

УДК 626.845:631.434.6

UDC 626.845:631.434.6

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛИОРАНТА-СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОЧВУ ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ****IMPACT OF AN AMENDMENT FOR SOIL STRUCTURE IMPROVING ON SOIL AT SPRINKLING**

Нозадзе Леван Резоевич  
научный сотрудник  
SPIN-код=8415-0523

Nozadze Levan Resoyevich  
research associate  
SPIN-code=8415-0523

Слабунов Владимир Викторович  
канд. техн. наук, начальник отдела  
SPIN-код=2923-5369  
*ФГБНУ «РосНИИПМ» г. Новочеркасск, Россия*

Slabunov Vladimir Viktorovich  
Cand.Tech.Sci., Head of the Department  
SPIN-code=2923-5369  
*Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russia*

В статье представлены результаты исследований по выявлению влияния применения мелиоранта-структурообразователя на почву при орошении дождеванием сельскохозяйственных земель. Предлагается использовать для защиты почв от водной эрозии искусственное оструктурирование почвы с помощью композиции из структурообразующих материалов. Разработанная композиция включает в себя терриконовую породу, бентонитовую глину, керамзитовый отсев и известняк-ракушечник. Представлены уточненные аналитические зависимости влияния применения мелиоранта-структурообразователя на коэффициент стока от интенсивности искусственного дождя при орошении сельскохозяйственных земель, уклона и водопроницаемости почвы. Анализ спектральных поверхностей регрессии показал, что на увеличение значений коэффициента стока существенно влияет уклон орошаемого массива, коэффициент корреляции составляет 0,97. Водопроницаемость почвы образует отрицательную корреляционную связь – 0,85 с увеличением значений коэффициента стока. Слабее прослеживается связь между коэффициентом стока и интенсивностью искусственного дождя – 0,89. Определено, что применение данного мелиоранта-структурообразователя обеспечивает снижение коэффициента стока в зависимости от уклона орошаемого массива – на 15 % и интенсивности – на 20 %. Применение полученных аналитических зависимостей может быть использовано специалистами в области мелиорации для прогнозирования поверхностного смыва почвы при оценке эффективности применения мелиоранта-структурообразователя для противоэрозионных мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения

The article presents the research results of the impact of amendment improving soil structure on soil upon sprinkler irrigation of agricultural lands. It is proposed to use artificial aggregation of soil for water erosion control via composition of structure-forming materials. The developed composition includes slagheap rock, bentonitic clay, claydite screenings, and shell limestone. Adjusted analytical relations of the impact of the amendment on runoff coefficient depending on the intensity of artificial rain upon irrigation of agricultural lands, slope, and water permeability have been revealed. Regression analysis of spectral surfaces has shown that slope of irrigation site has a significant impact on the increasing of runoff coefficient values, while correlation coefficient equals to 0.97. Water permeability has negative correlation, -0.85, with increasing the values of runoff coefficient. The relation between runoff coefficient and intensity of artificial rain is less strong, 0.89. We have determined that applying of the given amendment provides decreasing of runoff coefficient by 15 % depending on the slope of irrigation site, and by 20 % depending on rain intensity. Experts in the field of land reclamation can use obtained analytical relations for predicting surface soil loss when estimating the efficiency of amendment applying to control soil erosion activities at agricultural lands

Ключевые слова: ОРОШЕНИЕ, МЕЛИОРАНТ, СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЬ, ДОЖДЕВАНИЕ, КОЭФФИЦИЕНТ СТОКА, ИРРИГАЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ

Keywords: IRRIGATION, SOIL AMENDMENT, STRUCTURE-FORMING MATERIAL, SPRINKLING, RUNOFF COEFFICIENT, IRRIGATION EROSION

В мировой практике явлению ирригационной эрозии уделяется достаточно серьезное внимание. Исследованиям поверхностного стока при орошении сельскохозяйственных земель и разработке методов его определения посвящены работы Ц. Е. Мирцхулавы [1, 2], Е. В. Полуэктова [3], В. Е. Райнина [4], М. С. Кузнецова [5], Г. П. Сумрача [6], и др. В работах известных ученых отмечается, что: для каждой природно-климатической зоны характерна та или иная специфика формирования поверхностного стока с орошаемых земель; при орошении без соблюдения противоэрозионных правил возможна эрозия в размерах, значительно превышающих эрозию вызванную сильными ливнями; на орошаемых полях, имеющих средние и большие уклоны, создаются предпосылки образования поверхностного стока и перемещения потоков воды при условии нормально работающих дождевальными машин; существенное влияние интенсивности дождя, размеров капель, уклона орошаемого поля, кинетической энергии капель дождя, параметров эксплуатации дождевальной техники на развитие ирригационной эрозии.

