

О механическом анализе обломочных рыхлых горных пород („грунтов“, „почв“, „глины“, песков и проч.) по методу Робинзона.

Проф. П. А. Земятченский и В. В. Охстин

Едва ли кто-либо станет оспаривать, что физико-механические свойства рыхлых, „сыпучих“ тел существеннейшим образом зависят от их „текстуры“, т. е. от того: а) какие размеры имеют частицы, составляющие данный материал, и б) в каких относительных количествах они в нем находятся.

Хотя количественные взаимоотношения, с одной стороны, физико-механических свойств, а с другой—текстуры, в настоящее время полностью еще не раскрыты, тем не менее общий смысл явления для всех совершенно ясен. В противном случае нельзя было бы объяснить, почему все дисциплины, так или иначе соприкасающиеся с рыхлыми обломочными породами, при изучении этих пород прежде всего обращаются к механическому анализу, почему затрачено столько труда и изобретательности на выработку методов такого анализа.

При своей многочисленности и разнообразии все методы механического анализа распадается на три стадии:

- 1) Подготовка материала, имеющая целью наиболее полное разделение частиц друг от друга для наилучшего их отделения при дальнейших операциях.
- 2) Отделение более крупных частиц, составляющих так называемый песок—средний и крупный, гравий и „камни“, вообще—группу частиц, называемых почвоведом „скелетом“.
- 3) Разделение более мелких частиц (меньше 0,25 мм) на отдельные фракции: тонкий песок, пыль и „глину“, или „ил“, „шлам“ с подразделениями.

Все работы по выработке методов механического анализа почв, грунтов и проч. идут по двум направлениям. Одно направление имеет целью найти наиболее совершенный, в смысле количественного учета, метод разделения и отделения частиц по их величине. Другое—стре-

мится достигнуть наибольшего упрощения и ускорения производства механического анализа, не задаваясь особенною точностью, а удовлетворяясь цифрами хотя бы в первом приближении, лишь бы эти цифры давали возможность характеризовать материал в меру практических требований, к нему предъявляемых.

Нередко требуется быстро ориентироваться в материале со стороны его текстуры, при чем количество материала достигает несколько десятков и даже до сотни образцов. Отсюда можно видеть, как важно найти скорый и простой метод механического анализа рыхлых обломочных горных пород. Особенно трудно определяются частицы, начиная от 0,005 мм и мельче. Для того, чтобы разделить частицы от 0,005 до 0,001 мм и менее, требуются, в случаях большого содержания этих частиц, многие недели и месяцы.

Одна из идей ускорения и упрощения механического анализа принадлежит Одену (Oden) ¹⁾.

Ею воспользовался Робинзон (Robinson), изложивший предлагаемый метод в Журнале Агрономической Науки, в статье: Новый метод механического анализа почв и других дисперсных систем ²⁾.

Теория нового метода.

Все методы механического анализа, основанные на осаждении, включают в себе допущение, что взвешенные в жидкости частицы при спокойном состоянии осаждаются независимо одна от другой. Однако, для осуществления этого допущения требуются известные условия. По Одену ³⁾ это достигается при концентрации суспензии не более 1%. Напротив Вигнер (Viegner) говорит, что можно без опасения применять концентрацию более 5%.

Предположим, что мы имеем суспензию твердое+жидкость, в частном случае почву или какой-либо другой зернистый материал, состоящий из фракций a, b, c, d и т. д., из которых каждая имеет свою скорость осаждения V_1, V_2, V_3 , и т. д., имеем концентрацию A_1, A_2, A_3 и т. д., и вся концентрация $\Sigma A = C$. Если каждая фракция осаждается независимо одна от другой, то такая фракция будет вести себя так, как отдельная колонна, однородная по своей концентрации от вершины до дна, и мы можем изобразить состояние колонны (концентрацию различных отдельно взятых фракций) при начале осаждения в виде

¹⁾ Oden. Intern. Mitt. Bodenkunde. 5; 257—311 (1915). Kolloidzeit. 18; 33—48 (1916); Trans. Faraday. 17; 327—348 (1922) Нефедов. Журнал опытной Агрономии 1902; 3, 421—449.

²⁾ G. W. Robinson. A. New Method for Mechanical Analysis of Soils. Journ. Agric. Sc. 12; 3 (1922).

³⁾ I. c.

различной толщины колонн, как это изображено в верхней части рисунка 1.

