

ние на создание более совершенных устройств для просмотра и измерения треков частиц в фотослоях с возможностью передачи первичной информации на вычислительную машину для обработки. Большое значение для повышения точности измерений энергии и определения природы частиц имеет применение импульсных магнитных полей порядка 3000 гс и выше.

В настоящее время наряду с фотоэмульсиями для регистрации заряженных частиц применяются твердо-

тельные детекторы (стекла, пластики, кристаллы AgCl). Эти два метода удачно дополняют друг друга в тех экспериментах, где необходимо регистрировать кроме легких частиц также энергичные мезонные ионы (осколки деления, фрагменты). Необходимы интенсивные исследования по изысканию новых материалов (из пластиков) для регистрации заряженных частиц и их дискриминации по зарядам и энергиям.

Н. А. ПЕРФИЛОВ

## Технико-экономические показатели и перспективы применения полевых радиометрических влагомеров и плотномеров в мелиорации

Программой КПСС и решениями майского Пленума ЦК КПСС на ближайшие годы в нашей стране намечена грандиозная программа мелиоративных работ. Основная задача мелиорации — обеспечить в корнеобитаемом слое почв водного и в аридной зоне солевого режимов, гарантирующих получение высоких урожаев возделываемых культур. Но требуемые водные и солевые режимы зависят от плотности почв и грунтов, которая обуславливает пористость и изменения влажности. Поэтому прежде всего приходится проводить массовые определения влажности и плотности почв и грунтов. Применяемые с этой целью термо-весовой и объемно-весовой способы, разработанные в конце прошлого столетия, очень трудоемки, не оперативны, не обеспечивают воспроизводимости результатов измерений. К тому же погрешности этих методов довольно велики и очень трудно выявляемы. За последнее время было предложено и испытано много новых способов определения влажности и плотности почв и грунтов, основанных на использовании самых различных физических и химических принципов, например: ядерного магнитного резонанса, ультразвука, взаимодействия ядерных излучений с грунтом и т. д.

Однако из всех новых способов наиболее подходящими являются нейтронный и  $\gamma$ -методы [1], позволяющие легко и быстро измерять абсолютную влажность и плотность почв и грунтов независимо от их влажности и плотности и гранулометрического состава. На основе этих методов были созданы полевые скважинные нейтронные влагомеры НИВ-1 [2], скважинные и поверхностные  $\gamma$ - $\gamma$ -плотномеры ГПП-1 и ППП-1 [3, 4], поставляемые Всесоюзным объединением «Изотоп». Подготавливается к серийному производству поверхностно-скважинный нейтронный влагомер НВУ, опытные образцы которого успешно прошли производственные испытания. Эти влагомеры и плотномеры предназначены преимущественно для мелиоративных изысканий и исследований.

Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ) разработал сцинтилляционный гаммаскопический плотномер для прецизионных измерений плотности почв и грунтов по горизонтальному слою мощностью около 5 см до глубины 1,5—2 м при расстояниях между скважинами 30—40 см. Блоки  $\gamma$ -излучателя и  $\gamma$ -детектора выполнены так, что могут сочленяться, образуя зонд сцинтилляционный  $\gamma$ - $\gamma$ -плотномера. К плотномеру прилагается и зонд сцинтилляционный нейтронного влагомера. Все это позволяет в зависимости от целей и конкретных условий работ осуществлять измерения гаммаскопическим, нейтрон-нейтронным или  $\gamma$ - $\gamma$ -методами.

Тем же институтом разработаны нейтронный влагомер и  $\gamma$ - $\gamma$ -плотномер для контроля влажности и плотности намываемых грунтов до глубины 2—3 м в процессе намыва. Зонды этих приборов представляют собой заостренные внизу полые дюралевые трубы, в которых размещаются излучатели и детекторы. Детектором зонда плотномер служат три счетчика СТС-5, а влагомера — 3 счетчика СТС-5 в кадмиевых экранах (для измерения влажности менее 40%) и счетчик СТС-6 с подвижным серебряным активационным индикатором в форме цилиндра (для измерения влажности от 40 до 100%). На заданную глубину зонды вводятся вдавливанием. Эти приборы передаются в производство.

