

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ КАПЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ, СОЗДАВАЕМОГО ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, НА ПОЧВУ

М. С. ЗВЕРЬКОВ, кандидат технических наук, старший научный сотрудник (e-mail: rad\_sc@bk.ru)

Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельскохозяйственного водоснабжения «Радуга», пос. Радужный, 38, Коломенский городской округ, Московская обл., 140483, Российская Федерация

**Резюме.** Проблема ирригационной эрозии имеет большое значение. В работе рассматривается вопрос определения давления искусственного дождя на почву. Исследование направлено на предупреждение и ликвидацию ускоренной (антропогенной) эрозии, а также реализацию противоэрозионных мер. При ударе капель дождя в почве возникают напряжения, называемые вертикальным эффективным давлением  $p_e$ . В результате исследований предложена формула для определения  $p_e$  при известном спектре дождевых капель. При использовании спектра искусственных осадков аппаратов дождевальной машины «Фрегат» и дальнеструйного дождевателя ДД-30 при интенсивности 0,2 и 0,7 мм/мин. соответственно и высоте падения капель 2,2 м, величины давления составили  $p_e = 1,4$  Па (коэффициент вариации  $C_v = 0,43$ , уровень значимости  $p < 0,05$ ) и  $p_e = 5,9$  Па ( $C_v = 0,66$ ,  $p < 0,05$ ). В случае расчета способом, предложенным Б. М. Лебедевым, в тех же условиях давление дождя машины «Фрегат» было равно 0,2 Па ( $C_v = 0,01$ ,  $p < 0,05$ ), дальнеструйного дождевателя ДД-30 – 1,1 Па ( $C_v = 0,01$ ,  $p < 0,05$ ). Величина показателя давления, определяемая по предлагаемой методике, зависит от ширины исследуемого спектра (коэффициент корреляции  $r = 0,94$ ) и количества капель ( $r = -0,73$ ). Использование методики позволяет проводить исследования, направленные на изучение величины давления, оказываемого каплями дождя на почву. Она может быть также полезна при определении досточковых поливных норм.

**Ключевые слова:** эффективное давление дождя, ирригационная эрозия, дождевание, спектр дождя, диаметр капель, удар капли, интенсивность дождя, искусственные осадки.

**Для цитирования:** Зверьков М. С. Исследование давления капель искусственного дождя, создаваемого дождевальными аппаратами, на почву // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 8. С. 73–77. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10820.

Нормы полива определяют из условия обеспечения почвы необходимыми запасами влаги. Проблема заключается в том, что, как показала практика, даже на землях с небольшими уклонами (0,01...0,05) они могут привести к потерям воды на поверхностный сток, который служит причиной возможной эрозии почвы. Поэтому актуален поиск таких решений, которые не допускают образования поверхностного стока, возникающего в тот момент, когда интенсивность дождя начинает превышать впитывающую способность почвы.

При выпадении на почву любого (искусственного или естественного) дождя ее впитывающая способность со временем уменьшается по следующим причинам. Во-первых, происходит постепенное увеличение влажности почвы. Во-вторых, одновременно от ударов капель воды разрушаются почвенные агрегаты (капельная эрозия), частицы которых в основном разлетаются в радиальном от места удара направлении. Количество и интенсивность разлета таких частиц зависит от характеристик дождя и свойств почвы. Постепенно за время полива такие частицы создают на

поверхности кольматируемой почвы тонкий слой, впитывающая способность которого намного меньше, чем у ненарушенной почвы. Поэтому момент появления поверхностного стока зависит как от свойств почвы и ее состояния, так и от характеристик дождя.

