

В. П. Петелин

О ВЫБОРЕ МЕТОДИКИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ФРАКЦИЙ МОРСКИХ ДОННЫХ ОСАДКОВ

Установка на изучение современного осадкообразования как необходимого звена при построении общей теории осадочного процесса (Страхов, 1954а) диктует необходимость единообразия методов при изучении древних субаквальных осадочных пород и осадков современных водоемов. Поэтому в решении Совещания по осадочным породам, проводившегося в ноябре 1952 г., в качестве одной из главнейших задач науки об осадочных породах определена «Разработка и стандартизация методов обычного и ускоренного стлихового, минералогического, гранулометрического, графического и статистического анализов...» (Совещание по осадочным породам, вып. 2, 1955). Несомненно, что прежде всего унификации требуют метод гранулометрического исследования, в результате которого состав изучаемых осадочных горных пород и современных осадков был бы представлен в пределах единой классификации, а также метод минералогического исследования. Классификация морских донных осадков, которая в отличие от динамической классификации (Кленова, 1948, 1954) имеет в основе те же принципы, что и классификация осадочных горных пород (Страхов, 1953), в настоящее время разработана и предложена критическому вниманию литологов (Безруков и Лисицын, 1959). Можно надеяться, что она не вызовет существенных возражений и займет прочное место в практике морских геологических работ. Наличие согласованных классификаций должно повлечь за собой стремление исследователей объединить усилия и достигнуть единодушия в выборе и совершенствовании методических приемов и, таким образом, оно является важным шагом в деле унификации методов гранулометрического изучения осадочных горных пород и морских донных осадков.

Несколько иначе обстоит дело с методикой минералогического изучения упомянутых выше объектов исследования. Как известно, в настоящее время имеет место крайнее разнообразие методических приемов при изучении минералогического состава осадочных горных пород и осадков современных водоемов как в Советском Союзе, так и за рубежом. Это особенно справедливо в отношении изучения песчано-алевритовых фракций осадочных образований. До сих пор исследователи при обработке собранных материалов идут разными путями, используя различные методические приемы, зачастую ничем не обоснованные. Применение различных методов минералогического изучения осадочных образований

привело к тому, что накопленные в большом объеме и быстро пополняющиеся результаты научных исследований трудно и даже не всегда сопоставимы. Это создает известные трудности при обобщении их в сравнительно-литологическом плане.

Со времени совещания по осадочным породам прошло много времени. Однако до сих пор нет еще единого мнения в выборе методических приемов минералогического изучения среди специалистов по осадочным горным породам. Опубликованная в сборнике «Методы изучения осадочных пород», предназначенная в качестве руководства для литологов, методика изучения минералов в зернах песчано-алевритовой размерности (Логвиненко, 1957) является пока что последним словом в этой области. Но она вряд ли может рассматриваться и приниматься в качестве единой, так как имеет существенные недостатки, о которых будет сказано ниже. Методики же минералогического изучения, которая получила бы одобрение специалистов, работающих как в области исследования осадочных горных пород, так и в области исследования осадков современных водоемов, пока еще нет, несмотря на то, что жизнь настоятельно требует ее сейчас, когда возникло и пользуется признанием сравнительно-литологическое направление изучения осадочных образований.

В связи с этим нам хотелось бы поделиться некоторыми соображениями в пользу тех или иных методических приемов минералогического изучения, которые могли бы в какой-то мере удовлетворять интересам литологов, занимающихся исследованиями осадочных горных пород и осадков современных водоемов. В основу этих соображений будет положена методика минералогического изучения песчано-алевритовых фракций морских донных осадков, разработанная и применяющаяся в Отделе морской геологии Института океанологии АН СССР в течение ряда лет. Эта методика была выбрана нами в результате критического пересмотра методов минералогических исследований, чрезвычайно разнообразно представленных в большом списке литературы по литологии осадочных горных пород и осадков современных водоемов, и пополнена некоторыми новыми приемами, оправдавшими себя в ходе работ.

Приступая к изложению и разбору отдельных частей методики, целесообразно отметить, что для целей минералогического исследования предпочтительнее пользоваться фракциями, состоящими из чистых зерен, оптической диагностике которых не мешает загрязнение пелитовым материалом. Такие чистые фракции получаются в результате водного или комбинированного механического анализа проб естественной влажности (Малинин, 1951), либо при отмучивании части осадка из дночерпательных проб на корабле с целью выделения больших количеств песчано-алевритовых фракций (Лисицын и Петелин, 1956). В результате анализа высушенных проб морских осадков (Кленова, 1926, 1948) минеральные зерна фракций, как правило, оказываются облепленными пелитовым материалом (Малинин, 1954).

Если после водного механического анализа или отмывки некоторые минеральные зерна оказываются покрытыми железистой или карбонатной пленкой, то следует применить обработку соляной кислотой. Обработке подвергается только часть фракции. Если же фракции мало, то ее можно пустить в обработку целиком, но после предварительной диагностики и подсчета всех составляющих ее минеральных видов. Чтобы удалить железистую пленку, обычно применяется широко практикуемое кипячение минеральных зерен в горячей 10%-ной соляной кислоте. Следует помнить, что при этом почти нацело растворяется апатит. Карбонатную пленку можно удалить с минеральных зерен слабой соляной

кислотой, имея в виду при этом, что и она является сильным растворителем апатита, что делает нежелательным обработку зерен в течение длительного времени. В качестве других очистителей зерен от железистых и карбонатных пленок можно рекомендовать уксусную кислоту (Логвиненко, 1957) либо 20%-ные растворы винной и лимонной кислот. Исследованиями Джилберта (Gilbert, 1947) показано, что винная и лимонная кислоты, особенно последняя, лишь в очень слабой степени растворяют апатит.