При осаждении в каждой колонне частицы будут падать соответственно своей скорости. Через известное время расположение частиц вследствие осаждения может быть представлено в виде диаграммы, изображенной в нижней части рисунка. Черная часть диаграммы ниже линии CD будет представлять, к примеру, количество каждой фракции,

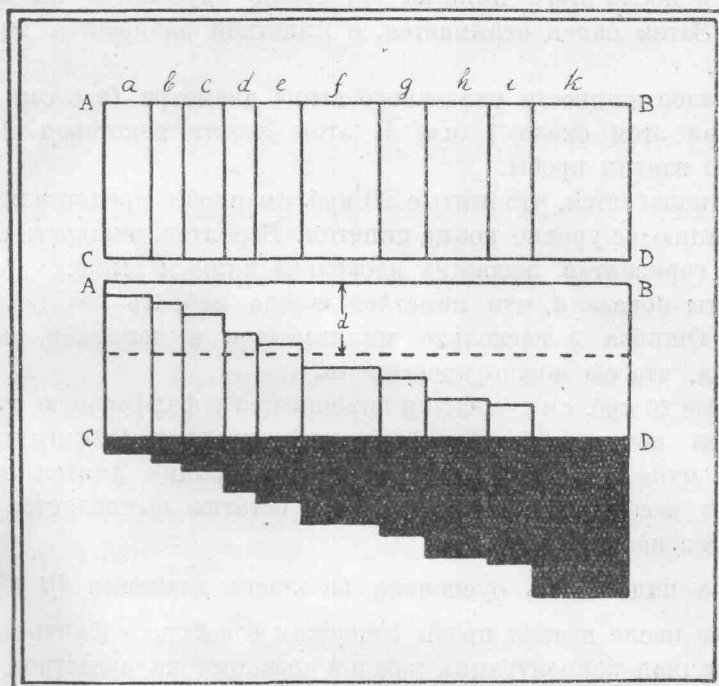


Рис. 1.

осевшее на дно сосуда; между тем как концентрация суспензии на известной глубине будет дана всей шириной колонн на этой глубине. Так, на глубине d концентрация будет равна сумме отдельных концентраций фракций от a до f , имеющих скорость меньше, чем d/t . Отношение концентраций на глубине d по истечении времени t ко всей концентрации, бывшей при начале опыта, будет давать пропорцию материала, имеющего скорость меньше, чем d/t . Определяя концентрацию для различных значений d/t , мы получаем данные для построения кривых, показывающих отношение между процентным содержанием материала и \log скорости осаждения.

Производство анализа по методу Робинзона.

Берется стеклянный цилиндрический сосуд около 40 см высотой, в 6 см в диаметре. Градуирование цилиндра не имеет значения, лишь бы диаметр его оставался постоянным.

Мутная суспензия вынимается при помощи пипетки в 20 куб. см емкостью. Пипетка укрепляется в пробковой крышке и устанавливается до желаемой глубины ниже поверхности жидкости.

Прежде чем набирать пробу, верхний конец пипетки закрывается пальцем, и после этого пипетка осторожно опускается на желаемую глубину. Затем палец отнимается, и пипеткой забирается 20 куб. см жидкости.

В столбе жидкости указанного выше диаметра (в 6 см) уровень падает при этом около 7 мм. В этом лежит некоторая вероятная ошибка во взятии пробы.

Предполагается, что взятые 20 куб. см пробы представляют собою концентрацию на уровне конца пипетки. Вероятно, жидкость поступает также из горизонтов, лежащих несколько ниже и выше.

Опыты показали, что пипеткой можно набрать без возмущений 2—3 мм. Ошибка в несколько миллиметров в конечном результате столь мала, что ею можно пренебречь.

Взятые 20 куб. см суспензии помещаются в фарфоровую чашку, выпариваются досуха, обжигаются и взвешиваются. Обжигание производится в муфеле при красном калении (операция длится несколько минут). Из веса обожженного твердого остатка вычисляется концентрация суспензии.

Когда надо брать суспензии большого значения d/t ($\frac{\text{глубина}}{\text{время}}$), всякий раз после взятия пробы содержимое сосуда взбалтывается.

Частичная концентрация каждой фракции на известной глубине остается без изменения до тех пор, пока верхушка колонны не упадет ниже глубины, которая показана на фиг. 1. Поэтому при малых скоростях падения удаление образца суспензии не влияет на концентрацию суспензии.

При своем исследовании Робинзон приготавливал 2,5% суспензию следующим образом:

100 г измельченной глины всыпаются в 2 л воды, содержащей 100 куб. см 1% раствора соды; взбалтывается в течение 24 часов и доливается до 4 л. Затем хорошо перемешанная суспензия выливается в литровый цилиндр до 3—4 см от верхушки, снова взбалтывается в течение 1 минуты и оставляется стоять 6 минут и с глубины 36 см берется 20 куб. см, как описано выше. После выпаривания досуха и обжига материал взвешивается. Найдено, напр., 0,376 г. Вычитая 0,005 г соды, содержащейся в 20 куб. см, мы имеем действитель-

ный вес обожженного материала 0,371 г. Следовательно, концентрация суспензии в точке взятия пробы—1,855%.