Поскольку дождевальные установки создают разный дождь (отличающийся интенсивностью, распределением по размеру и скорости падения капель), то для оценки качества полива многие исследователи [1, 2, 3] предлагают учитывать его энергетические характеристики. Чаще всего определяют размер капель [1, 4], их энергию [5, 6, 7] и интенсивность выпадения (интенсивность дождя) [8, 9]. В связи с большой трудоемкостью и неоднозначностью определения скорости падения, сил удара и особенно давления капель в научной литературе эти показатели встречаются редко. Однако характер воздействия капель искусственного дождя на почву играет важную роль при разработке технологических аспектов организации полива дождеванием. При одних и тех же энергетических параметрах, но в разных почвенных и метеорологических условиях дождь может быть как безопасным, так и опасным с точки зрения эрозионного воздействия. Эта особенность учитывается, например, в том, что технологическая норма полива не должна превышать досточковую норму. Причем, как показывают результаты исследований, для почв с разным гранулометрическим составом, отличающихся исходной влажностью, деформационными свойствами (например, углом внутреннего трения и удельным сцеплением) и другими характеристиками энергетические параметры дождя, которые не вызывают появления кольмотации и поверхностного стока, также будут различаться [10, 11, 12]. В то же время известно, что капли с высокой скоростью падения, большим диаметром и силой удара быстрее разрушают почвенные агрегаты и поверхность почвы быстрее заплывает. При этом нарушаются условия впитывания воды, образуются лужи и начинается эрозия в результате поверхностного стока [13, 14, 15]. Поэтому необходимо найти такую характеристику дождя, от которой зависит начало стока. Для разных почв и их состояний эта характеристика будет разной.

Цель нашего исследования – усовершенствование метода оценки давления на почву капель дождя при их ударе о почву.

Для ее достижения решали задачи построения спектральных распределений размеров капель и определения давления дождя, создаваемого дождевальными насадками в одинаковых почвенных и метеорологических условиях, на почву по спектральным данным, а также средним и медианным диаметрам капель дождя.

**Условия, материалы и методы.** При ударе капель дождя в почве возникают напряжения, называемые вертикальным эффективным давлением  $p_e$ , которое можно найти по выражению:

$$p_e = p_f - p_p, \quad (1)$$

где  $p_f$  – полное давление, оказываемое каплей на почвенный скелет (в твердой фазе), Па;  $p_p$  – полное давление в поровой влаге (в жидкой фазе), Па.

Давление, оказываемое каплей на почвенный скелет, и давление в поровой влаге можно определить, используя формулы, описанные в работах [1, 2, 10] и др. В исследовании [11] показано, что для капли диаметром 1,73 мм, падающей с высоты 1,0...2,5 м, эффективное давление находится в пределе  $90,95 \pm 4,01 \dots 168,60 \pm 7,04$  кПа, для капли 2,73 мм –  $114,92 \pm 3,59 \dots 205,09 \pm 19,99$  кПа. В случае воздействия на почву дождя величины давления оказываются ниже из-за большей площади воздействия. Принципиальные расчетные схемы давления капель рассматриваемых в работе дождевальных аппаратов приведены на рисунке 1. Дождь образуется с помощью аппаратов 3, установленных на водопроводящем поясе 2. Капли падают с высоты  $h$  (считая от поверхности почвы 6) и имеют скорость падения  $v_d$ . В данном исследовании при известном спектре дождевых капель предлагаем определять эффективное давление по следующей зависимости:

$$p_{e,\Sigma} = \sum_{j=1}^n p_{e,j} = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^n n_j N_j, \quad (2)$$

где  $p_{e,\Sigma}$  – суммарное эффективное давление всех капель, оказываемое искусственным дождем на почву, Па;  $p_{e,j}$  – эффективное давление, оказываемое  $j$ -ой каплей диаметром  $d_{d,j}$ , Па;  $n_j$  – число капель данного диаметра, шт.;  $S$  – площадь покрытия дождем, м<sup>2</sup>;  $N_j$  – сила удара  $j$ -ой капли, Н.