В свое время В. П. Батурич (1947) писал: «Для разрешения многих вопросов недостаточен анализ терригенных компонентов и требуется также детальное исследование гидrogenных, особенно биогенных, а в некоторых породах и пирогенных частей, изучение которых во многом базируется: во-первых — на палеоэкологии и геохимии, а во-вторых — на петрографии изверженных пород». Действительно, чтобы установить природу осадков на морском дне, чтобы выяснить влияние всех факторов осадкообразования, надо прежде всего детально изучать их компоненты в естественных соотношениях последних. Минералогическое изучение песчано-алевритовых фракций начинается нами с препаратов, где должны быть налицо все минеральные виды и в тех количественных соотношениях, в которых они находятся в осадке. Это — препараты фракций, не подвергавшихся обработке кислотами или магнитной сепарации, фракций, имеющих свой, так сказать, естественный вид. Только после качественного и количественного изучения такого рода препаратов можно воспользоваться магнитной сепарацией и обработкой кислотами с целью удаления некоторых аутигенных и биогенных компонентов и концентрации или очищения зерен некоторых терригенных минеральных видов.

Как правило, тяжелые и легкие подфракции изучаются одинаково детально, благодаря чему целый ряд легких минералов приобретает значение корреляционных.

Какая размерная фракция наиболее предпочтительна для минералогических исследований? Практика минералогических исследований показывает, что количественное распределение минеральных видов по фракциям чрезвычайно неравномерно. На основании изучения различного рода осадков современных водоемов (Самойлов и Горшкова, 1924; Логвиненко, 1948; Невеский, 1951; Петелин, 1957; Russel, 1936; Neeb, 1943 и др.), а также ископаемых горных пород осадочного происхождения (Лепикаш, 1934; Терентьева, Петровская и Сыромятников, 1940; Батурич, 1944; Калинин, 1948; Дистанов, 1953; Rubey, 1933, Thiel, 1935 и др.) можно видеть, что оно варьирует в значительных пределах. Это обусловлено физико-химическими свойствами и исходными размерами минеральных зерен, которые в совокупности определяют способность последних к изменению, измельчению и перераспределению по гранулометрическому спектру в процессе транспортировки и воздействия окружающей среды. Ясно, что минералогический состав осадочных образований находится до некоторой степени в зависимости от их гранулометрического состава (Пустовалов, 1947). В связи с этим некоторыми исследователями (Пустовалов и Султанов, 1946а, б; Sindowski, 1949 и др.) был поставлен вопрос о необходимости минералогических исследований со строгим учетом литологического состава изучаемых пород. Другими словами, литологический состав пород должен определять выбор фракций для анализа. Но эта точка зрения, имеющая основой неравномерное количественное распределение минеральных видов по гранулометрическому спектру, вряд ли оправдывает себя, ибо нельзя при обобщении сопоставлять результаты исследования различных фракций, раз они неравнозначны в минерало-

гическом отношении. Сопоставление разнообразных и монотонных в отношении минеральных видов фракций, по-видимому, не может быть убедительным.

Изучая пространственное распределение минеральных видов на какой-либо площади, хотя бы и покрытой осадками разных типов, следует, по-видимому, придерживаться сопоставлений в пределах одной фракции. Это, конечно, не исключает необходимости изучения и других фракций, на чем не без основания настаивает ряд исследователей и что является существенным дополнением к исследованиям в пределах одной фракции. Но подробное изучение ряда фракций на всей исследуемой площади, чрезвычайно увеличивающее объем работ, как нам кажется, не всегда обязательно. Как нам удалось установить, для выявления общей картины распределения минералов по площади в зависимости от характера питающих провинций, агентов транспортировки, физико-химической обстановки в бассейне и т. д. достаточно исследования одной фракции. Независимо от литологического характера осадков в минеральном комплексе этой фракции, если она будет наиболее богатой минеральными видами, отразится влияние всех закономерностей процессов осадкообразования, господствующих на данной площади. Если же по каким-либо соображениям требуются точные данные по абсолютным количествам того или иного минерального вида (в весовых единицах на весовую единицу осадка), следует применять минералогическое изучение всех фракций раздельно.

Когда дело доходит до выбора фракции для минералогического анализа, то исследователи подходят к этому с разных точек зрения. Так, например, Н. В. Логвиненко ранее (1948) считал, что наиболее богаты минеральными видами фракции 0,25—0,05 и 0,05—0,01 мм. Позже (1953) он стал придерживаться мнения, согласно которому самой разнообразной в минералогическом отношении является фракция 0,25—0,01 мм. У. Г. Дистанов (1953) приходит к выводу, что для палеогеографических и корреляционных построений необходимо изучать фракции 0,25—0,1 и 0,1—0,01 мм. С. Г. Саркисян (1949, 1950, 1951, 1952) считает, что наиболее правильным будет исследование фракции 0,25—0,01 мм. Другие исследователи изучают фракцию 0,1—0,01 мм, как наиболее разнообразную и дающую максимальный выход тяжелой фракции. Такого мнения был и С. Г. Саркисян, проводя свои ранние работы (1935, 1938а, б).

В настоящее время среди специалистов, изучающих осадочные горные породы, наиболее принятой для минералогического изучения является фракция 0,25—0,01 мм (Тихомирова, 1955; Логвиненко, 1957 и др.). Эта фракция рекомендуется руководством «Методы изучения осадочных пород» (1957) как наиболее разнообразная в минералогическом отношении независимо от пород и наиболее удобная для микроскопического изучения.