Первоначальная концентрация была 2,5%, мы находим, что концентрация суспензии на глубине 36 см после 6 минут стояния $\frac{1.855}{2.5} \times 100 = 74,2\%$ прежней концентрации, — другими словами 74,2% „глины“, принимая, что обожженный материал имеет скорость осаждения менее 0,1 см/сек.

Робинзоном последовательно сделаны определения частиц также и с меньшими скоростями. Результаты были изображены в виде кривых соответственно логарифмам скоростей осаждения.

Для нанесения тонкого песка, грубого песка и тонкого гравия, были вычислены их скорости осаждения по формуле Стокса, принимая за нижний предел пыли 0,04 мм. Проще пользоваться ситами.

Если требуется получить большое число точек, то надо приготовить большой объем суспензии и пользоваться большим числом цилиндров.

Следует принять во внимание свойства суспензий в зависимости от концентрации. Для очень разбавленных суспензий можно пользоваться нефелометрическим методом.

Процедура состоит в следующем: воздушно сухой образец обрабатывается N/5HCl (как при обыкновенном методе, употребляя впрочем 20 г вместо 10 г почвы).

Крупный песок и выше отделяются при помощи сит. Тонкий материал, прошедший через сито 100 петель, взбалтывается с 600—700 куб. см и 50 куб. см 10% аммония, затем взбалтывается 2—4 часа. В случае присутствия большого количества органических веществ требуется большее время. После взбалтывания доводят до 1 литра, который эквивалентен 2% в отношении к оригинальному материалу.

В качестве примера произведем следующие определения:

Глубина, см.	Время:		Скорость, см/сек.	
	час.	мин.		
(a) 30	0	5	0,1	пыль + тонкая пыль + глина.
(b) 12	0	20	0,01	тонкая пыль + глина.
(c) 6	16	40	0,001	глина.
или 7,2	20	0	—	—
или 8,6	24	0	—	—

Чтобы определить тонкий песок, оставшуюся после последнего взятия пробы суспензию сливают прочь, оставляя около 200 куб. см без взмучивания осадка. Оставшуюся суспензию сливают в чашку, и тонкий песок определяется обычным путем.

Пример (почва из Pennant Grif).

При обычном способе:

тонкий гравий	4,6%
грубый песок	20,1%
влажность	4,2%
орг. вещ.	10,2%

Всего... 39,1%

Таким образом тонкий песок + пыль + тонкая пыль + глина = 100 — 39,1 = 60,9..... (1).

По новому методу, употребляя 2% суспензию, для 5 мин. и 30 см вес обожженного материала в 20 куб. см составлял 0,112 г.

Отсюда концентрация = $5 \times 0,112 = 0,560\%$.

Отсюда пыль + тонкая пыль + глина = $\frac{0,560 \times 100}{2} = 28,0\%$ (2).

Подобным образом для 20 мин. и 12 см обожженный материал = 0,065 г; концентрация = 0,325%, отсюда тонкая пыль + глина = $\frac{0,325 \times 100}{2} = 16,25\%$ (3).

Для 20 час. и 7,2 см обожженный материал = 0,019 г. Концентрация = 0,095 и глины $\frac{0,095 \times 100}{2} = 4,75\%$.. (4).

Вычитая (4) из (3), получим для тонкой пыли..... 11,5 %

Вычитая (3) из (2), получим для пыли..... 11,75%

Вычитая (2) из (1), получим тонкий песок..... 32,9 %

При прямом осаждении в конце эксперимента получено тонкого песку..... 32,5 %

Влияние различных условий работы.

а) Влияние концентрации видно из следующей таблицы, в которой, при глубине взятия пробы в 6 см и времени 10 мин., показано содержание данной концентрации по отношению к первоначальной.

Цифры не показывают серьезных колебаний. Наибольшее расхождение получилось при концентрации 5,0%. Стандартный английский метод применяет концентрацию около 2%. Этой концентрацией Робинзон пользуется при всех своих определениях и сопоставлениях.

	Концентрация первоначальная.	Процентное содержание по отношению к первоначальной концентрации.
	0,50 ‰	63,0
Глубина 6 см	0,625‰	61,0
Время 10 мин.	1,00	62,0
	2,00	63,2
	2,50	61,0
	4,00	63,1
	5,00	65,7

б) Диаметр колонны. Можно пользоваться цилиндрами в $\frac{1}{2}$ литра и в один литр.

