов Туркестана. Русский почвовед. № 7—10, 1916.
25. Дранников А. М. Влияние воды на устойчивость лёсса. Разведка недр № 7, 36—38, 1937.
26. Дурденевская М. В. Просадка в лёссовых грунтах и теория эолового происхождения лёсса. ДАН СССР, т. 27, № 1, 24—29, 1940.
27. Замарин Е. А. и Решеткин М. М. Просадка и водопроницаемость лёсса. Труды Средин. Аз. Н. И. Ин-та Ириг. 1932.
28. Земляков Б. Ф. К вопросу о классификации и номенклатуре рыхлых осадочных пород. Изв. Гл. Геол. Развед. Управл. т. 50 в. 34, 553—562, 1931.
29. Земляков Б. Ф. Эоловые пески Севского района. Изв. Всес. Геол. Разв. Объед. т. 50, в. 100, 1527—1533, 1931.
30. Карта отложений четвертичной системы Европейской части СССР М. 1:2500000, 1932.
31. Кленова М. В. Осадки Мотовского залива (К вопросу о комплексном исследовании современных осадков морей). Труды Всес. Н. И. Ин-та Морск. Рыб. хоз. и Океанографии т. V, 17, 1938.
32. Коробова А. С. К характеристике Казанских отложений г. Перми и г. Молотова. Учёные записки Пермского гос. университета, вып. к XVII сессии Международн. Геол. Конгресса. ч. 1, 75—88, 1937.
33. Краснопольский А. Общая геологическая карта России, лист 126-й Пермь—Соликамск. Труды Геол. комитета т. XI, № 1, 463—465.
34. Кузин В. Н. Краткая инженерно-геологическая характеристика четвертичных отложений Заволжья Труды Н. И. Ин-та Геологич. Сар. Гос. Ун-та т. 1 в. I, 147—188, 1939.
35. Лисицын К. И. О просадочных явлениях на Северном Кавказе. I Всесоюзн. Гидрогеологич. съезд. Тезисы. 1931.
36. Лисицын К. И. О деформации суглинистых грунтов Предкавказья в связи с вопросами образования степных блюд. Изв. Сев. кавк. Геол. Развед. Треста, 1932.
37. Литвинов М. М. Классификация лёссовых грунтов по степени их просадочности и основные водозащитные мероприятия для сооружения на лёссовых грунтах ЦНИ ИСМ. Харьков, 1938.
38. Лукашев К. И. Физико-химические и строительные свойства лёссовидных грунтов. Элементы генетического грунтоведения, 162—166, 1938. Грунты СССР, 179—184, 1939.
39. Максимович Г. А. Верхне-пермские отложения Пермско-Сарапульского района. Учёные записки Пермского госуниверситета, вып. к XVII сессии Международн. Геологич. Конгресса. т. 1, 3—8, 1937.
40. Максимович Г. А. Верхне-пермские отложения Пермско-Сарапульского района. Тезисы докладов XVII сессии Международного Геол. Конгресса, 100—101, 1937.
41. Максимович Г. А. Происхождение аккумулятивного комплекса речных террас. Доклады АН СССР т. 30, № 6, 515—518, 1941.
42. Максимович Г. А. Пористость геосфер. Доклады АН СССР т. 37, № 7—8, 245—248, 1942.
43. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. Доклады АН СССР. т. 37, № 5—6, 211—216, 1942.

44. Максимович Г. А. Тидрохимические фации речных вод и их зональность. Изв. Г. Географ. Общества т. 70, в. 1, 38—50, 1943.
45. Максимович Г. А. К истории геохимических процессов (историческая геохимия). Природа № 3, 15—25, 1943.
- 45а. Максимович Г. А. Пористость геосфер. Изв. АН. Сер. Геогр. и Геофиз. т. VIII, № 5, 298—324, 1944.
46. Мартынов П. Ф. Просадки. Северный Кавказ. Спр. водн. ресур. СССР. т. X, 714—720, 1936.
47. Мирчинк Г. Ф. Классификация рыхлых горных пород. Изв. Гл. Геол. Упр. т. 50, в. 34, 551—553, 1931.
48. Мордвинов А. Н. Строение поймы р. Тихвинки у д. Фишевицы. Изв. Всес. Геол. Разв. Объединения т. 51, в. 64, 923—931, 1932.
49. Осташев Н. А. Осадки сооружений на лёссовидных грунтах и распространение влажности в лёссах. Строительство на лёссовидных грунтах, 54—82, 1939.