Нельзя не согласиться с тем, что фракция 0,25—0,01 мм охватывает большое разнообразие минералов. Но, как показали исследования М. К. Калинко (1948), даже в пределах фракции 0,1—0,01 мм сильно изменяется размерность зерен в зависимости от литологического состава пород: диаметр их приближается к нижней границе фракции в глинистых образцах и к верхней — в песчаных. Для фракции 0,25—0,01 мм эти изменения при переходе от одного типа пород к другому будут происходить в большем масштабе. В связи с этим увеличатся колебания в минералогическом составе, роль одних минеральных видов может быть подавлена, а других, наоборот, подчеркнута. Кроме того, исследование фракции 0,25—0,01 мм даст неправильные, по-видимому, количественные соот-

ношения сильно различающихся по крупности минеральных обломков в породе, которые нельзя применить при подсчете абсолютных количеств. Нам думается, что изучение в иммерсионном препарате фракции, верхний и нижний пределы которой относятся как 25 : 1, несомненно, менее удобно и мало показательно, чем фракции с меньшим соотношением пределов.

Среди исследователей, занимающихся изучением осадков современных водоемов, также нет пока единой точки зрения в выборе фракции для минералогического анализа. Некоторые предпочитают фракцию 0,25—0,1 мм (Бродская, 1952; Сапожников, 1954), иные исследуют фракции 0,25—0,01 и 0,1—0,01 мм, в зависимости от типа осадков (Князева, 1954), либо фракцию 0,1—0,01 мм (Невесский, 1954 и др.) и фракцию 0,1—0,05 см (Кленова, 1948). По мнению Синдовского (Sindowski, 1949), изложенному в сводке по результатам и проблемам исследования тяжелой фракции береговых песков и осадочных пород Германии, тяжелыми минералами более всего богата фракция 0,2—0,1 мм, на которой сейчас сосредотачивают основное внимание зарубежные исследователи. Однако Ниб (Neeb, 1943), занимаясь изучением морских осадков в районе Зондского архипелага, ранее установила, что тяжелые минералы наиболее полно представлены во фракциях 0,1—0,05 и 0,05—0,02 мм, особенно в первой. Только в некоторых вулканических осадках максимальное содержание тяжелых минералов падало на фракции 0,2—0,1 и 0,5—0,2 мм.

М. К. Калинин (1948) предлагает брать для исследований более узкие, чем это в большинстве случаев принято, фракции с разностью конечных размеров не свыше нескольких сотых долей миллиметра, чтобы избежать больших изменений минералогического состава в зависимости от литологического характера пород. Нельзя с этим не согласиться и следует обратить внимание на то, что такие фракции будут наиболее удобны для микроскопических исследований. Начиная региональные минералогические исследования донных осадков дальневосточных морей, мы выбрали в качестве основной фракцию 0,1—0,05 мм и предпочитаем пользоваться ею при работах в настоящее время. Как показали исследования, эта фракция оказалась в большинстве случаев наиболее обогащенной тяжелыми минералами. Это можно иллюстрировать на примере Охотского моря, для которого были изучены минеральные комплексы фракций почти из трехсот проб осадков прибрежных и центральных районов. Максимальное содержание тяжелой фракции в подавляющем большинстве случаев здесь приходилось на фракцию 0,1—0,05 мм, редко — на фракцию 0,25—0,1 мм и очень редко — на фракцию 0,5—0,25 мм. Не было случая, чтобы наибольшим выходом тяжелой фракции характеризовалась фракция 0,05—0,01 мм. Среднее содержание тяжелых минералов по фракциям приводится в табл. 1. Из данных этой таблицы видно, что как в районе Курильских островов, где налицо интенсивное поступление в осадки тяжелых минералов в виде продуктов вулканических извержений и разрушения береговых основных и средних магматических пород, а также естественное шлихование минералов сильными приливными течениями, так и для других районов, где этих условий нет, максимальное содержание тяжелых минералов в среднем характерно для фракции 0,1—0,05 мм.

Тяжелая фракция 0,1—0,05 мм характеризуется наибольшим разнообразием минеральных видов. Это подтверждается на основании тех же материалов (табл. 2).

Кроме того, фракция 0,1—0,05 мм может быть встречена на подавляющей части площади моря как в крупнозернистых, так и в тонких глинистых осадках, что важно при региональных исследованиях. Эта фрак-

Т а б л и ц а 1

Содержание тяжелых минералов по фракциям в осадках различных частей Охотского моря

Район	Фракции, мм									
	0,05—0,01		0,1—0,05		0,25—0,1		0,5—0,25		1,0—0,5	
	Содержание, %									
	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее
Курильские острова	3,0 —10,2	5,1	26,0 —99,9	61,4	22,4 —97,8	50,2	11,9 —95,5	32,7	9,2 —11,4	10,7
Центральная часть, северное и западное побережья	0,1 —7,8	2,9	4,5 —50,0	18,7	4,0 —40,5	12,4	3,0 —13,8	11,2	5,1 —14,7	8,8

Т а б л и ц а 2

Количество минеральных видов в тяжелых фракциях различной размерности

Тяжелая фракция, мм	Количество минеральных видов		
	максимальное	минимальное	среднее
0,05—0,01	19	13	16
0,1—0,05	34	12	23
0,25—0,1	18	8	13
0,5—0,25	10	5	8

ция — фракция крупного алеврита — существенная часть взвешенного материала речного стока в современные водоемы, который во много раз преобладает над влекомым (Страхов, 1954б). Она же является одной из наиболее транспортабельных в условиях перемещения продуктов абразии морскими течениями. По ней, очевидно, и следует судить об особенностях комплексов пород, характерных для речных бассейнов и побережий. Таким образом, фракция 0,1—0,05 мм, по-видимому, является наиболее подходящей при региональном изучении минералогического состава осадков современных водоемов. Следует упомянуть, что В. В. Коперина (1951а), занимаясь литологическими исследованиями кольчугинской свиты Кузбасса, пришла к выводу о целесообразности анализа фракции 0,1—0,05 мм и советует выбирать ее при изучении ископаемых осадочных пород. Ссылка Н. В. Логвиненко (1957) на ту же работу В. В. Копериной, якобы рекомендующую для минералогического анализа фракцию 0,25—0,01 мм, неправильна.