в) Влияние отношения $\frac{\text{глубина}}{\text{время}}$. Теоретически должна получаться одна и та же концентрация при различном времени и глубине, если отношение $\frac{\text{глубина}}{\text{время}}$, т. е. граница скорости, остается постоянной, это и подтверждается в достаточной степени. Ошибки в немногих мм в глубине взятия пробы имеют малое влияние на получаемую концентрацию; только иногда величина ошибки может быть более серьезна.

Подобные рассуждения относятся к ошибке во времени и температуре.

Робинзон сравнил цифры анализов по новому методу с цифрами—по старому и получил результаты, которые можно назвать удовлетворительными. Принимая количества, полученные по старому методу за 100, Робинзон получил по новому методу для глины 102,7; для тонкой пыли—100, и для пыли—99,6. Робинзон указывает, что в виду большого количества манипуляций по старому методу, в последнем может быть большее количество случаев для ошибок, нежели по новому методу. Следует отметить, что наиболее значительные расхождения наблюдались в светлых почвах.

Робинзон указывает, что раствор соды, прибавляемый для улучшения дисперсности, при почвах, богатых органическими веществами, дает неудовлетворительные результаты.

По опыту в Лаборатории Робинзона в один день можно сделать до 6 анализов. Следует учитывать кроме того посуду, фильтры,

дистиллированную воду, аммоний, соляную кислоту. Зато новый метод требует особую аккуратность в работе. Работая с 2%-й суспензией, ошибка в 1 мг во взвешивании соответствует 0,25% в полученном результате.

Новый метод может быть применен для получения непрерывных кривых подобно тому, как это получается по методу Одена и Вигнера.

Робинзон думает, что при употреблении точной цилиндрической формы отмучивательного сосуда можно получить гораздо более точные результаты.

Необходимо иметь постоянную температуру для избежания токов. Поэтому при продолжительности осаждения необходимо работать вдали от источников тепла.

При значительном числе фракций, как это принято американцами, ошибки, понятно, будут серьезнее.

С у м м и р о в а н и е .

1. Сокращенный метод механического анализа дает результаты, хорошо согласующиеся со стандартными методами.

2. Коллоидная („гелевая“) оболочка частиц уменьшает скорость осаждения частиц, которая (скорость) является простою функцией толщины этой оболочки.

3. Ниже немногих первых сантиметров изменение концентрации с глубиною происходит очень постепенно.

Принимая во внимание все вышеизложенное, нельзя не видеть в предлагаемом Робинзоном методе весьма полезное и удобное средство быстро получать, хотя бы в порядке ориентировочных, числовые данные, касающиеся текстуры рыхлых обломочных горных пород, именно более тонких частиц, что конечно, имеет весьма большое практическое значение.

Поэтому представлялось весьма полезным испытать метод Робинзона в русских условиях и приемах работы, определить, в какой мере результаты этого метода согласуются с общеупотребительным у нас методом проф. Сабанина, какие условия необходимо соблюдать для получения наиболее точных результатов, наконец, какова вообще может быть точность метода Робинзона.

В соответствии со всем сказанным и были поставлены некоторые опыты в Лаборатории Исследовательского Бюро ЦУМТ'а.

Для сравнительных исследований были выбраны образцы грунтов разного механического состава. В качестве обладающего максимальным количеством частиц коллоидального характера был взят Глуховский каолин.

1. Прежде всего исследовалось влияние предварительной подготовки материала, подлежащего анализу.

2. Выяснялось влияние способа вынимания пробы суспензии на устойчивость получаемых результатов.

3. Выяснялось влияние раствора соды, которую Робинзон прибавлял при своем исследовании, и наконец

4. Определялась абсолютная точность метода Робинзона.

Само собою разумеется, вопрос о предварительной подготовке материала для отмучивания весьма старый вопрос и в разных странах он решается различно.

Несомненно, во многих случаях при специфических особенностях материала разъединение частиц друг от друга достигается с большим трудом. Но рядом с этим в меньшем количестве случаев разъединение это происходит довольно легко и полно. Поэтому нам представляется нецелесообразным для всех случаев предлагать и применять один и тот же прием.

С точки зрения подготовки материала, последний следует подразделить на следующие главнейшие группы:

а) Бедный перегнойными и вообще углеродистыми веществами материал, глинистый, суглинистый до песчаного,

б) богатый органическими (углеродистыми) веществами и

в) содержащий углесоли щелочно-земельных металлов.

