

А.С. Тищенко

КЛАССИФИКАЦИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ГРУНТОВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ИССЛЕДУЕМЫХ СРЕД

Обосновывается необходимость усовершенствования и согласования классификации грунтов и донных отложений как многокомпонентной системы. Рассматривается роль минеральных, органических, органо-минеральных элементов в сорбционных обменах.

Чернобыльская авария в апреле 1986 года послужила новым толчком в направлении исследований радиоактивного загрязнения окружающей среды. Практика требует внесения коррективов в ранее действующие методики по определению гранулометрического состава и некоторых характеристик физико-механических свойств донных отложений и грунтов, необходимость уточнения которых возникла по мере развития подхода к сорбционным явлениям частиц грунта, слагающих водосборы и донные отложения Днепровского каскада.

Грунты и донные отложения представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из минеральных, органических и органо-минеральных элементов. Роль этих элементов не равноценна, но для определения радиоактивного и химического загрязнения необходимы данные о них. Минеральный характер в грунтах по мере дробления значительно меняется. Минеральная часть, представлена продуктами распада материнских пород. В песчаных фракциях в основном остаются наиболее стойкие к распаду кварцевые минералы. Менее стойкие полевые шпаты, гидрослюды, каолинит, монтмориллонит и др., распадаясь, переходят в пылеватые глинистые фракции. Органические элементы возникают в форме гумусовых веществ в основном в результате биологических и микробиологических процессов при разложении отмерших растений и животных организмов. По утверждению почвоведов и грунтоведов, основная масса гумусовых веществ находится в форме гуматов, меньшая – в форме свободных гумусовых кислот попадает в тонкие фракции, как правило, глинистые. Органо-минеральные элементы образуются при взаимодействии органических и минеральных частиц. По размерам они относятся к тонкой пыли и глине.

Органические соединения, слипаясь, склеиваясь, свертываясь вокруг минеральных частиц, создают совокупность взаимосвязанных элементов в виде агрегатов [1]. Количественное соотношение частиц и агрегатов различных размеров в грунтах или донных отложениях определяет характер их гранулометрического или микроагрегатного состава. При определении гранулометрического состава обычно различают первичные частички отдельных обломков и вторичные, образующиеся в результате слипания нескольких первичных частиц. Гранулометрический состав – расчленение грунта на группы с близкими по размерам и свойствам частицами, называемыми фракциями. Содержание каждой фракции при этом выражается в процентах по отношению к сухому весу. Таким образом, гранулометрический состав в дисперсных грунтах характеризуется относительным содержанием частиц различного размера и показывает преобладание частиц того или иного размера. Количественное соотношение, размер и форма обломков являются основными признаками для классификации грунтов. Отметим, что при определении границ отдельных фракций в грунтовых средах за основу брались изменения свойств этих фракций при переходе от одной размерности к другой [4]. Несогласованность наименований различных групп фракций при дифференциации частиц по размерности прослеживается практически во всех классах.

Крупные галечные и валунно-галечные обломки на водосборах, пойменных участках, в руслах р. Днепр и его притоках встречаются на участках выхода кристаллического щита за счет его эродированности. Обломки такого размера в сорбционных процессах практически не активны, поэтому рассматриваться нами не будут.

В гравийно-дресвянистых грунтах спорными являются верхняя и нижняя границы. Часто за верхнюю границу принимают частицы с диаметром 50 мм. Однако, в большинстве классификаций как зарубежных, так и принятых еще во времена Советского Союза и действующих в Украине по настоящее время, в гравийно-дресвянистые фракции объединяют частицы, размерность которых колеблется в пределах 2-40 мм. В системе Гидрометслужбы к классу гравий-дресва относят частицы в размере 1-10 мм. На наш взгляд, в этом случае занижены и нижняя, и верхняя границы. В последние годы 2 мм принимаются за верхнюю границу песка. Пески, как показали исследования почвоведов и грунтоведов, представляют собой