Говоря о разделении минералов тяжелыми жидкостями, может быть, прежде всего следует поставить вопрос о том, чтобы получающиеся после разделения тяжелые и легкие группы минералов называть не фракциями, а подфракциями. Для разделения берется какая-либо определен-

ная размерная фракция. После разделения получаются две группы минералов с размерами в пределах той же фракции, но с различными удельными весами. Нам кажется, лучше в этом случае говорить о тяжелых и легких подфракциях. Этот термин введен нами, и им пользуются в практике работ Отдела морской геологии. Известно много способов разделения минералов тяжелыми жидкостями. Из них наиболее популярны разделение в делительных воронках, которое можно осуществить в любых условиях, а также разделение центрифугой А. И. Мошова (1935). Разделение центрифугой — это наиболее совершенный и высокопроизводительный способ, однако сама установка довольно громоздка и требует изоляции из-за производимого ею шума. В Отделе морской геологии разработан и применяется метод разделения минералов тяжелыми жидкостями в делительных стаканчиках (Петелин, 1952). Преимущества этого метода заключаются в том, что он бесшумен, высокопроизводителен и требует весьма малой площади.

В настоящее время существует большой список применяемых для минералогических работ тяжелых жидкостей: жидкости Туле, Сушина-Рорбаха, Клеричи, Дюбуена, Клейна, иодистый метилен, бромистый этилен, четырехбромистый ацетилен, бромформ. В практике работ чаще всего применяются жидкость Туле и бромформ. Как известно, все перечисленные жидкости обладают токсическими свойствами. В Отделе морской геологии разработана и применяется для минералогических работ безвредная кадмиевая жидкость (Петелин и Фотиев, 1956). Будучи изготовленной из чистых для анализов (ЧДА) иодистого кадмия и иодистого калия, она имеет удельный вес около 2,80. В настоящее время эта жидкость широко применяется при спорово-пыльцевом и диатомовом анализах.

Так же, как в выборе фракций для минералогического анализа, нет единообразия и в выборе удельного веса тяжелой жидкости, который определяет понятие «тяжелый минерал». Многие исследователи, особенно за рубежом, пользуются при разделении минералов бромформом с постоянным удельным весом 2,90. Однако другие предпочитают пользоваться тяжелыми жидкостями с самыми разнообразными удельными весами: 3,1—3,2 (Карякин, 1948); 3,18 (Флоренский и Лапинская, 1953); 3,05 (Фролова, 1940); 3,00 (Сидоренко, 1955); 2,80 (Султанов, 1944; Алиев, 1949 и др.); 2,75 (Авдусин, 1948; Саркисян, 1949 и др.) и 2,70 (Горшкова, 1931; Кленова и Пустовалов, 1933; Флоренский, 1941; Кленова, 1948; Бродская, 1952 и др.). В руководстве «Методы изучения осадочных пород» говорится: «Опыт показывает, что наилучшие результаты получаются при удельном весе жидкости в интервале 2,90—2,80» (стр. 347). Разнообразие удельных весов тяжелых жидкостей, употребляемых при разделении минералов, определяется в некоторых случаях удобством пользования жидкостью постоянного удельного веса (бромформ), который в растворах (жидкость Туле и др.) подвержен изменениям, а сплошь и рядом — индивидуальными соображениями исследователей, предпочитающих, так сказать, «свою» границу между тяжелой и легкой подфракциями.

Как нам кажется, применение тяжелых жидкостей с широким диапазоном удельных весов вряд ли всегда оправдано. Разберем следующие случаи. Допустим, что мы имеем дело с древними, неоднократно перетолженными песками. Такие пески состоят главным образом из кварца с небольшой примесью калиевых полевых шпатов и кислых плагиоклазов и малым количеством устойчивых тяжелых минералов, удельный вес которых всегда более 2,90. Для выделения тяжелой подфракции из таких

песков можно употребить жидкость с удельным весом от 2,70 до 2,90. Результат будет один и тот же. Если же взять молодые третичные осадки геосинклинальных областей или осадки современных водоемов, входящих в современную геосинклинальную зону (дальневосточные моря и др.), то к разделению песчано-алевритовых фракций на тяжелые и легкие подфракции нужен иной подход. В составе такого рода осадков, особенно осадков современных водоемов, можно найти все виды плагиоклазов (Петелин, 1957), разнообразные вулканические стекла, обломки самых различных горных пород, глауконит перетолженный и аутигенный с самыми различными удельными весами и т. д., но почти нельзя найти акцессорных минералов, за исключением единичных зерен. Тогда в качестве корреляционных, по-видимому, надо использовать перечисленные выше минеральные виды. Для этого их следует разделить на тяжелые и легкие группы. Если исследователь пользуется при изучении молодых осадков жидкостью высокого удельного веса, выводя в легкую фракцию плагиоклазы, слюды, глауконит и др., то он почти наверняка устраняет возможность пользоваться дополнительными коррелятивными признаками.

