

тронов на уровнях прилипания и дырок на ионизованных центрах свечения будут увеличиваться, а концентрация свободных центров свечения — уменьшаться. Этот процесс приведет к уменьшению числа актов поглощения энергии центрами свечения, что вызовет уменьшение выхода люминесценции.

Нами была исследована зависимость выхода люминесценции кварцевого стекла с различными примесями при облучении электронами радиоактивного препарата Ti^{204} в интервале температур от комнатной до азотной. Плотность потока электронов источника составляла около 10^7 эл.-сек $^{-1}$ -см $^{-2}$ со средней энергией 240 кэВ. На рисунке представлены зависимости выхода люминесценции кварцевого стекла от температуры, выраженные в относительных единицах β_T/β_0 , где β_T — выход люминесценции при температуре T , β_0 — выход люминесценции при комнатной температуре. При понижении температуры кварцевых стекол, легированных элементами редких земель, выход люминесценции уменьшается (кривые 1, 2). Это свидетельствует о том, что наряду с поглощением энергии возбуждения в основном веществе существенный вклад в интенсивность люминесценции вносят процессы непосредственного поглощения энергии возбуждения на примесных центрах свечения. Действительно, спектральный состав люминесценции этих кварцевых стекол имеет линейчатый вид, характерный для каждого типа примеси. Введение элементов редких земель в кварцевое стекло увеличивает выход люминесценции в 10–100 раз. Все это указывает на то, что основное свечение происходит на примесных центрах.

Выход люминесценции кварцевых стекол с примесями атомов легких металлов при понижении температуры ниже 150 К не изменяется (кривые 3, 4). Спектры люминесценции для этих образцов представляют собой широкую бесструктурную полосу, так же как и у чистого кварцевого стекла. Введение ионов этих элементов практически не изменяет выхода люминесценции. Такую зависимость выхода люминесценции от температуры, как указано выше, можно объяснить тем, что энергия возбуждения в основном поглощается регулярными атомами вещества.

Аналогичные результаты получили авторы работы [7] при исследовании выхода люминесценции для кристаллофосфоров при возбуждении светом.

Таким образом, выводы, полученные при применении основных понятий зонной теории строения твердого тела для объяснения процессов поглощения энергии возбуждения, выхода люминесценции и ее температурной зависимости в случае неупорядоченных систем типа стекол хорошо согласуются с результатами эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреховских С. М., Викторова Ю. Н. и др. Основы радиационного материаловедения стекла и керамики. М., 1971.
2. Бюргановская Г. В., Варгин В. В. и др. Действие излучений на неорганические стекла. М., 1968.
3. Юдин Д. М. ДАН СССР, 195, 79, 1970.
4. Ryosuke Yokota. «Phys. Rev.», 91, 1013, 1953.
5. Трухин А. Н., Силинь А. Р. и др. «Изв. АН СССР», 33, 911, 1969.
6. Адирович Э. И. Некоторые вопросы теории люминесценции кристаллофосфоров. М., 1956.
7. Алукер Э. Д., Мезина И. П. «Оптика и спектроскопия», 22, 788, 1967.

Поступила в редакцию
16.6 1972 г.

НИИЯФ

УДК 551.482.215.72.532.582

В. С. КРУПОДЕРОВ, Н. А. МИХАЙЛОВА

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МЕХАНИЗМА РАЗМЫВА НЕОДНОРОДНЫХ ГЛИНИСТО-ЩЕБНИСТЫХ ГРУНТОВ

При оценке воздействия водного потока на поверхность несвязного грунта пользуются понятием критической скорости, представляющей собой скорость, отвечающую условиям предельного равновесия частиц грунта на дне потока. При определении критической скорости имеются трудности, связанные со случайным характером процесса отрыва частиц от дна, что вызывает необходимость построения вероятностных

схем [1]. Поэтому даже для однородного грунта, говоря о критической скорости, необходимо указывать также значение вероятности отрыва частиц, его составляющих. При размыве же неоднородного по гранулометрическому составу грунта критическое состояние частиц различных размеров, содержащихся в нем, определяется диапазоном скоростей.

Вопросы оценки размываемости неоднородных грунтов возникают при изучении селевых процессов и факторов, их определяющих. Характерными особенностями про-

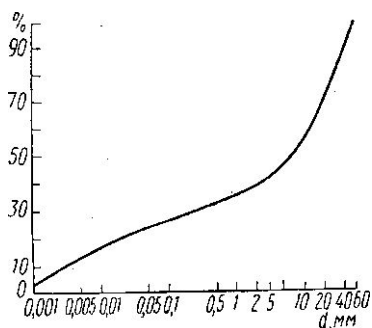


Рис. 1. Интегральная кривая гранулометрического состава глинисто-щебнистого грунта

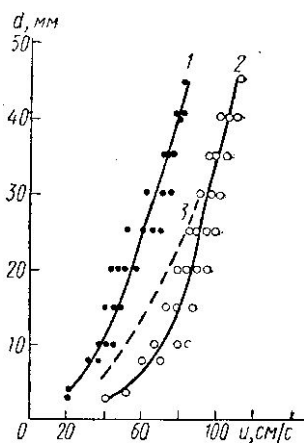


Рис. 2. Зависимость среднего размера частиц, находящихся в состоянии предельного равновесия, от придонной (1) и средней (2) скоростей; 3 — данные Ц. Е. Мирцхулава

цессов размыва в таких случаях являются периодичность и кратковременность их действия. Необходимо подчеркнуть также, что в рассматриваемых случаях потоки имеют обычно незначительную глубину.