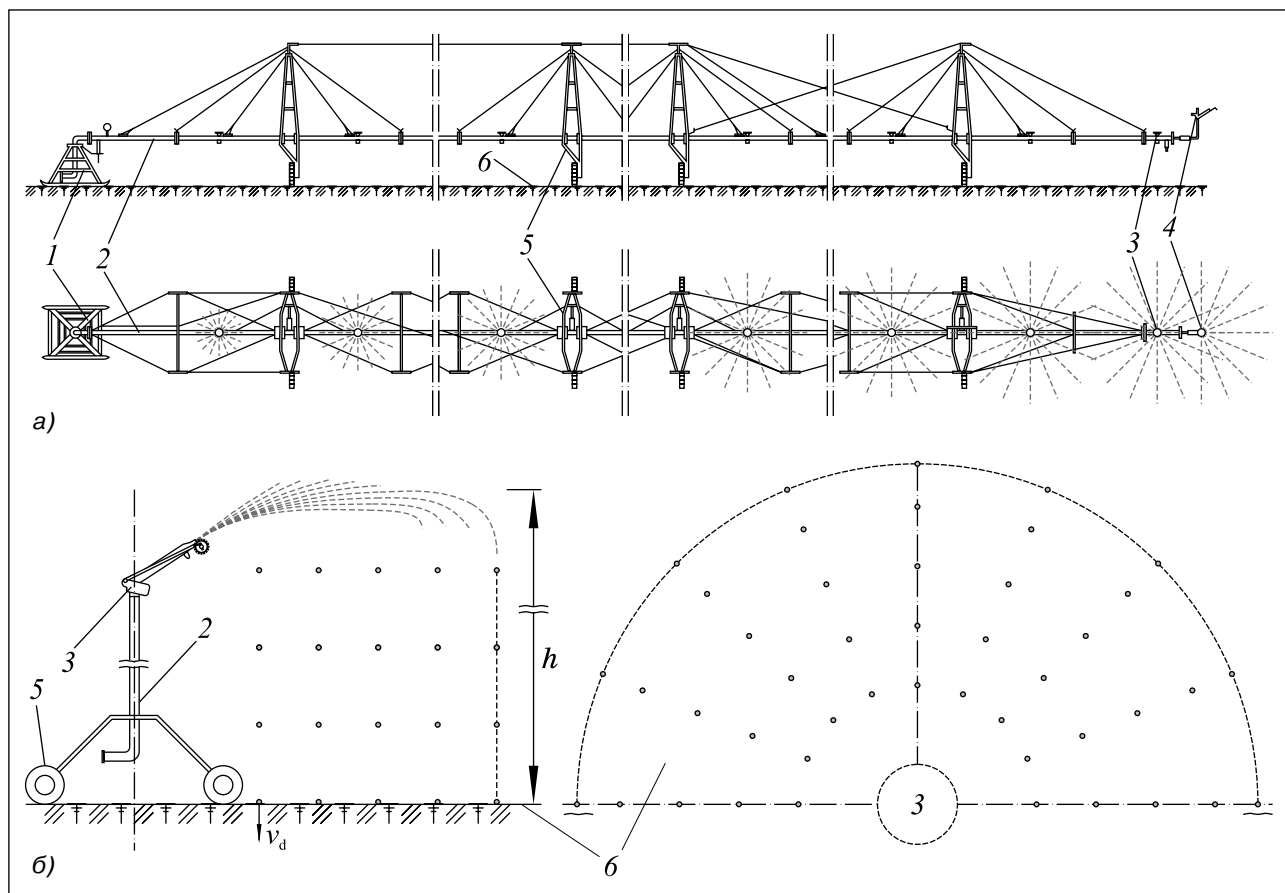
Расчеты по выражению (2) проводили по следующей методике. Определяли спектр искусственного дождя, то есть количество капель и распределение их по размерам. Для этого по данным, получаемым, например, с помощью акустического способа и оборудования, предложенного в [16] (или другого доступного исследовательского способа), устанавливали диаметры капель и скорости их падения. Строят гистограмму спектра дождя. Анализируют объемы капельной воды, возможные величины испарения и таким образом уточняют спектр дождя, который принимают за расчетный. По методике, описанной в работах [2, 10, 11], вычисляют эффективное давление, оказываемое каплей на почву. Далее по известному спектру рассчитывают интегральное воздействие дождя на почву путем учета давления всех капель.