При изучении песчано-алевритовых фракций мы берем тяжелую жидкость с удельным весом 2,70, соответствующим удельному весу плагиоклаза № 50—55 (Бетехтин, 1950) и тахилита (George, 1924). Это позволяет нам пользоваться кислыми и основными (до битовнита) плагиоклазами, кислыми и основными вулканическими стеклами, обломками пород и другими минеральными видами при выделении минералогических провинций, а также при сопоставлении тех или иных слоев в колонках осадков. Если же требуется дополнительное изучение акцессорных или каких-либо других минералов, их можно выделить из массы плагиоклазов, стекол и обломков пород жидкостью с другим удельным весом.

Для изготовления препарата важно взять часть полученного от разделения материала так, чтобы она по возможности полно сохранила естественные соотношения компонентов фракции. Это исключает простое перемешивание материала и отбор части его с помощью шпателя, а требует применения лабораторного сократителя проб. При минералогических работах обычно применяются сократители Джонса, Отто (Krumbein а. Pettijohn, 1938) и А. Глаголева (1941). Они, кроме неудобств работы с ними (сократитель Джонса) или сложности изготовления (сократитель Глаголева), страдают одним существенным недостатком: отсутствием приспособления, регулирующего сечение струи сокращаемого материала. А это очень важно при сокращении его до количества, требуемого для изготовления препарата. К концу сокращения материала становится настолько мало, что надежно разделить его на две равные части можно только при наличии минимального, определяемого размерами частиц фракции, сечения струи, падающей на острие сократителя. В Отделе морской геологии сконструирован и применяется лабораторный сократитель проб с регулировкой сечения струи разделяемого материала (Петелин, 1956). Он нашел применение при работах по минералогическому и фораминиферовому анализам.

Иммерсионные препараты изготавливаются нами преимущественно клеевым 3—5%-ным раствором желатина, который не мешает при определении показателей преломления (Вишняков, 1929; Веденева, 1931). Клеевые препараты удобны при работе с наклонным тубусом микроскопа и выдерживают много смен иммерсионных жидкостей, удаление которых осуществляется самым грубым способом — накладыванием фильтровальной бумаги на препарат при снятом покровном стекле.

Недостаток же их — невозможность поворота зерен для получения характерных интерференционных фигур. Избежать этот недостаток можно посредством изготовления комбинированных препаратов, в которых на одном предметном стекле имеется два самостоятельных покрытых отдельными стеклами участка прикрепленных и свободно лежащих зерен.

Касаясь количества зерен, подсчитываемых в препарате, надо сказать, что и здесь мнения исследователей также разнообразны, как при выборе фракций для минералогического анализа и удельного веса тяжелых жидкостей. Некоторые полагают, что достаточен подсчет 100 (Гудков, 1926; Ваак, 1936) или 200 зерен (Mathis, 1944; Sindowski, 1949). С. Г. Вишняков (1930) математическим путем пришел к выводу, что следует считать 697 зерен, если предусматривать расхождение минералогических анализов не более 1%. При подсчете он пользовался фракцией без разделения на тяжелую и легкую подфракции. Несколько позже Драйден (Dryden, 1931), пользуясь так же, как и С. Г. Вишняков, методом анализа ошибок при подсчете того или иного количества зерен в препарате, сделал заключение о достаточности подсчета 300 зерен в тяжелой подфракции для ординарных работ. Большинство исследователей обычно подсчитывает 400—500 зерен (Логвиненко, 1957). Несмотря на то, что увеличение количества подсчитываемых зерен сверх этого мало повышает точность результатов, как это показал, пользуясь методами математического анализа, А. Б. Вистелиус (1951), встречаются отдельные исследователи, стремящиеся увеличивать количество просчитанных зерен до 700 (Shukri a. Nigary, 1944) и более.

Несомненно, что чем больше количество просчитанных зерен, тем точнее результат анализа. Но вряд ли имеет смысл нерационально тратить время и зрение в погоне за расхождением результатов анализов менее десятых долей процента, особенно при выявлении общих закономерностей распределения минеральных видов. Подсчет очень большого количества зерен оправдывает себя при оценке рентабельности россыпных месторождений какого-либо редкого минерала, например монацита, содержание которого, равное 1—2%, превращает пески в кондиционное сырье.

Основываясь на данных Ю. Токарского (1940), занимавшегося микроскопическим изучением состава дробленых изверженных пород и установившего, что результаты при подсчетах 300 и 1000 зерен очень близко совпадают, мы подсчитывали 300—400 и 800—900 зерен в каждой подфракции. Сравнение результатов показало, что они различаются всего лишь на десятые доли процента. В. В. Коперина (1952), подвергнув просчету 13 000 зерен порциями от 100 до 1000 и сравнив результаты, сделала вывод о практической неизменности среднего арифметического содержания минералов при подсчете количества зерен свыше 300. Если зерна в образце распределены равномерно, пишет она, то вполне допустим подсчет 100—200 зерен, правда, при этом могут оставаться незамеченными некоторые, содержащиеся в малых количествах минеральные виды. В настоящее время мы считаем около 300, но не менее 300 зерен в каждой подфракции и держимся мнения, что этого вполне достаточно для региональных минералогических работ и различного рода корреляций.