Экспериментальное изучение размываемости неоднородных по составу грунтов производилось в лотке длиной 7 м, шириной 20 см; дно и стенки лотка стеклянные; уклон лотка меняется с помощью подъемного механизма. В качестве размываемой среды использовались оползневые накопления долины р. Зеравшан Таджикской ССР; гранулометрический состав которых показан на рис. 1.

В наших экспериментах исследованы процессы размыва неоднородных по составу грунтов потоками небольшой глубины, изучены условия образования отмостки, определены характеристики поля скоростей потока при повышенной шероховатости русла и найдена зависимость крупности перемещаемых потоком частиц от его скорости.

Засыпка грунта производилась по всей длине лотка с послойным уплотнением до объемного веса 1,6—1,7 г/см³. Перед опытом грунт увлажнялся до полного водонасыщения. На выходе из лотка устанавливалась ловушка для измерения твердого расхода. Измерение скоростей производилось трубкой Пито.

Проведенные исследования показали, что размыв начинается вымывом глинистых и пылеватых частиц с поверхности грунта при скорости потока 10—15 см/с. При увеличении скорости потока размер переносимых потоком частиц увеличивается. Характер перемещения частиц прерывистый, скачкообразный, наиболее крупные движущиеся при данной скорости частицы перемещаются перекатыванием и волочением по дну. Частицы, находящиеся в предельном состоянии при данной скорости вздрагивают, вибрируют, иногда подпрыгивают на высоту, равную примерно половине их диаметра. В такие моменты из-под них вымывается более мелкий материал, что часто приводит к потере ими устойчивости и перемещению их потоком до более устойчивого положения. Срыв с места крупной частицы всегда приводит к увлечению потоком более мелких частиц, находящихся в зоне ее влияния.

На рис. 2 изображена зависимость среднего размера частиц, находящихся в предельном равновесии, от придонной и средней скоростей потока. Под частицами, находящимися в предельном равновесии, понимаются максимальные по размеру час-

тицы, перемещаемые потоком при данной скорости. Размер этих частиц определялся по максимальному размеру частиц в ловушке после опыта. Это, конечно, не означает, что все частицы такого размера переместились потоком из лотка в ловушку. Некоторые из них переместились на расстояние до более устойчивого положения, другие испытывали лишь колебательные движения без перемещения в направлении потока. Разумеется, все сказанное относится к частицам, находящимся на поверхности. При переходе к большей скорости увеличивается шероховатость дна.

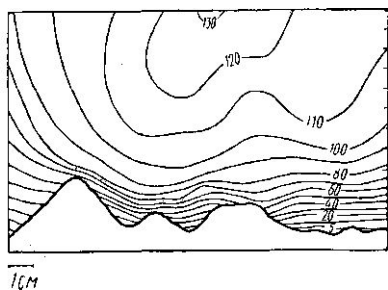


Рис. 3. Распределение скоростей по сечению потока в изоляциях (см/с)

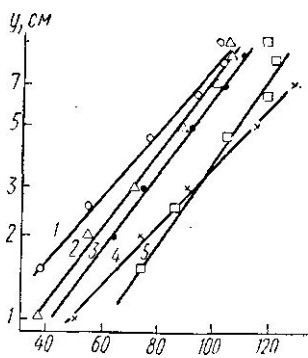


Рис. 4. Распределение скорости по глубине потока в полулогарифмическом масштабе для некоторых опытов со средними скоростями равными: 1 — 75, 2 — 82, 3 — 85, 4 — 94, 5 — 100 см/с

На рис. 2 приведена также зависимость допускаемых донных скоростей потока от среднего размера частиц для однородных несвязных грунтов. Сравнение данных Мирхулава [2] с нашими показывает, что при неоднородном составе грунта крупные частицы начинают двигаться при меньших скоростях, чем в случае, если бы все частицы поверхности грунта имели одинаковый размер. Это обстоятельство можно объяснить следующим образом. Во-первых, при неоднородном составе грунта шероховатость определяется размером частиц, находящихся в состоянии предельного равновесия. При однородном составе грунта шероховатость определяется величиной порядка половины размера частицы. Вследствие большей шероховатости при неоднородном составе имеют место и большие значения пульсационных составляющих скорости, что увеличивает вероятность отрыва частицы от дна. Во-вторых, при неоднородном составе грунта частицы испытывают более интенсивное динамическое воздействие со стороны потока, так как они выступают на поверхности дна значительно больше, чем в случае однородности состава. В-третьих, среди частиц меньших по размерам более крупная частица закинута слабее, чем среди частиц равных ей по размеру, т. е. в первом случае зацепление этой частицы гораздо меньше, чем во втором.