В предлагаемой методике силу удара капель можно определить по зависимости, представленной в работе [17]:

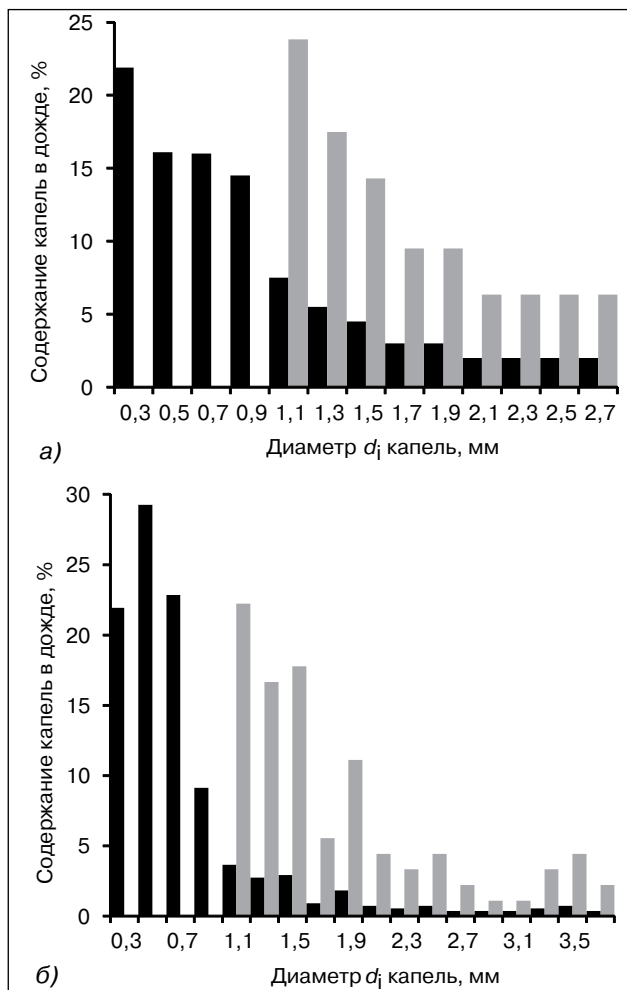
$$N = \frac{\pi \rho d_d^3 \sqrt{2(gh - 6\sigma / (\rho d_d))}}{6t}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность капли, кг/м<sup>3</sup>;  $\pi$  – математическая постоянная, равная 3,14;  $g$  – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $h$  – высота падения капли, м;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения капли для условий исследования 0,07 Н/м;  $t$  – время гидродинамического удара о твердую поверхность, с (определяется по методике, изложенной, например, в [12]).

Рассматриваемая зависимость (3), позволяет вычислить средние силы удара. Необходимо отметить,



**Рис. 1.** Расчетные схемы к определению давления искусственного дождя на почву: а – дождевальная машина «Фрегат» (фронтальная и горизонтальная проекции); б – дальнеструйный дождеватель ДД-30 (фронтальная и половина горизонтальной проекции); 1 – неподвижная опора; 2 – водопроводящий пояс; 3 – дождевальная машина; 4 – концевой дождевальная машина; 5 – подвижная опора (тележка); 6 – поверхность почвы;  $h$  – высота падения капли;  $v_d$  – скорость падения капли.



**Рис. 2.** Исходный и уточненный спектр дождя: а – дождевальная машины «Фрегат»; б – дальнеструйного дождевателя ДД-30; ■ – исходный спектр; ■ – уточненный спектр.

что при ударе капли воды о почву величина силы *N* варьирует от нуля до максимума.

Для расчета эффективного давления использовали данные о спектре дождя (рис. 2) дождевальных аппаратов машин «Фрегат» и ДД-30. Обработку результатов исследования осуществляли с использованием стандартных методов математической статистики в программном комплексе Statistica (ver. 12.6). Принятый уровень значимости  $p < 0,05$ . Эффективное давление рассчитывали для следующих условий. Для приближения расчетов к полевым условиям мелкокапельную фракцию 0,3...1,0 мм в расчет не принимали, так как она или испаряется, или уносится ветром, не долетая до поверхности почвы. Кроме того, по данным ФГБНУ ВНИИ «Радуга» на долю мелкокапельной фракции приходится всего 10 % объема всей оросительной воды, а в абсолютном количестве число капель этой фракции составляет порядка 70 % от общего числа капель искусственного дождя [4]. Для уточненного спектра принято допущение, что плотность дождя по увлажняемой площади равномерная, скорость ветра равна нулю, испарение капель отсутствует, гранулометрический состав почвы однородный и ее поверхность без уклона, падение капель для численного эксперимента считали вертикальным. Интенсивность дождя, образуемого аппаратами машин «Фрегат» и ДД-30, составила соответственно 0,2 и 0,7 мм/мин. Принятая высота падения капель – 2,2 м. Увлажняемая площадь не-