50. Плюснин И. И. Аллювий Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги, как генетический тип геологических отложений. Труды Науч. Иссл. Ин-та Геологии Саратовск. Гос. Ун-та т. I в. 1, 247—274, 1939.
51. Польшов Б. Б. К вопросу о классификации кластических грунтов. Изв. Науч. Мелиорат. Ин-та в. 19, 1929.
52. Пономарёв А. Н. и Максимович Г. А. Влияние экспозиции на выветривание гипсов и известняков. Доклады АН СССР, т. 28, № 9, 731—736, 1940.
53. Пустовалов Л. В. Условия осадкообразования в верхнепермскую эпоху. Пробл. Сов. Геологии т. VII, № 11, 963—993, 1937.
54. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. ч. I и II, 1940.
55. Решеткин М. М. Окарстовых явлениях в лёссах. Вестник Ирригации № 10, 92—96, 1929.
56. Решеткин М. М. Просадки лёссовидных грунтов на ирригационных системах, I Всесоюз. Гидрогеол. Съезд Тезисы 1931.
57. Решеткин М. М. Материалы по изучению явлений деформаций грунтов на Джунских землях под Ташкентом. Вопр. гидрогеол. и инженерн. геол. 4. III 53—75, 1933.
58. Роде А. А. и Седлецкий Е. Д. Песчаные почвы террасы р. Камы Тр. Почв. Ин-та АН т. XIX, в. 2, 81—141, 1939.
59. Рухин Л. Б. Новый способ определения условий отложений древних песков. Проблемы Сов. Геол. т. VII, № 11, 953—959, 1937.
60. Строительство на лёссовидных грунтах. Укр. НИТО строителей, 288 стр. 1939.
61. Саваренский Ф. П. Прбсадки. Инженерная геология, 118—141, 1939.
62. Твенхофел У. Х. Учение об образовании осадков, 1936.
63. Тихвинская Е. И. Пермь—Волга.— Путеводитель Северного маршрута Пермской экскурсии XVII сессии Международн. Геолог. Конгресса, 118—142, 1937.
64. Токарь Р. А. Что называется лёссовидным грунтом. Труды ВАОС сборник 5. 10—19, 1935.
65. Токарь Р. А. Количественная характеристика макропористых (лёссовидных) грунтов. Вопросы инженерно-геологических исследований в строительных целях. Фундаментстрой. Сборник 7, 99—121, 1937.
66. Толстихина М. М. Кузино-Пермь. Путеводитель Пермской экскурсии XVII сессии Международн. Геологич. Конгресса, 37—60, 1937.
67. Тумин Г. Механический анализ и картографическая группировка пород и почв. Ежегодник по геологии и минералогии России, т. XII, в. 1—2, 1910.
68. Федосов А. Е. Механические процессы в грунтах при замерзании в них жидкой фазы. Труды Ин-та Геологических Наук АН СССР, вып. 35, серия инженерной геологии № 4, 1940.
69. Штукенберг А. Общая геологическая карта России, лист 127. Труды Геол. Ком. том. XVI, № 1, 1898.
70. Штукенберг А. и Чернышев Ф. Н. Общая геологическая карта России, лист 127 Сарапул—Красноуфимск. (С объяснительной запиской А. А. Краснопольского) Труды Геологич. Ком. нов. Сер. вып. 154, 1922.

71. Шульц С. С. К вопросу о генезисе и морфологии речных террас. Труды Ком. по изучению четвертич. периода т. III, в. 2., 65—79, 1933.
72. Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас. Изв. Гос. Геол. Об-ва, т. 72, в. 6, 739—750, 1940.
73. Хеладзе И. Е. Явления образования трещин вдоль оросительных каналов. Труды II Всесоюз. Гидрол. съезда, секц. подз. вод, 1929.
74. Щеголев Д. И. К вопросу изучения просадок грунта. Геология на фронте индустриализации № 7—9, 1933.
75. Яковлев С. А. О классификации и номенклатуре рыхлых осадочных пород по механическому составу. Известия Главн. Геол. Разв. Управления. т. 50, в. 547—551, 1931.
76. Holmes. A. Representation of Mechanical Analyses by Point or Number Petrographic Methods and Calculations, p. p. 226—230 L, 1921.
77. Londe K. K. Caverns in loess. Am. Journ. Sci. New Haven. Com. ser. v. 25, № 145, 137—139, 1933.
78. Maximovich G. A. Origin of the accumulative Complex of river terraces. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'USSR, vol. XXX, № 6, 517—520. 1941.
-