При постоянной скорости процесс перемещения частиц постепенно затухает, средний размер частиц поверхности грунта увеличивается, происходит образование отмости. Размеры частиц, слагающих отмостку различны. Среди них содержатся и такие, размер которых значительно меньше размера частиц, перемещенных потоком в процессе размыва. Такие частицы находятся в зоне влияния более крупных. Наблюдения за ними показали, что они совершают в своих «ловушках» движения по сложным траекториям, вздрагивают, прыгают, но вырваться из зоны вихревого движения не могут. Шероховатость дна после образования отмости, как указывалось выше, определяется размерами наиболее крупных частиц. Ориентировка их такова, что они оказывают минимальное лобовое сопротивление потоку, более мелкие частички располагаются во впадинах между крупными.

При увеличении скорости потока происходит срыв отмости. Причем, в первые мгновения действия потока перемещается наибольшее количество частиц разных размеров. Затем интенсивность размыва постепенно снижается. Время формирования отмости меняется в зависимости от скорости потока и составляет 20—40 мин. При средней скорости потока большей 80—90 см/с формируется волнистый рельеф дна, представляющий собой чередование поперечных гряд и впадин. Гряды сложены более

крупными частицами по сравнению с впадинами, высота их 2—3 см, расстояние между ними 40—60 см.

Распределение скоростей по сечению потока изображено на рис. 3, показывающем, что придонная область характеризуется резким уменьшением скоростей при повышенной шероховатости дна. На рис. 4 в полулогарифмическом масштабе приведены кривые распределения скорости по вертикали. Видно, что полученная зависимость достаточно хорошо описывается уравнением вида $u = A\gamma y + B$, где u — скорость потока на расстоянии y от дна.

Таким образом, в процессе размыва неоднородных грунтов меняются как условия размыва, так и сама размываемая среда. Грунт по мере размыва становится более грубодисперсным, на его поверхности постепенно накапливаются крупные частицы, которые увеличивают шероховатость дна, снижая тем самым среднюю скорость потока.

Полученные данные могут быть использованы для прогноза глубины размыва и оценки гранулометрического состава твердого расхода при размыве глинисто-щебнистых грунтов, сходных по строению с изученным.

При дальнейшем изучении процессов размыва в неоднородных материалах заслуживает внимания исследование пульсационных характеристик поля скоростей и их влияния на размывающую способность потока.

Таким образом, при размыве неоднородных по гранулометрическому составу грунтов движение слагающих их частиц происходит при меньших скоростях, чем в случае, если бы все частицы грунта имели одинаковый размер, а распределение скорости по глубине потока при размыве неоднородных по гранулометрическому составу грунтов хорошо описывается логарифмическим законом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов М. А. Динамика русловых потоков, т. 2. Наносы и русло. М., 1955.
2. Мирцхулава Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М., 1967.

Поступила в редакцию
6.7 1973 г.

Кафедра физики моря
и вод суши
Кафедра инженерной геологии
геологического ф-та

УДК 533.951.8

В. К. ГРИШИН

ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАХ С ПУЧКАМИ В НЕОДНОРОДНОМ ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Как известно, в настоящее время большое внимание уделяется исследованию с интенсивными электронными пучками. Большая энергия, запасаемая в пучках (так пучок с током $I=200$ КА и энергией электронов $E=10$ МэВ при длительности $t=50$ нс несет энергию $W=100$ КДж) позволяет использовать такие пучки в экспериментах с мощным импульсным воздействием. Среди последних — эксперименты по возбуждению электромагнитных полей больших амплитуд (генераторы СВЧ, ускорители тяжелых ионов) [1, 2], ударное воздействие пучков на вещества и т. д.

В настоящей работе обсуждается один из способов расширения экспериментальных возможностей использования пучков с релятивистскими электронами. Нетрудно видеть, что в исследованиях полезно иметь дело с интенсивными пучками электронов высоких энергий, имеющих, однако, относительно малую продольную скорость (достаточно указать, что длина продольного пробега электронов в веществе резко сокращается). Такая ситуация становится возможной, если электронный пучок распространяется в неоднородном продольном магнитном поле. Продольное магнитное поле весьма часто используется в экспериментах с пучками, в частности, для поперечной стабилизации пучка, выделения некоторых типов пучково-плазменных колебаний и т. д. Так, минимальная амплитуда продольного поля B для удержания частиц в некомпенсированном пучке определяется условием

$$B^2/8\pi > IE/\epsilon c \beta_{\parallel} \gamma_{\parallel}^2 S, \quad (1)$$

где I — ток пучка с площадью сечения S , $u_{\parallel} = \beta_{\parallel} c$ — продольная скорость частиц с полной энергией $E = E_0 \gamma_{\parallel}^2 = (1 - \beta_{\parallel}^2)^{-1/2}$.