Значительной плоскостной эрозии при образовании поверхностного стока в процессе дождевания подвергаются почвы многих орошаемых массивов Северного Кавказа, Поволжья, Центрально-Черноземной полосы. Смыв почвенного покрова при применении серийно выпускаемых дождевальных машин и установок зачастую наблюдается уже при уклонах более 0,01. Это вызывает необходимость для конкретных зон с индивидуальными почвенными и физико-химическими условиями, рельефом, уклонами площадей, находить свои закономерности и на основании этого устанавливать оптимальные пределы параметров искусственного дождя.

В свою очередь, предотвращение эрозионных процессов и смыва почв поверхностным стоком при орошении дождеванием, в частности применительно к южным черноземам Ростовской области, может быть достигнуто разработкой и внедрением новых научно-обоснованных

противоэрозионных способов борьбы с ней при помощи структурообразующих материалов [7].

В аспекте выше изложенного, рассматриваемая задача весьма является актуальной, потому что при орошении дождеванием, а в частности большеуклонных участков, практически повсеместно распространен смыв почв в опасных размерах [8]

Для защиты почв от водной эрозии нами предлагается использовать в составе противоэрозионного комплекса такое мероприятие, как искусственное оструктурирование почвы с помощью композиции из структурообразующих материалов, разработанной сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» [9]. В качестве структурообразующих материалов используются терриконовая порода, бентонитовая глина, керамзитовый отсев и известняк-ракушечник.

Для цели определения эффективности применения данного мелиоранта-структурообразователя нами были проведены исследования по определению влияния применения мелиоранта-структурообразователя на коэффициент стока ( $K_{cm}$ ) в зависимости от интенсивности искусственного дождя ( $\rho$ ) при орошении сельскохозяйственных земель, уклона орошаемого массива ( $i$ ) и водопроницаемости почвы ( $d$ ), как наиболее влияющих факторов на развитие эрозии [10, 11].

В ходе проведения лабораторно-полевых опытов использовались методики по определению качественных характеристик искусственного дождя согласно положениям ГОСТ ISO 11545-2004 [12] и СТО АИСТ 11.1-2010 [13], а при определении размера эрозии почв при поливе дождеванием – методика Ю. П. Полякова (РосНИИПМ, НГМА) [13]. Наблюдения за стоком насосов проводились согласно «Методическим рекомендациям...» [15].

Исследования осуществлены на черноземах южных Ростовской области. Для создания искусственного дождя нужной интенсивности и про-

должительности в ФГБНУ «РосНИИПМ» сконструировано несколько устройств искусственного дождя. Вода подавалась на установку мотопомпой на расстояние до 500 м от водных источников. С каждой позиции мотопомпы проводилось четыре варианта опыта. Четыре стоковые площадки и установки искусственного дождя устанавливались на удалении друг от друга на 200-300 м с таким расчетом, чтобы уклоны поверхности почвы изменялись в широких пределах.

В результате проведения лабораторно-полевых исследований и обработки данных были получены аналитические зависимости влияния вышеперечисленных факторов на коэффициент стока:

– при орошении без использования мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,062i^{1,086}, \text{ при } R^2=0,963 \quad (1)$$

$$K_{cm} = 0,215\rho^{1,614}, \text{ при } R^2=0,970 \quad (2)$$

$$K_{cm} = 0,569d^{-2,59}, \text{ при } R^2=0,964 \quad (3)$$

– при орошении с использованием мелиоранта-структурообразователя:

$$K_{cm} = 0,053i^{1,109}, \text{ при } R^2=0,962; \quad (4)$$

$$K_{cm} = 0,184\rho^{1,707}, \text{ при } R^2=0,965; \quad (5)$$

$$K_{cm} = 0,667d^{-2,67}, \text{ при } R^2=0,963. \quad (6)$$

Графически представленные зависимости (1)-(6) отображены на рисунках 1-3.