Материал глинистый, богатый частицами коллоидными и близкими к ним по размерам, представляет значительные трудности для разделения. Можно определенно утверждать, что для таких пород кипячение 4—6 часов совершенно не достигает цели. Вообще надо думать, что одно только время в этих случаях совершенно бессильно. Самое лучшее—это после одного—двух сливаний снова прокипятить с водою и, смотря по надобности, подобную операцию повторить еще раз. Полезно, как это делают американцы, прибавлять к суспензии слабого аммиака. Последний несомненно уменьшает стремление тончайших минеральных частиц к флокуляции.

Прибавка, согласно указанию Робинзона, 2% растворы соды в случае присутствия углекислого кальция и растворимых солей, напротив, вызывает коагуляцию тонких частиц.

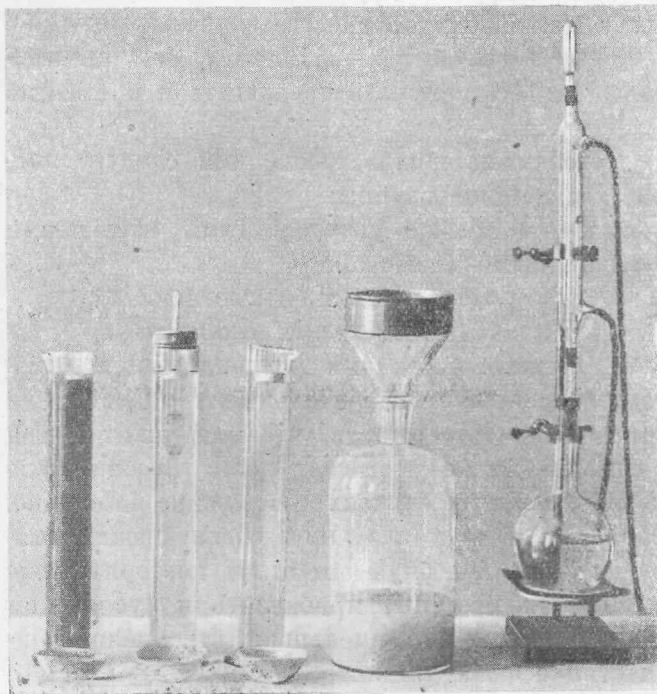
Наиболее трудно происходит разъединение частиц в случае присутствия органических веществ. Вопрос о том, как вести подготовку такого материала, полезно ли, или необходимо ли разрушать их, надо считать открытым. Ведя же механический анализ обычным способом, прибавка аммиака является необходимой.

Предварительную обработку материала кислотами, хотя бы слабыми, нельзя считать желательной, так как при этом многие тончайшие коллоидные частицы разрушаются.

Производство механического анализа по методу Робинсона в Лаборатории Исследовательского Бюро Цумтга.

Механический анализ грунтов по методу Робинсона производится следующим образом. Берется навеска для глин в 10 г, для суглинков—в 20 г, помещается в плоскодонную колбу, емкостью в полтора литра, и обливается ровно одним литром дистиллированной воды. К колбе присоединяется обратно поставленный холодильник, и навеска кипятится 12 часов; по охлаждении все содержимое колбы перели-

Фот. 1.



Общий вид опыта по Робинзону. Лаборатория Исследовательского Бюро Цумтга.

пригнутой резиновой пробкой и сильно взбалтывается в течение одной минуты. После этого жидкость разливается в 3 литровых цилиндра, имеющие внутренний диаметр 6 см и высоту около 40 см, и снова взбалтывается стеклянной длинной палочкой, на конце которой имеется прочно укрепленный толстый резиновый кружок диаметром около 4 см. Взмучивание осуществляется быстро повторяющимся в течение минуты опусканием мешалки до дна и поднятием до поверхности жидкости.

Уровень жидкости во всех цилиндрах должен быть на одинаковом расстоянии от верхнего края цилиндра (не менее 4 см), так как в противном случае во время взбалтывания жидкость легко разбрызгивается.

вается в 6 литровую бутылку через сито с отверстием в $\frac{1}{4}$ мм, вставленное в большую воронку.

Часть грунта, оставшаяся на сите, легонько растирается пальцем, чтобы разбить глинистые комочки, которые не совсем разошлись при кипячении. Для обмывания сита и колбы, в которой производилось кипячение, берется ровно 3 литра дистиллированной воды, смешанной с 10 куб. см 10% аммиака. Таким образом получится в итоге 4 литра воды.

Бутылку крепко закрывается хорошо

Для взятия пробы в цилиндр опускается пипетка в 20 куб. см. Она вделана в широкую пробку так, что верхнее деление ее находится ниже пробки и при опущенном положении пипетки в цилиндре—на 3 мм ниже уровня жидкости. Пробка в нижней части подрезается так, чтобы свободно входить в цилиндр; при этом верхняя часть ее ложится на стенки цилиндра. Пипетка всегда опускается на одну и ту же глубину, при этом жидкость, входящая в пипетку под влиянием собственного давления, наполняет ее как раз до верхнего деления. Принадлежности для производства операции представлены на рис. № 2.