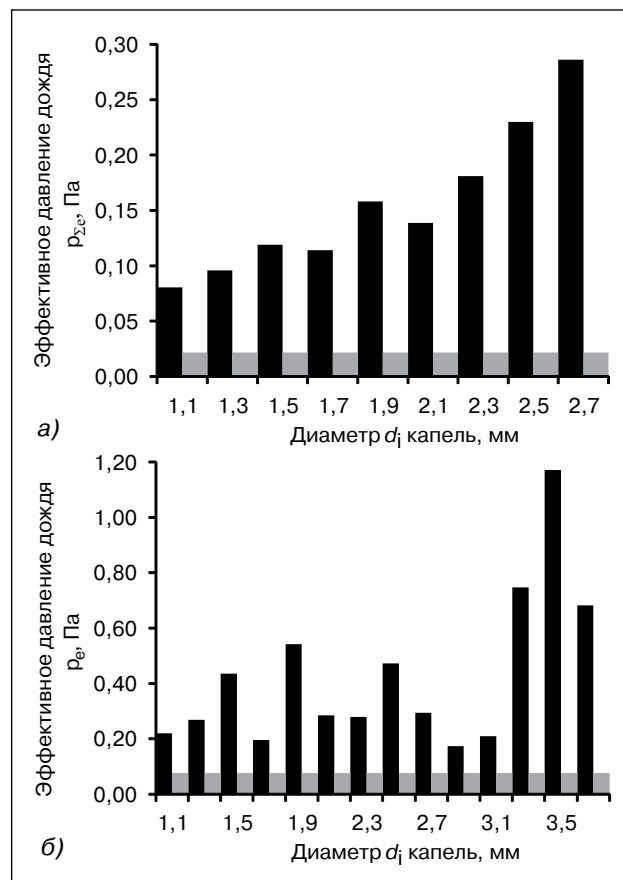
посредственно под крылом машины «Фрегат» и под аппаратом ДД-30 соответственно 2615 и 2826 м<sup>2</sup>. Скорости падения капель определяли по методике и с помощью оборудования, предложенных в работах [11, 12, 16]. В качестве методики-сравнения была выбрана формула Б. М. Лебедева для расчета давления искусственного дождя на почву [3]:

$$p_e = 9,8 \frac{1}{60} i \frac{\rho}{g} v_d \quad (4)$$

где 9,8 – коэффициент перевода из кгс/м<sup>2</sup> в Па (поправка введена автором, в оригинальной формуле Б.М. Лебедева этого коэффициента нет);  $v_d$  – скорость падения капли в момент удара о почву, м/с; *i* – интенсивность дождя, мм/мин.

Похожая по физическому смыслу на формулу (2) зависимость описана в [18]. Методика расчета капельно-ударных характеристик искусственного дождя по известному процентному спектру и интенсивности дождя была известна ранее [4, 19, 20]. Предлагаемый в нашей работе способ позволяет учитывать свойства жидкости, из которой состоит капля дождя, и время ее гидродинамического удара о почву. Общий подход к определению давления и энергетических характеристик осадков заключается в суммировании изучаемых характеристик по разным градациям спектра дождя.

**Результаты и обсуждение.** Средний и медианный диаметры капель для дождевальной машины «Фрегат» составили 1,9 и 2,1 мм соответственно, для аппарата ДД-30 – 2,4 и 2,9 мм, что выше рекомендуемого (например, в [3, 4]) предела 1,0...1,5 мм. Общая доля мелкокапельной фракции машины «Фрегат» и аппара-



**Рис. 3.** Распределение давления дождя по величине крупности капель: а – под крылом дождевальной машины «Фрегат»; б – под дальнеструйным дождевателем ДД-30; ■ – расчеты по формуле (2); ■ – расчеты по формуле (4).