Погрешности нейтронных влагомеров и  $\gamma$ - $\gamma$ -плотномеров зависят от многих факторов и в первую очередь от статистических и аппаратных ошибок.

В различных климатических зонах страны были проведены широкие сравнительные измерения влажности и плотности почв и грунтов радиометрическими, термо-весовым и объемно-весовым методами. Влажность измеряли в диапазоне от 2 до 45%, а плотность — от 1,0 до 2,3 г/см<sup>3</sup>. Результаты сравнительных измерений показали, что: 1) при измерениях влажности расхождения более  $\pm 1$  абс.% составили только 20%, а более  $\pm 2$  абс.% — всего лишь 7%; 2) при измерениях плотности расхождения более  $\pm 0,02$  г/см<sup>3</sup> составили 56%, более  $\pm 0,05$  г/см — только 16% и свыше  $\pm 0,08$  г/см<sup>3</sup> — 5%; 3) при измерениях влажности и плотности число положительных и отрицательных расхождений было почти одинаковым, влияние гранулометрического состава почв и грунтов на результаты измерений не наблюдалось. Оценивая эти расхождения, следует иметь в виду и погрешности самих термо-весового и объемно-весового способов, которые соизмеримы с погрешностями радиометрических влагомеров и плотномеров. Вообще наибольшие абсолютные погрешности для термо-весового и объемно-весового способов не установлены.

В. И. Осипов (МГУ) и Л. И. Бескин (ВНИИГиМ) выполнили специальную математическую обработку результатов 60 сравнительных измерений влажности и 93 измерений плотности в натуральных условиях с использованием данных 20 прецизионных измерений влажности и плотности на объектах с заданными их значениями. Эта обработка позволила выявить величины среднеквадратичных ошибок единичных измерений радиометрическими влагомерами, плотномерами и выделить компоненты этих ошибок, соответствующие важнейшим источникам погрешностей (табл. 1).

Сравнение ошибок единичных измерений влагомером НИВ-1 с ошибками термо-весового способа при

Среднеквадратичные ошибки измерений влажности (абс. %) и плотности ( $г/см^3$ ) почв и грунтов при помощи НИВ-1, ГГП-1 и ПГП-1

Таблица 1

Вид ошибки	НИВ-1		ГГП-1	ПГП-1
	Диапазон измерений			
	2-30%	30-40%	1,0-2,2 $г/см^3$	1,0-2,3 $г/см^3$
Ошибка единичного измерения	$\pm 1,1$	$\pm 2,1$	$\pm 0,043$	$\pm 0,041$
В том числе компоненты, соответствующие:				
ошибкам измерений скорости счета	$\pm 0,42$	$\pm 1,42$	$\pm 0,013$	$\pm 0,013$
ошибкам калибровочной зависимости	$\pm 0,50$	$\pm 0,70$	$\pm 0,014$	$\pm 0,012$
влиянию изменения химического состава, объемного веса твердой фазы, воздушных зазоров	$\pm 0,18$	Не обн.	—	—
влиянию изменения химического состава, влажности и воздушных зазоров	—	—	$\pm 0,016$	$\pm 0,016$

Технико-экономические показатели массовых измерений влажности и плотности почв и грунтов в натуральных условиях \*

Таблица 2

Способ измерения	Стоимость одного измерения влажности и плотности почв и грунтов (с расчетом пористости), руб.		Затраты времени на одно измерение плотности и влажности почв и грунтов (с расчетом пористости), чел.-день	
	по скважинам до глубины 25 мм **	в шурфах и естественных обнажениях	по скважинам до глубины 25 мм **	в шурфах и естественных обнажениях
Измерения техническими средствами, основанными на использовании термо-весового и объемно-весового способов с выборкой монолитов и доставкой их в стационарные лаборатории ***	3,93	4,11	1,76	1,63
То же, по отобранным образцам в полевых лабораториях	2,35	0,71	1,13	0,24
Измерения нейтронными индикаторами влажности, поверхностными и глубинными $\gamma$ - $\gamma$ -плотномерами	0,25	0,36	0,043	0,10

\* Таблица составлена по данным В. И. Осипова.  
 \*\* Стоимость закладки скважин и затраты времени на закладку их не учитывались.  
 \*\*\* Затраты времени на транспортировку монолитов в лаборатории не учитывались.