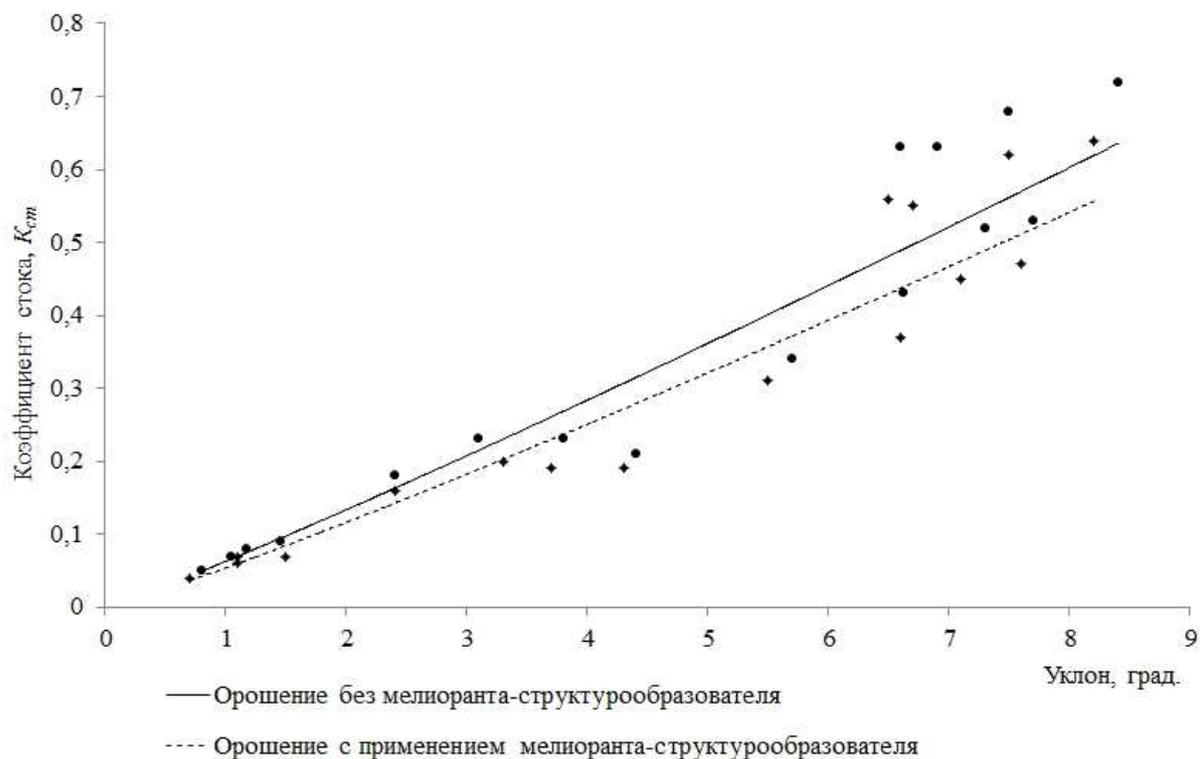


Рисунок 1 – Влияние уклона орошаемого массива на коэффициент стока

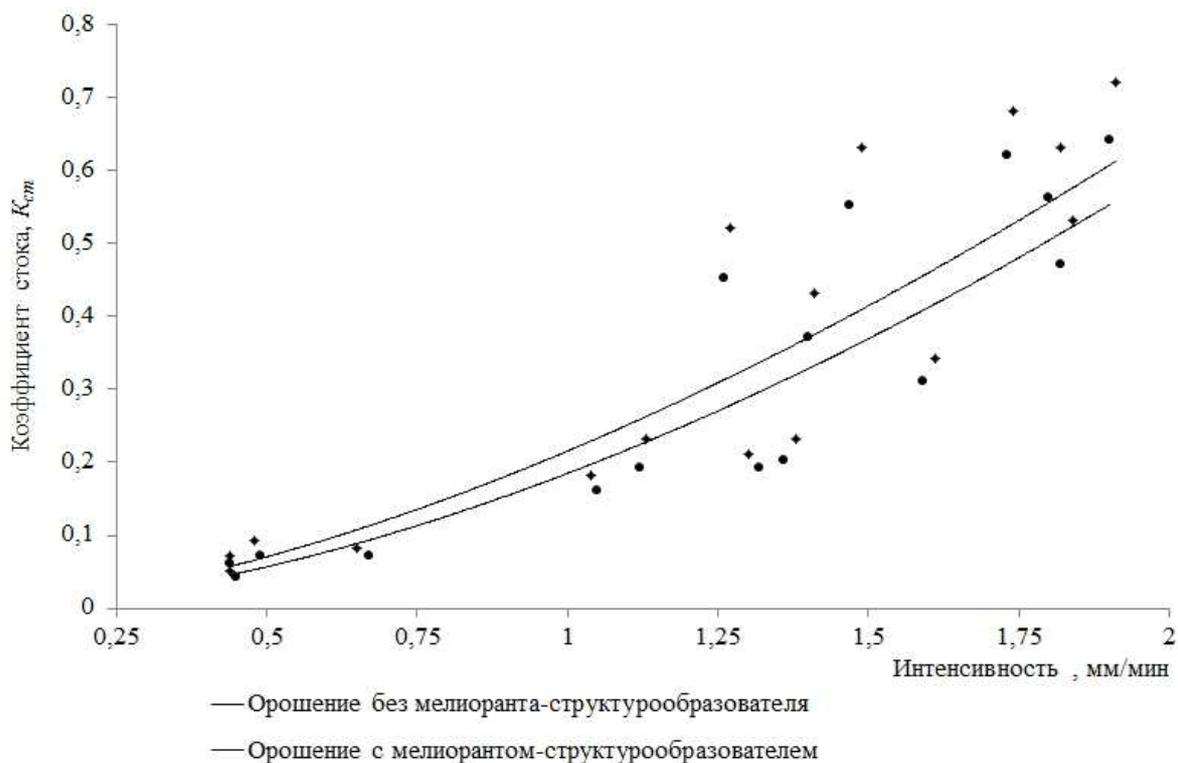


Рисунок 2 – Влияние интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

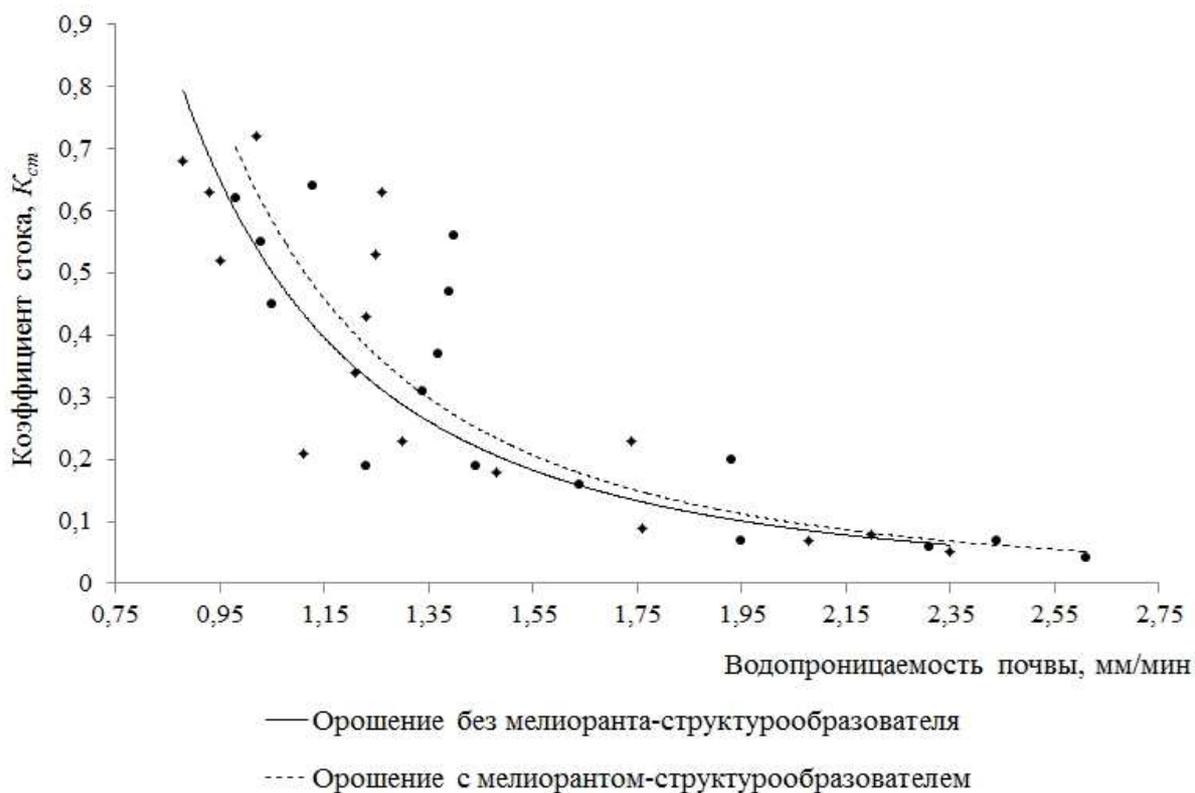


Рисунок 3 – Влияние водопроницаемости почвы на коэффициент стока

Так, анализируя рисунки 1-3, имеем снижение коэффициента стока в зависимости от уклона и интенсивности на 15 