совокупность частиц отдельных минералов – продуктов распада исходных пород (кварц, полевые шпаты, слюды и др.). В обломках меньше 2 мм уже не встречаются или составляют минимально низкое значение частицы не распавшихся материнских исходных пород. Эта особенность является определяющим признаком для того, чтобы 2 мм стали переходной границей от гравия к песку. Что касается размеров верхней границы гравия, то одной из важных характеристик здесь выступает окатанность обломков. При изучении окатанности отдельных русловых отложений в Украинских Карпатах и Горном Крыму было установлено, что обломки 20-40 мм в силу своей размерности достаточно легко переносятся на большие расстояния. В результате длительной обработки водным потоком частицы этого размера характеризуются хорошей окатанностью. Уже во фракциях 40-60 мм наблюдается большая угловатость и более грубая окатанность [7]. Следовательно, верхней границей гравия целесообразнее считать 40 мм. Совокупность гравийно-дресвянистых частиц практически не обладает силами капиллярного поднятия и характеризуется высокой водопроницаемостью.

Более или менее общепринятыми в наше время являются границы песчаных фракций, размерность обломков которых изменяется в интервале 0,05-2 мм. Однако в некоторых зарубежных и отечественных классификациях элементов грунтов нижнюю границу песка иногда относят к частицам 0,1 мм. В частности, в классификации Гидрометслужбы к пескам принадлежат фракции частиц от 1 мм до 0,1 мм, что несколько завышено, потому как фракции 0,1-0,05 мм в преобладающем большинстве своем состоят из чистых минеральных обломков и их следует относить к песчаным. Песчаным фракциям, в пределах 0,05-2 мм и тем более 1-0,1 мм, свойственно свободное отделение частиц друг от друга. В сухом состоянии они представляют собой типичный сыпучий материал – песок.

Частицы диаметром 0,05 мм служат границей между песчаными и пылеватыми фракциями, Совокупность частиц 0,05-0,01 мм во всех классификациях согласованно относят к пыли, при этом в зависимости от верхней границы той или иной классификации, она интерпретируется то как крупная, то как средняя пыль. В системе Гидрометслужбы фракции 0,05-0,01 мм являются нижней границей пыли. Мы еще коснемся необоснованности данной границы, а также ее расширения до частиц 0,01-0,005 мм. Здесь отметим, что граница 0,01 мм является весьма

важной для классификации грунтов и донных отложений. Многие исследователи объединяют частицы крупнее 0,01 мм под названием «физический песок», а совокупность частиц меньше 0,01 мм подразделяют как «физическая глина». На границе частиц 0,01 мм прослеживается очень важная закономерность. Анализ гранулометрического состава показал, что на кривых распределения в классе частиц 0,05 мм отмечают локальный минимум или дефицит данной крупности. На кумулятивных или суммарных кривых гранулометрического состава на этой границе отмечается перелом. По мнению многих исследователей, перелом на границе 0,05 мм указывает на смену способов транспортировки и разный энергетический уровень частиц менее 0,05 мм. Статистическая обработка селеформирующих и селевых отложений не только по Украинских Карпатах и Горном Крыму, но и по Заилийском Алатау показала, что с наибольшей ошибкой определено содержание частиц меньше 0,05 мм. Чаще всего это объясняют большей его подвижностью и подверженностью водной эрозии. Исследователи Казахстана считают, что для обеспечения достаточной точности и достоверности в определении частиц меньше 0,05 мм необходимо увеличить число проб. Во время исследований в Украинских Карпатах давно замечено, что при выветривании пород флишевого генезиса наблюдается дефицит частиц 0,05 мм, связанный с дефицитом их в коренных, материнских толщах флиша [3, 6, 7]. Очевидно, универсальные законы транспортировки определили характер отложений мелководных морей мезозойской эры, где формировался литологический комплекс флишевых пород. Безусловно, вышесказанное утверждение требует еще больших проработок и исследований.