10-30-кратной повторности определений показало, что погрешности измерений НИВ-1 не превышают погрешностей термо-весового способа, который в настоящее время можно условно рассматривать как эталонный. Среднеквадратичные ошибки единичных измерений плотности объемно-весовым способом, осуществленных операторами очень высокой квалификации, равнялись  $\pm 0,05 г/см^3$ , что превышает среднеквадратичные ошибки измерений плотномерами ГГП-1 и ПГП-1 (см. табл. 1). Объемно-весовой способ также условно рассматривается как эталонный.

При массовых измерениях влажности и плотности почв и грунтов радиометрическими влагомерами и плотномерами значительно уменьшаются затраты времени, труда и денежных средств, необходимых для выполнения таких измерений (табл. 2).

По данным производственных исследований Гипроводхоза, при мелиоративных экспедиционных исследованиях почв и грунтов по скважинам радиометрическими влагомерами и плотномерами до глубины 1,5-2,0 м стоимость массовых измерений влажности и

плотности почв и грунтов удешевляется в 10 раз, а затраты времени сокращаются примерно в 4-8 раз.

Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации в процессе гидрогеологического обследования бассейна р. Кельте-Сай провел 5250 измерений влажности влагомером НИВ-1, из них 255 сравнительных измерений, выполненных одновременно прибором НИВ-1 и термо-весовым способом. Только в 11 случаях расхождения в значениях относительных ошибок измерений влажности были более 5%.

В 1963-1966 г. экспедиция ВНИИГиМ, работающая в Голондой степи, применяла НИВ-1. Предстояло исследовать фильтрационный поток из канала, постепенное изменение контура увлажнения под каналом, уловить момент сопряжения фильтрационного контура с поверхностью грунтовых вод и выявить последующее взаимодействие фильтрационного и грунтового потоков (к началу исследований грунтовые воды находились на глубине 20 м). Решить эту задачу термо-весовым способом было невозможно. При помощи влагомера НИВ-1 ежедневно измеряли влажность почв и грунтов

на всех требуемых глубинах, т. е. «фотографировали» контур увлажнения. В 1963 г. было сделано около 5000 замеров, давших материалы для нанесения сети увлажнения почв и грунтов под двумя каналами в процессе фильтрации воды из них. Это привело к решению задачи, которую безуспешно пытались решить на протяжении нескольких десятилетий.

Волго-Ахтубинская экспедиция Московского гидро-мелиоративного института с 1964 г. изучает изменения влажности на орошаемых землях до 30-метровых глубин, особенно распределение оросительной воды, применяя для этого НИВ-1. Результаты систематических измерений влажности позволили выявить немало новых факторов, имеющих важное значение для разработки производственных рекомендаций по технике полива и режимов орошения.

Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации контролировал плотность и влажность намываемых грунтов Хаузаханской плотины, высоконапорных оградительных дамб Воскресенского горно-обогатительного комбината, плотины Черепетской ГРЭС радиометрическими плотномерами и влагомерами. Погрешности измерений плотности не превышали  $\pm 0,04 \text{ г/см}^3$  и влажности  $\pm 1,5 \text{ абс.}\%$ , а это в несколько раз меньше погрешностей объемно-весового и термо-весового способов. Результаты контроля послужили основой для разработки рекомендаций по повышению производительности труда при намыве.

Влагомер НИВ-1 и плотномеры ГПП-1 и ППП-1 успешно применяют в практике научно-исследовательских и изыскательских работ Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, зональные опытно-мелиоративные станции в Заволжье и на Мещере и многие другие организации.