Результаты минералогического анализа можно выражать в количественных и весовых процентах, а также в абсолютных весовых количествах минералов на весовую единицу осадка. Для вычисления абсолютных количеств того или иного минерального вида как в легкой, так и в тяжелой подфракции мы пользуемся схемой Риттенхауза (Rittenhause, 1944). По этой схеме количественные проценты минералов в подфрак-

циях пересчитываются в весовые. Это сводится к тому, что количественные проценты каждого минерального вида в отдельности перемножаются на соответствующие им удельные веса, результаты складываются, а из полученной суммы вычисляются весовые проценты. Такой пересчет для каждого минерала, например, из тяжелой подфракции, содержащей n минералов, можно выразить в виде формулы

$$B_1 = \frac{K_1 \times d_1}{(K_1 \times d_1) + (K_2 \times d_2) + (K_3 \times d_3) + \dots + (K_n \times d_n)} \times 100,$$

$$B_2 = \frac{K_2 \times d_2}{(K_1 \times d_1) + (K_2 \times d_2) + (K_3 \times d_3) + \dots + (K_n \times d_n)} \times 100.$$

$$B_n = \frac{K_n \times d_n}{(K_1 \times d_1) + (K_2 \times d_2) + (K_3 \times d_3) + \dots + (K_n \times d_n)} \times 100,$$

где B — весовой процент, k — количественный процент, d — удельный вес минерала, n — количество минералов в тяжелой или легкой подфракции.

Получив весовые проценты и зная вес тяжелой подфракции в граммах, можно вычислить содержание минералов в граммах по формуле

$$C_1 = \frac{T \times B_1}{100}$$

$$C_2 = \frac{T \times B_2}{100}$$

$$C_n = \frac{T \times B_n}{100},$$

где C — содержание какого-либо минерала в тяжелой подфракции в граммах, T — вес тяжелой подфракции в граммах. Когда будут вычислены количества всех минералов тяжелой и легкой подфракции в граммах, легко высчитать содержание каждого минерала на какую-либо весовую единицу осадка по результатам механического анализа осадка.

Способ представления результатов минералогических исследований в виде количественных процентных содержаний критикуется рядом авторов (Преображенский, 1946; Рухин, 1947, 1948; Коперина, 1951; Согоен, 1935 и др.) как не отражающий количества того или иного минерала ни в породе, ни во фракции. Эта критика справедлива. Но всегда ли нужно представлять результаты минералогических исследований в абсолютных количествах? При составлении карт пространственного распределения минералов в их связи с питающими провинциями, желая выяснить степень влияния последних на том или ином участке моря, мы ориентируемся обычно на количественные проценты, что вызывается следующими соображениями. Количественные проценты дают представление о роли того или иного минерального вида в сложении фракций. Эта роль определяется в основном расстоянием от питающей провинции и в большинстве случаев повышается с приближением к ней. Весовые проценты по сути дела выражают то же самое, подчеркивая повышение роли минералов в сложении фракций с увеличением удельного веса. Нами было составлено свыше 20 карт распространения минералов по дну Охотского моря, для которых были использованы результаты анализов, выраженные в весовых процентах. Эти карты мало отличаются от карт, составленных по количественным процентам, а труда на них было затрачено гораздо больше, так как составлению их предшествовала громоздкая вычислительная работа.

Если результаты минералогических исследований представить в виде абсолютных количеств тех или иных минералов и использовать для составления карт распространения минералов по дну водоема, то можно получить иногда не совсем ясную картину связи их с питающими провинциями. Абсолютные количества минералов и распространение их будут находиться в соответствии с содержанием в осадке выбранной для анализа фракции. Мы используем для анализов крупноалевритовую фракцию. Эта фракция является существенной составной частью осадков нижних частей материковой отмели. Следовательно, повышенные количества минералов будут приурочиваться также к нижним частям материковой отмели, несмотря на то, что здесь количественные проценты этих минералов гораздо меньше, чем у берега, т. е. вблизи питающей провинции. По нашему мнению, выражение результатов анализа в количественных процентах лучше вскрывает влияние питающих провинций. Поэтому пользоваться ими следует хотя бы для этих целей. Для выяснения содержаний минералов в породе и осадке, для освещения способности отдельных минералов к перемещению и накоплению на дне водоемов следует, по-видимому, пользоваться результатами анализов в виде абсолютных количеств.

Заканчивая описание методики минералогического изучения песчано-алевритовых фракций и изложение аргументов в пользу выбранных методических приемов, мы должны сказать, что она не может быть, конечно, принята всеми в таком виде. В некоторых своих частях она может оказаться не совсем подходящей для специалистов, изучающих осадочные горные породы, и вызовет возражения с их стороны. Автор сделал попытку критически разобрать целесообразность методических приемов, применяемых при минералогических исследованиях осадочных горных пород и осадков современных водоемов. Они далеки от того, чтобы быть принятыми безоговорочно, так как дают результаты, сопоставлять которые трудно или невозможно. Отсюда вывод: методика минералогического изучения требует серьезного пересмотра и такой унификации, которая удовлетворяла бы как геологов-осадочников, так и геологов-моряков, делала бы результаты их работ сопоставимыми, что является непременным условием прогресса в деле создания общей теории осадочного процесса.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А в д у с и п П. П. Грязевые вулканы Крымско-Кавказской геологической провинции. Изд-во АН СССР, 1948.
- А л и е в А. Г. Петрография третичных отложений Азербайджана. Азнефтеиздат, 1949.
- Б а т у р и н В. П. Некоторые черты палеографии Чокракского бассейна в новом освещении. Докл. АН СССР, т. 45, № 4, 1944.
- Б а т у р и н В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. Изд-во АН СССР, 1947.
- Б е з р у к о в П. Л. и Л и с и ц ы н А. П. Классификация осадков современных морских водоемов. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. XXXII, 1959.
- Б е т е х т и н А. Г. Минералогия. Госгеоллиздат, 1950.
- Б р о д с к а я Н. Г. Донные отложения и процессы осадкообразования в Аральском море. Труды ИГН АН СССР, вып. 115, серия геол., № 57, 1952.
- В е д е н е е в а Н. К практике микроскопического исследования горных пород и минералов. Мин. сырье, № 12, 1931.
- В и с т е л и у с А. Б. О необходимом числе зерен, подсчитываемых при иммерсии. Зап. Всес. Минералог. об-ва, ч. 80, вып. 3, 1951.
- В и ш н я к о в С. Г. Микроскопическое исследование меловых и юрских отложений Урало-Эмбенского нефтеносного района. Изв. Геол. ком-та, т. 48, № 4, 1929.