Присутствие частиц 0,05-0,01 мм уменьшает пористость грунта, инфильтрационную способность, увеличивает капиллярное поднятие. Эти свойства дают основание считать признаком пылеватости частиц крупностью 0,05-0,01 мм. Независимо от того, относится ли совокупность частиц 0,05-0,01 мм к крупной или к средней пыли, в указанном интервале фракций наряду с кварцем уже присутствуют продукты распада гидрослюда, полевых шпатов и других минералов. Наличие минералов не кварцевой группы в частицах менее 0,05 мм представляет интерес с точки зрения сорбционной способности как грунтов, так и донных отложений. По мере уменьшения размерности частиц в сторону глинистых увеличивается присутствие каолинитов, монтмориллонитов,

гидрослюд. В распределении радиационного и химического загрязнения совокупность пылевато-глинистых фракций и наличие перечисленных минералов играют важную роль. Они увеличивают сорбционную емкость исследуемых сред, так как суммарное содержание пылеватых и глинистых частиц, то есть всей «физической глины», резко повышает сорбционную способность грунта. Перемена вещественного состава в грунтовых смесях и во взвешенных наносах вызывает резкое изменение содержания Cs-137 и Sr-90. Вышесказанное подтверждается исследованиями, проведенными на р. Припять, в Киевском водохранилище и по всему Днепровскому каскаду.

Частицы размерностью 0,01-0,005 мм предпочитают выделять в мелкую, а по некоторым классификациям тонкую пыль. В данном классе частиц присутствуют не растворимые в дисперсной среде вещества, и поэтому их нельзя относить в коллоидную группу. Классификация, принятая Гидрометслужбой, фракции от 0,01 мм до 0,001 мм относит к илу. Многие исследователи частицы 0,05- менее 0,005 мм классифицируют как ил. Это не вызвало бы разногласия, если бы речь шла о глинистых грунтах водоемов, где, как известно, в результате интенсивно протекающих микробиологических процессов, происходит самопроизвольный коллоидно-химический обмен и формирование структурной сетки, в которой всегда заключено большое количество воды. Глинистые минералы, взаимодействуя с органическим веществом, образуют прочные органо-минеральные соединения. Илам свойственно повышенное содержание органических веществ различного происхождения, высокая концентрация многих химических элементов в их поровых растворах [2, 4]. Процессы, протекающие в отложениях на склонах или надпойменных террасах, носят иной характер и позволяют их мелкие частицы выделить в самостоятельную глинистую группу, отличную от илов.

Граница глинистой фракции также не является общепринятой. За собственно глинистые в основном принимают частицы менее 0,005 мм. Для решения инженерных задач граница 0,005 мм вполне достаточна, но исследовательские работы, связанные с сорбционными свойствами грунтов и донных отложений, требуют более детального деления. С этой целью в глинистых фракциях выделяют: 1) частицы размером 0,005-0,002 мм, занимающие промежуточное положение между обломочными и химическими (коллоидами) частицами; 2) собственно коллоидную

группу: частицы 0,002-0,001 мм; 3) фракции менее 0,001 мм. Собственно коллоидные частицы обладают большой удельной поверхностью, активно взаимодействуют с дисперсной средой, что определяет их высокую радиационную активность. Грунты, представленные преимущественно глинистыми элементами, характеризуются ярко выраженной способностью к коагуляции, набуханию, пластичности, обладают повышенной гидрофильностью, значительной сорбционной емкостью. Как сказано выше, в распределении радиационного и химического загрязнения пылевато-глинистые фракции играют важную роль. Совокупность глинистых и пылеватых частиц увеличивает сорбционную емкость исследуемых сред. Следует заметить, что «физическая глина», объединяющая частицы 0,05- менее 0,005 мм, – условное название.