Практика применения полевых радиометрических влагомеров и плотномеров в нашей стране, а также зарубежный опыт радиометрических измерений влажности и плотности почв и грунтов убедительно свидетельствуют о том, что в процессах мелиоративных изысканий и исследований при массовых измерениях влажности, плотности и решении некоторых специальных задач радиометрические влагомеры и плотномеры не только успешно конкурируют с термо-весовыми влагомерами и объемно-весовыми плотномерами, но и проявляют неоспоримые технико-экономические преимущества.

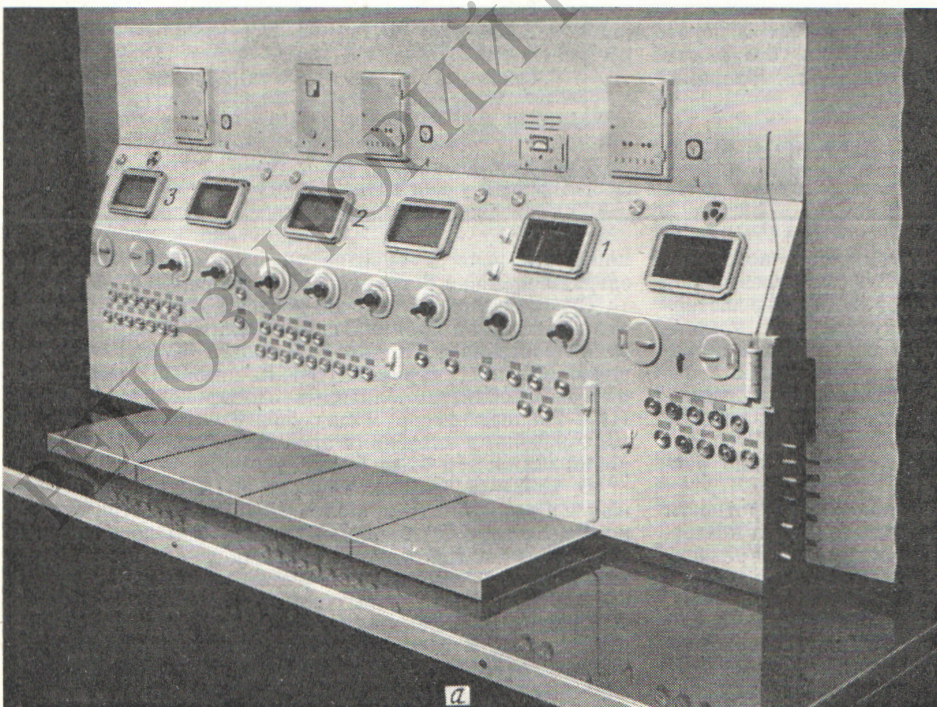
В. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, В. И. СИНИЦЫН

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Емельянов. Гамма-лучи и нейтроны в полевых почвенно-мелиоративных исследованиях. М., Госатомиздат, 1962.
2. «Гидротехн. и мелиорация», № 9, 34 (1964).
3. «Гидротехн. и мелиорация», № 1, 17 (1965).
4. «Изотопы в СССР», № 1, 33 (1965).

## Цепочка защитных боксов для работы с $\gamma$ -активными веществами

Разработана цепочка защитных боксов ЦБШ-1, которая в отличие от цепочки перчаточных боксов ЦБШ-1\* позволяет проводить работы с  $\gamma$ -излучающими веществами максимальной активностью для  $\text{Co}^{60}$  непрерывно в течение 6 ч.



Цепочка ЦБШ-1 (см. рисунок) выполнена в виде единой установки, состоящей из трех защитных боксов: 1) приемки и выдачи препаратов, 2) фасовки и 3) взвешивания. Каждый бокс рассчитан на два рабочих места.

Органы управления механизмами, показывающие приборы и пульты управления расположены на передних панелях. Доступ в боксы осуществляется из ремонтной зоны через двери и монтажные люки. Толщина защитных плит передних стенок 100 мм, задних 80 мм, боковых

\* См. «Атомная энергия», 19, 486 (1965).

Цепочка боксов ЦБШ-1:  
а — вид спереди;