При взятии пробы во время опускания верхний конец пипетки плотно закрывается пальцем. После введения пипетки на желаемую глубину палец отнимается, вследствие чего и жидкость наполняет пипетку как раз до черты. По наполнении вынутая пипетка с наружной стороны обтирается полотенцем, находящимся в свободной руке, чтобы жидкость, приставшая к наружным стенкам, не попала в предварительно взвешенную фарфоровую чашечку, куда выливается содержимое пипетки. Жидкость выпаривается на водяной бане досуха и взвешивается. Полученный вес перечисляется на весь объем умножением на 200 и вычисляется в процентах от всей взятой навески. Принимая скорость падения и диаметр частиц по Сабанину, для осаждения при водяном столбе высотой в 30 см для частиц 0,05 мм потребуется время 2 м. 30 сек., для частиц 0,01 мм—25 мин., для 0,005 мм—18 час. и 0,001 мм—3 суток ¹⁾.

При повторных определениях оставшаяся в бутылки суспензия снова взбалтывается, после чего она доливаема в цилиндры до указанной высоты и взмучивается. Затем через определенные сроки берутся пробы.

При производстве анализа нами введены следующие изменения в способе, указанном Робинзоном:

1) Взбалтывание суспензии заменено 12 часовым кипячением,

¹⁾ Скорость падения частиц и их диаметр по Сабанину:

Диаметр частиц.	Время.	Пройденный путь в см.
0,05 мм	5 сек.	1 см.
0,01 "	50 "	1 "
0,005 "	30 мин.	1 "
0,001 "	2 ч. 24 "	1 "

Отсюда находим:

Для осаждения в водяном столбе высотой в 30 см потребуется для частиц <0,05 мм 2 мин. 30 сек., для частиц <0,01—25 мин., <0,005 мм—18 час. и <0,001—3 суток. Нами брались пробы с глубины 30 см потому, что часть пипетки, погружаемая в эмульсию, была как раз равна 30 см. При другой длине пипетки, руководствуясь приведенной табличкой, время соответственно должно быть изменено.

2) Сода заменена 10 куб. см 10% аммиаку.

3) Для глины берется 10 г и для тяжелых суглинков 20 г.

Влияние времени кипячения. Замена взбалтывания кипячением произведена потому, что кипячение легче осуществить и не нужно никакой машины. Первоначально, как это делается при анализах по Сабанину, было применено одночасовое кипячение; однако оказалось, что при такой обработке тяжелых грунтов не все частички разъединяются, поэтому срок кипячения был увеличен до 6 часов, но и он оказался недостаточным, и только при 12 часовом кипячении во всех исследованных образцах на сите оставалось очень небольшое количество комочков, легко растираемых пальцем.

Насколько существенное влияние оказывает время кипячения на результаты опыта, видно из таблицы 1, в которой приведены два анализа одного и того же грунта по методу Робинсона (грунт взят с тракта Уткина Заводь—Новосаратовская Колония Ленинградской губ.), при чем один образец кипятился один час, а второй 12—часов.

Т а б л и ц а 1.

Время кипячения.	Диаметр частиц в м.м.				
	>0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
1 час.	58,17	39,66			2,27
12 час.	50,39	11,25	23,56	7,8	7,6

То же явление обнаружено при анализе этого образца по методу Сабанина (см. табл. 2).

Т а б л и ц а 2.

Время кипячения.	Диаметр части, в м.м.				
	>0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,001	<0,001
1 час.	13,6	33,90	16,05	33,45	2,95
12 часов.	10,78	34,62	15,20	33,09	6,31

По обоим методам при 12 часовом кипячении частиц $<0,001$ мм получается более чем в два раза, нежели при кипячении 1 час.

Влияние прибавки соды и аммиака. Как сказано выше, при своих анализах Робинзон прибавлял 1 г соды на четыре литра воды. Чтобы выяснить влияние данного электролита, были произведены анализы грунтов с прибавкой соды и без нее, при чем один из образцов содержал значительное количество углекислого кальция.

Результаты приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3.