Таблица. Результаты расчета эффективного давления дождя

Способ дождевания	Эффективное давление дождя ( $p_{\Sigma e}$ ), Па			
	по среднему диаметру капель		по медианному диаметру капель	
	по предлагаемому методу	по формуле Б. М. Лебедева	по предлагаемому методу	по формуле Б. М. Лебедева
Дождевальная машина «Фрегат»	1,7	0,02	2,2	0,02
Дальнеструйный агрегат ДД-30	10,6	0,08	15,7	0,08

та ДД-30 находилась на уровне соответственно 68,5 и 83,2 % от общего числа капель, а объемная доля мелкокапельной фракции – 9,1 и 11,2 % от общего объема дождевой воды. Эти данные совпадают с результатами исследования [4]. Скорости падения капель находились в диапазоне 6,3...6,9 м/с. Для дождя, создаваемого аппаратами машины «Фрегат», эффективное давление дождя, рассчитанное с использованием предлагаемого способа по формуле (2), составило  $p_{\Sigma e} = 1,4$  Па, по методике Б. М. Лебедева по формуле (4) –  $p_{\Sigma e} = 0,2$  Па, для дождя, создаваемого аппаратом ДД-30, –  $p_{\Sigma e} = 5,9$  Па и  $p_{\Sigma e} = 1,1$  Па соответственно (рис. 3). Это существенно ниже приведенных ранее величин давления непосредственно под каплями. Однако по крупности капель такой дождь нельзя назвать безопасным для почвы.

Результаты расчета эффективного давления свидетельствуют о неудовлетворительном качестве искусственного дождя. При таком давлении и крупности дождя, согласно исследованиям [2], на любой почве будет наблюдаться капельная эрозия. В то же время разбрызгивание почвы при ударе о нее капель дождя не достаточно для появления поверхностного стока и коагуляции почвы. Для однозначного заключения о появлении поверхностного стока необходимо рассмотрение условий впитывания воды в почву (зависит от гранулометрического состава почвы, ее исходной влажности и др.), которое уменьшается в результате капельной эрозии. Поверхностный сток (и коагуляция) начнется не раньше того момента времени, когда впитывающая способность почвы станет меньше интенсивности дождя.

В ходе исследования был выявлен ряд особенностей. Например, значения эффективного давления дождя машины «Фрегат» (коэффициент вариации  $C_v = 0,43$ , уровень значимости  $p < 0,05$ ), рассчитанные по формуле (2), достоверно зависят от ширины исследуемого спектра (коэффициент корреляции  $r = 0,94$ ) и количества капель ( $r = -0,73$  – знак «минус» свидетельствует об обратной корреляционной связи: с увеличением крупности  $d_{ij}$  капель уменьшается их общее количество  $n_j$  во фракции). Аналогичные статистические параметры установлены при расчете давления дождя, создаваемого ДД-30: при этом значения эффективного давления (коэффициент вариации  $C_v = 0,66$ , уровень значимости  $p < 0,05$ ), определенных по формуле (2), также зависят от ширины исследуемого спектра (коэффициент корреляции  $r = 0,56$ ), но существенной связи с количеством капель не выявлено ( $r = -0,15$ ).

В случае повышения интенсивности выпадения искусственных осадков машины «Фрегат» возрастает и число зарегистрированных капель, что приводит к увеличению давления. Значения  $p_{\Sigma e}$  ( $C_v = 0,01$ ,

$p < 0,05$ ), рассчитанные по формуле (4), зависят в основном от изменения интенсивности дождя, хотя данные исследования показывают значимую корреляцию давления с шириной исследуемого спектра ( $r = 0,99$ ) и количеством капель ( $r = -0,89$ ), однако эта формула предназначена для анализа интегрального воздействия дождя на почву по среднему диаметру капель, а не по характеристикам спектра. Такая же статистическая зависимость характерна и для дождя, создаваемого ДД-30: по формуле (4) значения  $p_{\Sigma e}$  ( $C_v = 0,01$ ,  $p < 0,05$ ), зависят от ширины исследуемого спектра ( $r = 0,99$ ) и количества капель ( $r = -0,81$ ).