- Вишняков С. Г. Количественный минералогический подсчет песчаных образований Урало-Эмбенского нефтеносного района. Зап. Минер. об-ва, т. 59, № 1, 1930.
- Глаголев А. Количественные методы анализа рыхлых материалов. Труды ВИМС, вып. 170, 1941.
- Горшкова Т. И. Химико-минералогическое исследование осадков Баренцова и Белого морей. Труды ГОИН, т. 1, вып. 2—3, 1931.
- Гудков Н. Микротетрографические методы параллелизации разрезов нефтеносных отложений. Азерб. нефт. хоз-во, № 6—7, 1926.
- Дистанов У. Г. К вопросу о выборе размерных фракций для минералогических анализов. Докл. АН СССР, т. 91, № 3, 1953.
- Калинко М. К. Распределение «тяжелых» минералов во фракциях различного диаметра и влияние этого фактора на точность минералогических анализов. Докл. АН СССР, т. 62, № 5, 1948.
- Карякин Л. И. Минералогический состав песков побережья Азовского моря между косами Бердянская и Обиточная. Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва при ун-те, № 2, 1948.
- Кленова М. В. К методике механического анализа морских осадков. Труды НИИ минералогии и петрографии, вып. 5, 1926.
- Кленова М. В. Геология моря. Учпедгиз, 1948.
- Кленова М. В. Классификация современных морских осадков. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1954.
- Кленова М. В. и Пустовалов Л. П. Инструкция по минералогическому анализу. Инструкции ГОИН, сектор геол. моря, № 9—10, 1933.
- Князева Л. М. Осадкообразование в озерах влажной зоны СССР. Южный Байкал. Сб. Образование осадков в современных водоемах. Изд-во АН СССР, 1954.
- Коперина В. В. К вопросу о единой методике минералогического анализа терригенной части осадочных пород. К вопросу о состоянии науки об осадочных породах. Изд-во АН СССР, 1951.
- Коперина В. В. К вопросу о точности минералогического анализа. Докл. АН СССР, т. 85, № 5, 1952.
- Лепикаш И. И. К минералогии лёссовых образований Украины. Труды Комис. по изуч. четвертич. периода, т. 4, вып. 1, 1934.
- Лисицын А. П. и Петелин В. П. К методике предварительной обработки проб морских осадков в судовых условиях. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. XIX, 1956.
- Логвиненко Н. В. Некоторые вопросы минералогии и петрографии осадочных пород. Зап. Всес. минералог. об-ва, ч. 77, № 3, 1948.
- Логвиненко Н. В. Литология и палеогеография продуктивной толщи донецкого карбона. Изд. Харьк. ун-та, 1953.
- Логвиненко Н. В. Изучение минералов в зернах песчано-алевритовой размерности. Сб. Методы изучения осадочных пород, т. I, 1957.
- Малинин С. И. К методике водного механического анализа. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. V, 1951.
- Малинин С. И. О водном механическом анализе современных осадков. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. VIII, 1954.
- Мошев А. И. Разделение тяжелых минералов по принципу непрерывного центрифугирования. Зап. Всес. минералог. об-ва, ч. 64, вып. 1, 1935.
- Невеский Е. Н. Изменение минералогического состава прибрежных морских наносов в зависимости от глубин и рельефа дна. Тр. Ин-та океанологии АН СССР, т. VI, 1951.
- Невеский Е. Н. Опыт исследования потоков песчаных наносов минералогическим методом. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. X, 1954.
- Петелин В. П. Разделение минералов тяжелыми жидкостями в делительных стаканчиках. Зап. Всес. минералог. об-ва, ч. 81, вып. 4, 1952.
- Петелин В. П. Лабораторный сократитель песчано-алевритовых фракций. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. XIX, 1956.
- Петелин В. П. Минералогия песчано-алевритовых фракций осадков Охотского моря. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. XXII, 1957.
- Петелин В. П. и Фотиев А. В. Безвредные тяжелые жидкости для лабораторных геологических работ. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. XIX, 1956.
- Преображенский И. А. О подсчетах минералого-петрографического состава осадочных пород. Сб. Акад. Д. С. Белянкину к семидесятилетию со дня рождения. Изд-во АН СССР, 1946.
- Пустовалов Л. В. О терригенно-минералогических фациях. Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., т. 52, 1947.
- Пустовалов Л. В. и Султанов А. Д. О распределении «тяжелых» минералов по типам пород продуктивной толщи Прикуриной низменности. Докл. АН СССР, т. 52, № 2, 1946а.