Наименование образца.	Добавки соды.	$>0,05$ мм.	$0,05 - 0,01$ мм.	$0,01 - 0,005$ мм.	$0,005 - 0,001$ мм.	$<0,001$ мм.	Примечание.
Глина Гомельского клинкерного завода.	1 грамм на 4 литра воды.	27,3	40,7	21,80	4,42	6,4	Образец не вскипает.
"	Не прибавлялось.	30,3	38,0	19,7	4,2	7,8	"
Образец с Мургаба.	1 грамм на 4 литра воды.	28,5	70,88		0,6	0,02	Образец сильно вскипает.
"	Не прибавлялось.	22,14	71,62	3,02	1,62	1,6	"

Как видно из таблицы, прибавка соды к обоим образцам не привела к увеличению глинистых частиц, напротив вызвала даже некоторое уменьшение их.

Совершенно другое явление наблюдается при прибавках аммиака. Были взяты 3 образца: 1) с Залесского клинкерного завода (№ 2), содержащий 3,5% CO_2 , 2) с того же завода (№ 3), с содержанием CO_2 0,1%, и 3) огнеупорная глина Латвийского месторождения (Воронежской губ.), совсем не содержащая углесолей. Во всех трех образцах определено количество частиц $<0,005$ по методу Робинзона с прибавкой аммиака и без него.

Результаты получились следующие: (табл. 4).

Т а б л и ц а 4.

Наименование образца.	Количество частиц < 0,005 без аммиака.	Колич. частиц < 0,005 с доб. 10 куб. см 100% аммиака.
Огнеупорная глина Латинского месторождения	74,00%	74,00%
Глина № 3 с Залесского завода	13,5	16,0
Глина № 2 с Залесского завода	6,5	17,0

Прибавка аммиака не оказала никакого влияния на образец Латинской глины, вызвала небольшое изменение в образце № 3 с Залесского завода; в образце же № 2 с того же завода, богатом углесолями, увеличила количество частиц < 0,005 мм более чем в два раза.

Влияние величины навески. Робинзон рекомендует брать для анализа навеску в 100 г на 4 литра воды. Однако невольно возникало сомнение в общности указанного количества.

Для выяснения того, какое значение для получаемых цифр имеет величина навески, был произведен опыт с Глуховским каолином.

Навески последовательно брались в 100, 50, 25 и 13 грамм на 4 литра воды.

Результаты приведены в таблице 5.

Т а б л и ц а 5.

Диаметр части, в мм.	Величина навески, в г на 4 литра воды.				
	> 0,05	0,05 — 0,01	0,01 — 0,005	0,005 — 0,001	< 0,001
100 г, %	1)				
50 "	5,40%	10,50%	34,50%	36,00%	13,00%
25 "	6,80%	4,40%	12,00%	14,00%	62,80%
13 "	0,220%	2,280%	8,000%	2,500%	87,00%

1) Получившиеся цифры были совершенно не сообразны.

Приведенные в таблице 5 цифры показывают, насколько велико влияние относительного количества воды к количеству глинистых частиц для их полного разъединения. Полное разъединение достигается только при содержании глинистых частиц в литре воды, не превышающем 3 г. Это обстоятельство необходимо учитывать при всех методах механического анализа глинистых пород.

На результаты анализа может оказать существенное влияние и прием взятия пробы. Как указано было выше, суспензия может быть втянута в пипетку ртом, или же может поступать в нее под давлением столба жидкости; в этом случае пипетка должна быть погружена в жидкость до верхнего деления. Кроме того отверстие пипетки может быть направлено вниз, или же конец пипетки будет загнут кверху. Влияние обоих факторов (приема взятия и направления отверстия пипетки) видно из цифр, приводимых в таблице 6.

Для опыта был взят грунт Уткина Заводь—Новосаратовская колония Ленинградской губернии, в котором были определены количества в (‰) частиц < 0,01 мм.

Т а б л и ц а 6.

Отверстие пипетки вниз.						Отверстие пипетки вверх.					
Наполнение втягиванием жидкости ртом.			Наполнение под давлением столба жидкости.			Наполнение втягиванием жидкости ртом.			Наполнение под давлением столба жидкости.		
I	II	Средн.	I	II	Средн.	I	II	Средн.	I	II	Средн.
41,25	38,94	40,09	39,3	38,6	38,95	37,0	38,35	37,78	39,6	39,2	39,4

Как видно из таблицы, при наполнении пипетки под влиянием давления столба жидкости направление отверстия пипетки дает незначительное расхождение (около 0,5%). Если же суспензия втягивается в пипетку ртом, то расхождение достигает 2,31%.

В виду таких результатов наполнение пипетки производилось давлением столба жидкости.

Чтобы видеть, насколько сравнимы результаты, получаемые по методу Робинсона, с методом Сабанина, были взяты различные грунты и проанализированы по обоим методам.

Результаты видны из таблицы 7.

Т а б л и ц а 7.