Анализ зависимости величины эффективного давления, рассчитанной с использованием формул (2) и (4), от медианного и среднего диаметра капель (см. табл.) показал, что результаты расчета по формуле (2) несколько выше установленных ранее (см. рис. 3). Таким образом, достоверно судить о давлении дождя на почву по одному только выбранному диаметру капель дождя невозможно. Результаты расчета по формуле Б.М. Лебедева также отличаются от полученных ранее значений, однако эти величины не учитывают структуру искусственного дождя. Интегральное или суммарное действие дождя более полно отражает природу удара капель о почву. Используя результаты исследования касательных напряжений [2], возникающих в почве в момент удара, можно определить величину давления искусственных осадков на почву, при котором не будет наблюдаться капельная эрозия.

**Выводы.** Рассматриваемая в статье усовершенствованная методика оценки давления на почву дождевых капель может быть использована при обосновании технологий полива, создании новой дождевальной техники, определении возможности появления капельной эрозии. Анализ результатов определения давлений по формуле (2) показал, что изменение интенсивности дождя вдоль крыла дождевальной машины будет увеличивать число  $n_j$  определяемых капель, что скажется на повышении интегрального значения эффективного давления  $p_{\Sigma e}$ . Достоинство предлагаемой методики (по сравнению с формулой Б. М. Лебедева) заключается в том, что она учитывает площадь покрытия почвы дождем. В то же время при использовании формулы (2) остается неясным влияние величины интенсивности искусственных осадков на значение давления дождя. Очевидно, что формула Б. М. Лебедева не позволяет определить интегральное воздействие дождя. Существенный недостаток этого способа расчета – невозможность учета площади воздействия и структуры дождя, что нарушает физический смысл изучаемого явления. Результаты расчета могут быть полезны при расчете величины дождевых поливных норм и при создании дождевальной техники нового поколения.

#### Литература.

1. Nearing M. A. The mechanics of soil detachment by raindrops and runoff // Eurasian soil science. 1997. Vol. 30. No. 5. Pp. 552–556.
2. Ольгаренко Г. В., Брыль С. В., Зверьков М. С. Касательные напряжения в почве при ударе о нее капли искусственного дождя // Экология и строительство. 2017. № 4. С. 27–36.
3. Лебедев Б. М. Дождевальные машины. М.: Машиностроение, 1977. 244 с.

4. Городничев В. И., Исаев А. П., Кистанов А. А. О некоторых результатах лабораторно-полевых испытаний системы измерения качества дождя // Новое в технике и технологии полива: сб. научн. трудов. М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 1976. Вып. 9. С. 158–163.
5. Hu W., Zheng F., Bian F. The directional components of splash erosion at different raindrop kinetic energy in the Chinese Mollisol region // Soil Sci. Soc. Am. J. 2016. Vol. 80 (5). Pp. 1329–1340.
6. Vaezi A. R., Ahmadi M., Cerdà A. Contribution of raindrop impact to the change of soil physical properties and water erosion under semi-arid rainfalls // Sci. Total Environ. 2017. Vol. 583. Pp. 382–392.
7. Quantifying contributions of slaking and mechanical breakdown of soil aggregates to splash erosion for different soils from the Loess plateau of China / H. Xiao, G. Liu, Q. Zhang, etc. // Soil Tillage Res. 2018. Vol. 178. Pp. 150–158.
8. Carollo F., Ferro V., Serio M. A. Reliability of rainfall kinetic power- intensity relationships // Hydrol. Processes. 2017. Vol. 31. Pp. 1293–1300.
9. Carollo F. G., Ferro V., Serio M. A. Predicting rainfall erosivity by momentum and kinetic energy in Mediterranean environment // Journal of Hydrology. 2018. Vol. 560. Pp. 173–183.
10. Nearing M. A., Bradford J. M. Single waterdrop splash detachment and mechanical properties of soils // Soil. Sci. Soc. Am. J. 1985. Vol. 49. Pp. 547–552.
11. Брыль С. В., Зверьков М. С. Вертикальное эффективное давление удара капли о почву // Природообустройство. 2016. № 2. С. 62–67.
12. Брыль С. В., Зверьков М. С. Теоретические подходы к расчету вертикального эффективного давления удара капель искусственного дождя о почву и твердую поверхность // Экология и строительство. 2016. № 1. С. 16–20.
13. Алиев З. Г. О., Хокума К. Оценка состояния водно-земельных ресурсов Азербайджана // Экология и строительство. 2016. № 3. С. 23–26.
14. Шахмалиева С. М. Требования к сельскохозяйственному производству и рациональному природопользованию в условиях Азербайджанской Республики // Экология и строительство. 2016. № 2. С. 28–32.
15. Алиев З. Г., Мамедова Г. И. кызы, Хокуме А. Научное обоснование рациональной технологии орошения для регионов горного земледелия в Азербайджанской Республике // Экология и строительство. 2016. № 1. С. 20–25.
16. Касьянов А. Е., Зверьков М. С. Оборудование для контроля эрозионной опасности дождя // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 2. С. 13–16.
17. Зверьков М. С. Численные исследования удара капли о твердую поверхность // Природообустройство. 2015. № 2. С. 17–20.
18. Трегубов П. С., Аверьянов О. А. Ирригационная эрозия почв и меры ее предотвращения: Обзорная информация. М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. 56 с.
19. Швец Г. И. Ирригационная эрозия // Современные проблемы гидрологии орошаемых земель. М., 1981. Ч. 2. С. 74–91.
20. Швец Г. И. Теоретические вопросы эрозиоведения. Киев – Одесса: Вища школа, 1981. 222 с.