и 20 % соответственно. Данное снижение обусловлено тем, что при попадании оросительной воды в почву, смешанную с мелиорантом-структурообразователем, входящая в его состав бентонитовая глина начинает набухать, затем происходит ее облипание терриконовой породой и керамзитовым отсеком, вследствие чего образуется эрозионноустойчивая структура почвы, а известняк-ракушечник играет оструктурирующую и водоудерживающую роль. В результате сочетание всех этих элементов увеличивает водопроницаемость почвы.

В результате статистической обработки опытных данных построены спектральные поверхности регрессий, которые отображают связи уклона орошаемого массива, интенсивности искусственного дождя, водопроницаемости почв с коэффициентом стока (рисунки 4-6).

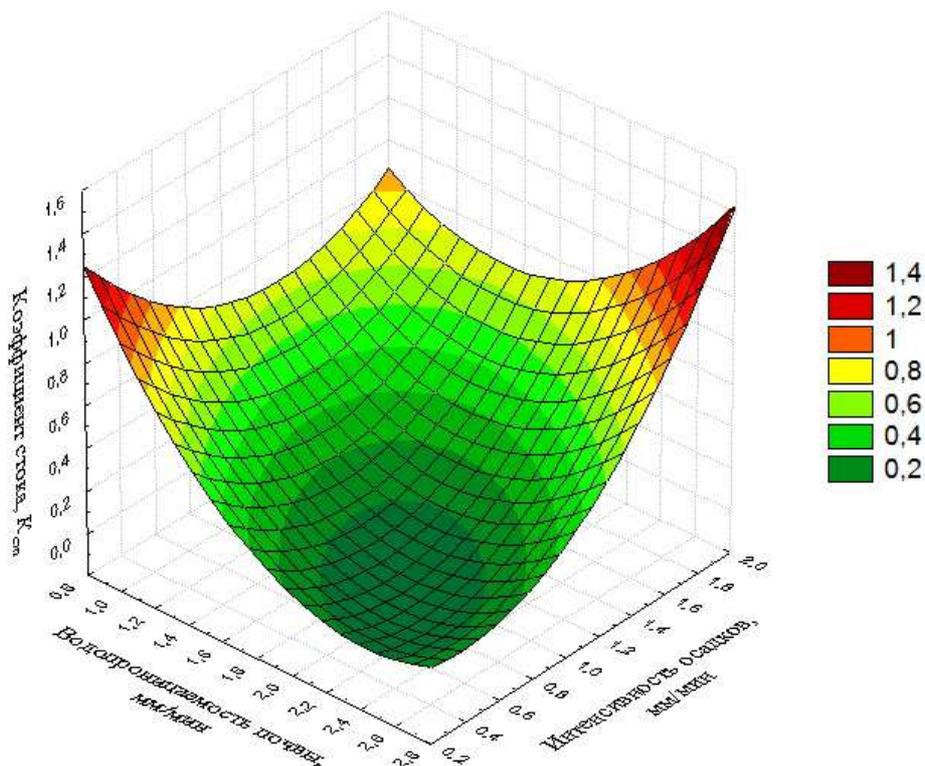


Рисунок 4 – Влияние водопроницаемости почвы и интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