Диаметр частей, в мм.						
	>0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01 — 0,005	0,005— 0,001	<0,001
Наименование образца.						
Тракт Уткина Заводь Ленинградской губ. по методу Сабанина	10,78	34,62	15,20	33,09		6,31
Тот же образец по методу Робинсона	50,39		11,25	23,56	7,80	7,6
Клинкерный Гомельский завод по методу Сабанина	1,68	2,74	63,03	24,56	2,33	5,66
Тот же образец по методу Робинсона	27,30		40,70	21,18	4,42	6,40
Кембрийская глина по ме- тоду Сабанина	4,50	2,05	2,83	75,19		15,43
Тот же образец по методу Робинсона	6,80		1,10	60,00	17,60	14,60
Глуховский каолин третьего сорта по методу Сабанина.	0,55		1,95	6,80	2,07	83,63
Тот же образец по методу Робинсона	0,22		2,28	8,00	2,50	87,0

На основании этих анализов видно, что сравнимые цифры получаются для фракции $<0,01$ мм, количества же частиц $0,05—01$ мм в одних случаях близки, в других же по Робинзону их получается очень мало (в глине Гомельского Клинкерного завода меньше на 22,68%, чем по методу Сабанина). Частиц же $0,05$ мм по Робинзону получилось больше чем по методу Сабанина 22,88%, так как эти частицы определялись на по разности. Такое различие зависит от того, состоит ли фракция в главной массе из частиц по величине приближающейся к верхней границе фракции (к $0,05$ мм) или же к нижней (к $0,001$ мм). В первом случае по Робинзону получается меньше, так как на взятие пробы пипеткой и установление ее в надлежащем положении проходит некоторое время, вследствие чего заметное количество частиц, благодаря большей скорости их падения, выходит из пипетки.

Таким образом, как и следовало ожидать, метод Робинсона применим только для определения количества тех фракций, частицы которых имеют диаметр $<0,01$ мм.

При определении частиц $<0,01$ мм по методу Сабанина простым глазом видно, что в сифон увлекаются не только суспензированные

частицы, находящиеся на данном уровне, но и те, которые находятся ниже границы взятия пробы. Естественно предположить, что по методу Сабанина частиц $< 0,01$ получается больше, чем их имеется в действительности.

Чтобы установить более точно, насколько величины, получаемые по методу Сабанина, отличаются от действительных, были составлены 2 смеси—первая состояла из 83,33% фракции 0,05—0,01 мм, искусственно полученной из разных грунтов, и 16,67% Глуховского каолина первого сорта; вторая—из 83,33% фракции 0,25—0,05 мм и 16,67% того же каолина. В первой смеси получилось частиц $< 0,01$ мм 19,29%, т. е. больше действительной величины на 2,62%, а во второй 16,32%. Отсюда видно, что в сифон увлекались только частицы, имеющие диаметр в 0,05—0,01 мм.

Для выяснения, насколько устойчивы результаты, получаемые по методу Робинсона, была проанализирована смесь, состоящая из 80% фракции 0,05—0,01 и 20% Глуховского каолина первого сорта. В этой смеси получилось частиц $< 0,01$ мм, один раз 19,35%, второй раз 20,66%. Отклонение отдельных опытов от действительной величины равно 0,66%.

Кроме того были произведены многие повторные анализы, показавшие, что при аккуратной и внимательной работе разность между параллельными определениями можно довести до 0,5%.

Как видно из всего вышесказанного, метод Робинсона по сравнению с методом Сабанина при соблюдении указанных предосторожностей дает цифры, несколько отличающиеся от цифр по методу Сабанина. Однако, эти отличия не настолько велики, чтобы иметь значение при практической характеристике грунта. Кроме того нельзя быть уверенным, что получаемое расхождение обуславливается неточностью метода Робинсона, а не метода Сабанина. Если принять во внимание время, требуемое для определения количества тонких частиц от 0,005 мм до 0,001 мм и мельче, то преимущества метода Робинсона станут очевидными. Всем известно, что отделение указанных частиц по методу Сабанина (и других ему подобных) требует недели и месяцы. Метод же Робинсона, как показала практика Лаборатории Исследовательского Бюро ЦУМТ'а, позволяет одному аналитику закончить в течение одного рабочего дня не менее трех анализов.

Нельзя не указать также на простоту и незначительность материальных средств, необходимых для производства анализа.

Проверка и сопоставление результатов анализа по указанным двум методам умышленно производилась в обычной лабораторной обстановке, без тех предосторожностей, на какие указывает Робинзон, хотя, конечно, цилиндры с суспензией не ставились вблизи источников нагревания.

Нельзя сомневаться, что при соблюдении предосторожностей, отмеченных Робинзоном и нами, можно получать цифры гораздо более точные.