Таблица 1

Классификация гранулометрических элементов

Название группы фракций	Границы размеров страниц, мм	Название отдельных фракций	Размеры частиц, мм
Гравий (окатанный), дресва (неокатанная)	40 - 2	крупный	40-20
		средний	20-10
		мелкий	10-4
		Очень мелкий	4-2
Песок	2 - 0,05	грубый	2-1
		крупный	1-0,5
		средний	0,5-0,2
		мелкий	0,2-0,1
		тонкий	0,1-0,05
Пыль	0,05 - 0,005	крупная	0,05-0,02
		мелкая	0,02-0,01
		тонкая	0,01-0,005
Глина	0,005 - 0,001	Собственно глина	0,005-0,001
		Коллоидная глина	Меньше 0,001

Оно включает в себя как пылеватые (0,05-0,005 мм), так и глинистые (менее 0,005 мм) фракции. В отечественных классификациях

частицы диаметром 0,05-0,005 мм именуют пылью. Частицы этого размера отличаются слабой водопроницаемостью, с трудом отдают воду, своим присутствием увеличивают капиллярное поднятие, уменьшают пористость, приводят к появлению связности. Западные ученые классифицируют частицы 0,05- менее 0,005 мм как ил. Согласованности в понятиях пыль, ил и глина нет не только у наших, но и у западных ученых. Встречаются классификации, в которых ил крупнее пыли. Некоторая несогласованность вызвана еще и тем, что к илистым грунтам у нас относят обычно глинистые грунты водоемов, о чем было упомянуто выше.

К собственно глинистым или субколлоидным частицам относят фракции размером менее 0,005 мм. Совокупность пылеватых и собственно глинистых фракций придает отложениям ярко выраженную вязкость, пластичность, обеспечивает увеличение упругих деформаций и других реологических свойств.

Таким образом, при исследовании сорбционной способности грунтов, радиологического и химического их загрязнения необходимо уточнить и расширить границы отдельных фракций в рамках рассмотренных выше классов. Для репрезентативности результатов по радиоактивному загрязнению грунтов, донных отложений и взвесей целесообразнее принять размерности границ, указанные в табл. 1.

Классификация гранулометрических элементов, представленная в таблице, достаточно детализирована и согласуется со всеми классификациями. Выделенные в ней группы фракций не противоречат статистической интерпретации при аналитических исследованиях. За основу классификации принято наиболее распространенное в грунтоведении деление фракций по Охотину В.В. и СНиП II-Б [5].

Выводы

Грунты и донные отложения представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из минеральных, органических и органо-минеральных элементов, роль которых неравноценна, но данные о каждой из составляющих необходимы для определения радиоактивного и химического загрязнения.

Приводится несогласованность границ различных классов частиц гранулометрического состава. Дается обоснование принятых УкрНИГМИ границ. Приводится детализированная классификация

гранулометрических элементов. Принятая классификация не только учитывает специфику каждого класса частиц при выяснении радиоактивного загрязнения отдельных фракций, но согласуется с классификациями, принятыми в почвоведении и грунтоведении.

* *

Обґрунтовується необхідність удосконалення і узгодженості класифікації ґрунтів і донних відкладів як багатокomпонентної системи. Розглядається роль мінеральних, органічних, органо-мінеральних елементів у сорбційних обмінах.

* *

1. Качинский Н.А. Физика почвы. – М.: Высшая школа, 1965. – 323 с.
2. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
3. Рудько Г.И. Временные методические рекомендации по организации и ведению регионального мониторинга геологической среды на территории Украины. – К.: Мингео, 1987. – 186 с.
4. Сергеев Е.М. и др. Грунтоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 388 с.
5. Строительные нормы и правила (СНиП II-Б. 1-62). – М.: Изд-во лит. по стр-ву, 1962. – 20 с.
6. Степанова Т.С. О роли дисперсности селеформирующих грунтов в образовании селей // Селевые потоки №9. Тр. КазНИИ. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 23-32.
7. Тищенко А.С. Оценка гранулометрического состава селеформирующих грунтов и отложений селевых потоков Карпат и Крыма // Инженерная геология. – М., 1992, – №3. – С. 52-57.

*Український научно-дослідницький
гідрометеорологічний інститут, Київ*