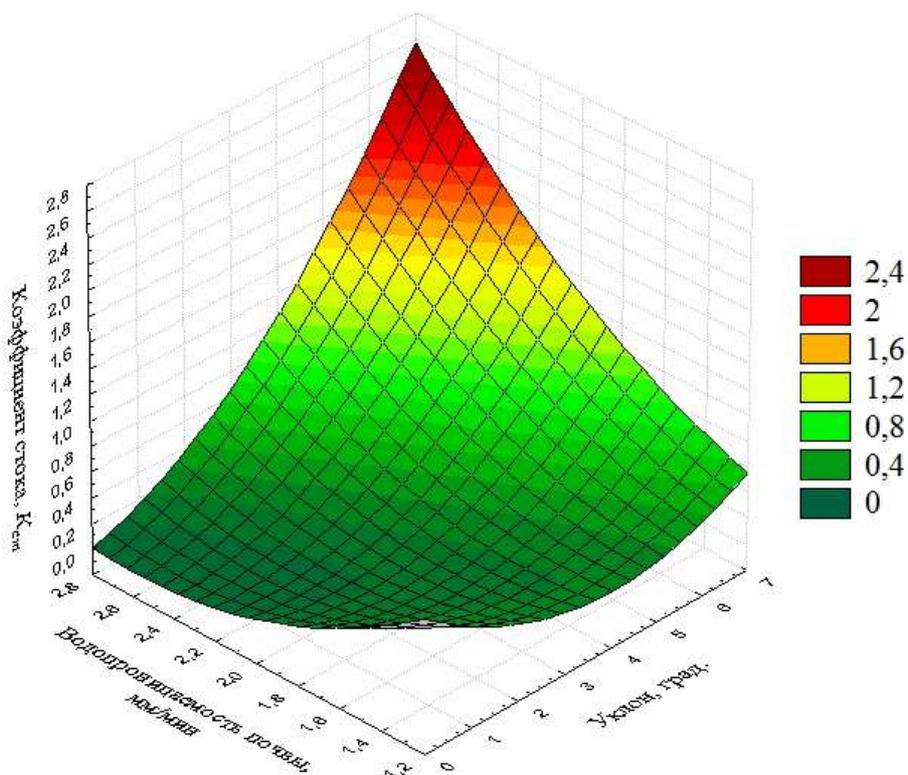


Рисунок 5 – Влияние уклона орошаемого массива и водопроницаемости почвы на коэффициент стока

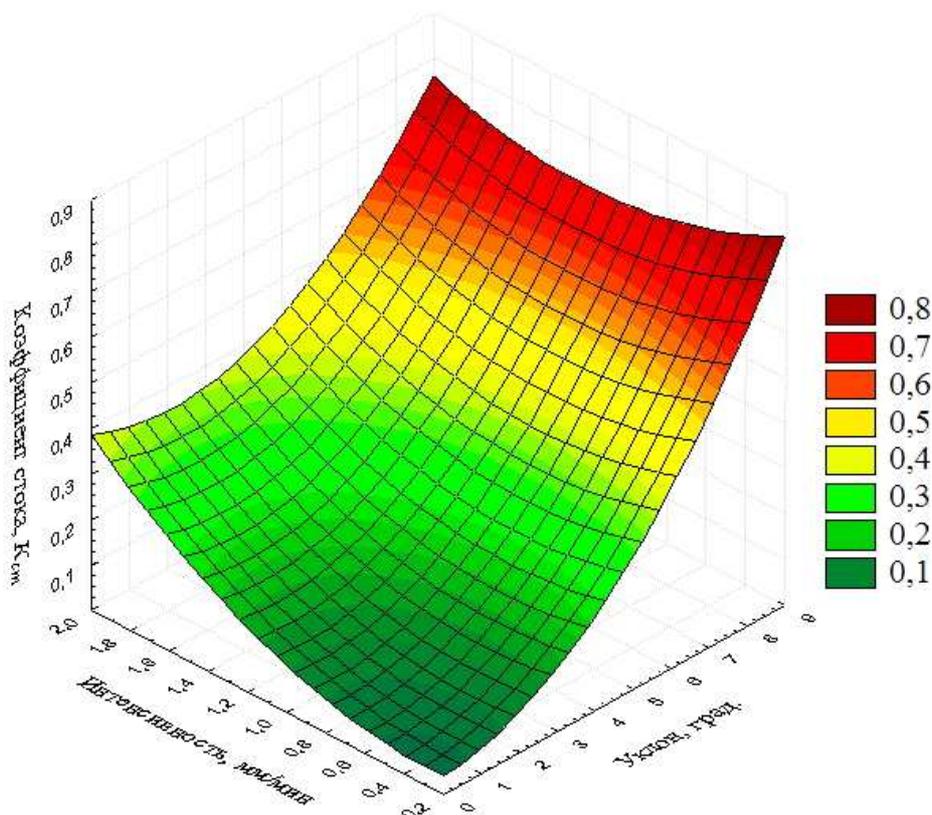


Рисунок 6 – Влияние уклона орошаемого массива и интенсивности искусственного дождя на коэффициент стока