#### EXAMINATION OF ARTIFICIAL RAINDROPS PRESSURE ON THE SOIL CAUSED BY SPRINKLERS

**M. S. Zverkov**

All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga», 38, pos. Raduzhnyi, Kolomenskii gorodskoi okrug, Moskovskaya obl., 140483, Russian Federation

**Abstract.** The problem of irrigation erosion has the great value. The relevance of the study consists of its orientation at the prevention and elimination of accelerated (anthropogenic) erosion and the realization of the required erosion control measures. The paper considers the question of determining the pressure of artificial rain on the soil. At the moment of raindrops impact, there is the tension in the soil, which is called vertical effective pressure  $p(e)$ . The equation for calculation  $p(e)$  is proposed in this study using the known spectrum of raindrops. Effective pressure  $p(e)$  was 1.4 Pa (coefficient of variation  $C(v) = 0.43$ , significance level  $p$  is less than 0.05) for the artificial rain by sprinkler machine “Fregat” with the intensity of 0.2 mm/min and the height of drops falling of 2.2 m; and  $p(e)$  was 5.9 Pa ( $C(v) = 0.66$ ,  $p$  is less than 0.05) for long distance sprinkler DD-30 with the intensity of 0.7 mm/min and the same height of drops falling. For the same conditions and according to the method of B.M. Lebedev the pressure was 0.2 Pa ( $C(v) = 0.01$ ,  $p$  is less than 0.05) for the rain from “Fregat” and 1.1 Pa ( $C(v) = 0.01$ ,  $p$  is less than 0.05) in the case of DD-30. The pressure value according to the proposed method depends on the width of the range of raindrops (correlation coefficient  $r = 0.94$ ) and the number of drops ( $r = -0.73$ ). The method allows examining the pressure, caused by raindrops, on the soil. It can also be useful in determining the irrigation rate before the runoff.

**Keywords:** effective pressure of rain; irrigation erosion; sprinkling; range of raindrops; diameter of drops; raindrop impact; rain intensity; artificial precipitation.

**Author Details:** M. S. Zverkov, Cand. Sc. (Tech.), senior research fellow (e-mail: rad\_sc@bk.ru).

**For citation:** Zverkov M. S. Examination of Artificial Raindrops Pressure on the Soil Caused by Sprinklers. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018. Vol. 32. No. 8. Pp. 73–77 (in Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10820.

### ВНИМАНИЮ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ И ДРУГИХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ!

Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК» издает монографии  
и другую книжную продукцию с редактированием и всеми выходными данными.

Цены договорные.

Заявки отправлять по адресу: 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 166.

Тел.: (963) 758-48-44. E-mail: agroapk@mail.ru