- Пустовалов Л. В. и Султанов А. Д. О сопряженности гранулометрического и химического состава продуктивной толщи Прикуринской низменности. Докл. АН СССР, т. 52, № 3, 1946б.
- Рухин Л. Б. Гранулометрический метод изучения песков. Изд. Ленинград. ун-та, 1947.
- Рухин Л. Б. Корреляция песков по их минералогическому составу. Научн. бюл. Ленингр. ун-та, № 20, 1948.
- Самойлов Я. В. и Горшкова Т. И. Осадки Баренцова и Карского морей. Труды Морского н.-и. ин-та, т. I, вып. 14, 1924.
- Сапожников Д. Г. Осадкообразование в озерах засушливой зоны СССР. Озеро Балхаш. Сб. Образование осадков в современных водоемах. Изд-во АН СССР, 1954.
- Саркисян С. Г. Минералогический состав трех образцов со дна Каспийского моря. Труды геол. отд. АзФАН, 1935.
- Саркисян С. Г. Петрография эоловых отложений Ясамальской долины. Труды АзФАН, серия геол., 22, 1938а.
- Саркисян С. Г. Минералогическое исследование почв опытного участка Ленкоранской зональной станции субтропических культур. Труды АзФАН, серия геол., 22, 1938б.
- Саркисян С. Г. Петрографо-минералогические исследования верхнепермских и триасовых пестроцветных отложений Приуралья. Изд-во АН СССР, 1949.
- Саркисян С. Г. Современное состояние и очередные задачи минералогии осадочных пород в области изучения геологии нефтяных месторождений Союза ССР. Сб. геологических работ, посвященный памяти академика И. М. Губкина, вторые чтения, 1948. Гостехиздат, 1950.
- Саркисян С. Г. Очередные задачи петрографии и минералогии осадочных пород. Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1951.
- Саркисян С. Г. Состояние и задачи минералогии осадочных пород в СССР. Сб. Совещание по осадочным породам, вып. I, Изд-во АН СССР, 1952.
- Сидоренко А. В. К вопросу о связи минералогического и механического состава песков. Докл. АН СССР, т. 100, № 1, 1955.
- Совещание по осадочным породам, вып. 2, Изд-во АН СССР, 1955.
- Страхов Н. М. К вопросу о классификации осадков современных морей и озер малой минерализации. Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1953.
- Страхов Н. М. Сравнительно-литологическое изучение осадков. Сб. Образование осадков в современных водоемах. Изд-во АН СССР, 1954а.
- Страхов Н. М. Общая схема осадкообразования в современных морях и озерах малой минерализации. Сб. Образование осадков в современных водоемах. Изд-во АН СССР, 1954б.
- Султанов А. Д. Литологическая характеристика продуктивной толщи Аджи-наура. Изв. АзФАН, № 6, 1944.
- Терентьева К. Ф., Петровская А. Н. и Сыромятников С. В. К методике минералогического анализа терригенной части осадочных пород. Труды ВИМС, вып. 158, 1940.
- Тихомирова Н. Я. Опыт детального минералогического анализа фракций 0,01—0,25 мм осадочных пород. Труды Всес. совещ. работников минералогическо-петрографических лабораторий Мин. геологии и охраны недр СССР. Госгеолтехиздат, 1955.
- Токарский Ю. О количественном микроскопическом анализе пород в измельченном виде. Изв. АН СССР, серия геол., вып. 6, 1940.
- Флоренский В. П. Флюорит в нижнепермских отложениях Башкирской АССР. Докл. АН СССР, т. 31, № 3, 1941.
- Флоренский В. П. и Лапинская Т. А. О составе тяжелых фракций докембрийских пород Восточной части Русской платформы. Докл. АН СССР, т. 92, № 3, 1953.
- Фролова Н. В. Минералогическо-петрографическая характеристика разреза верхнеюрских пород по шахте метростроя «Динамо». Труды ИГН АН СССР, вып. 43, сер. инж. геологии, № 6, 1940.
- Ваак J. A. Regional petrology of the Southern North Sea, 1936.
- Cogen W. Some suggestions for heavy minerals investigations of sediments. J. Sediment Petrol., vol. 5, no 1, 1935.
- Dryden A. Accuracy in percentage representation of heavy mineral frequencies. Nat. Acad. Sci. Pr., vol. 17, 1931.
- George W. O. The relation of the physical properties of natural glasses to their chemical composition. J. Geol., vol. 32, no 5, 1924.
- Gilbert C. M. Cleaning mineral grains. J. Sediment Petrol., vol. 17, no 2, 1947.

- K r u m b e i n W. a. F. J. Pettijohn. Manual sedimentary petrography. Appleton—Century Co., N. Y.,— London, 1938.
- M a t h i s R. W. Heavy minerals of Colorado river Terraces. J. Sediment Petrol., vol. 14, no 2, 1944.
- N e e b J. G. A. The composition and distribution of the samples. The Snellius — Expedition in the eastern part of the Netherlands East — Indies 1929—1930, vol. 5. Geological results, Part 3. Bottom samples, 1943.
- R i t t e n h a u s e G. Sources of modern sands in the middle Rio — Grande valley. J. Geol., vol. 52, no 3, 1944.
- R u b e y W. W. The size distribution of heavy minerals within a water laid sandstone. J. Sediment. Petrol., 3, no 1, 1933.
- R u s s e l D., The size distribution of minerals in Mississippi river sands. J. Sediment. Petrol., vol. 6, no 3, 1936.
- S h u k r i N. M. a. H i g a r y. R. A. The mineralogy of some bottom deposits of the Northern Red Sea. J. Sediment. Petrol., vol 14, no 2, 1944.
- S i n d o w s k i F. K. H., Results and problems of heavy mineral analysis in Germany. a review of sedimentary — petrological papers 1936—1948. J. Sediment. Petrol., vol. 19, no 1, 1949.
- T h i e l G. A. Sedimentary and Petrographic analysis of the St. Peterssandstone. Bull. Geol. Soc. America, 46, no 4, 1935.