Ниже приведены аналитические уравнения, описывающие представленные на рисунках 4-6 спектральные поверхности регрессий:

$$K_{cm} = 2,9865 - 2,2139d - 1,6586\rho + 0,4364d^2 + 0,4631d\rho + 0,4862\rho^2; \quad (7)$$

$$K_{cm} = 2,9741 - 0,6069i - 2,3104d + 0,0372i^2 + 0,2543id + 0,4474d^2; \quad (8)$$

$$K_{cm} = 0,0471 + 0,0117i - 0,0547\rho + 0,0087i^2 - 0,0243i\rho + 0,112\rho^2. \quad (9)$$

Обработка полученных данных вышеуказанных рисунков 4-6 была осуществлена с помощью корреляционного матричного анализа. При вычислении корреляции Пирсона предполагалось, что переменные измерены в интервальной шкале. Коэффициенты корреляции изменялись в пределах

от -1,00 до +1,00. При анализе влияния водопроницаемости почв на величину стока значение -1,00 означало, что данная переменная имеет строгую отрицательную корреляцию. Значение +1,00 (для уклона и интенсивности осадков) означало, что эти переменные имеют строгую положительную корреляцию. Значение 0,00 означает отсутствие корреляции. В процессе анализа проведена оценка статистической значимости результата  $p$ . В связи с тем, что именно  $p$ -уровень представляет собой вероятность ошибки, связанной с распространением наблюдаемого результата на всю выборку переменных. Например,  $p$ -уровень = 0,05 (то есть 1/20) показывает, что имеется 5 % вероятность, что найденная в выборке связь между переменными является лишь случайной особенностью данной выборки. В наших исследованиях  $p$ -уровень 0,05 рассматривается как «приемлемая граница» уровня ошибки. Анализ корреляции  $r$  переменных при  $p = 0,05$  показывает, что на увеличение значений коэффициента стока  $K_{cm}$  весьма существенно влияет уклон орошаемого массива. Это характерно прослеживается по величине коэффициента корреляции 0,97. Водопроницаемость почвы образует отрицательную корреляционную связь – -0,85 с увеличением значений коэффициента стока. Слабее прослеживается связь между коэффициентом стока и интенсивностью искусственного дождя – 0,89.

Полученные аналитические зависимости (7)-(9) могут быть использованы специалистами в области мелиорации для прогнозирования поверхностного смыва почвы при оценке эффективности применения мелиоранта-структурообразователя в составе комплекса противоэрозионных мероприятий на южных черноземах Ростовской области.

#### Список литературы

- 1 Мирцхулава, Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Изд-во «Колос», 1970. – 240 с.
- 2 Мирцхулава, Ц. Е. Экологические нарушения / Ц. Е. Мирцхулава. – Тбилиси: ГИВХИЭ АН Грузии, 1993. – 437 с.
- 3 Полуэктов, Е. В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа /

Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск: НГМА, 2003. – 297 с.

4 О проблеме загрязнения водных экосистем поверхностным стоком: сб. науч. тр. ВНИИГиМ / В. Е. Райнин, Л. Б. Зими́на-Шалдыбина, П. Ю. Лазич – М.: ВНИИГиМ, 1995. -Т. 88.-С. 5-11.

5 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов – М.: Изд-во Московского университета, 1996. – 335 с.

6 Сурмач, Г. П. Водная эрозия и борьба с ней / Г. П. Сурмач – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 253 с.

7 Нозадзе Л. Р. Проблема развития ирригационной эрозии на орошаемых землях. Современные тенденции в науке и образовании: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. 3 марта 2014 г. – Ч. IV. – М.: АР-Консалт, 2014. – С. 28-29.

8 Степанова, Т. Г. Мелиорация почв на большеуклонных участках при орошении дождеванием: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Степанова Татьяна Георгиевна. – Новочеркасск, 2009. – 191 с.

9 Пат. 2537178 Российской Федерации, МПК С09К 17/14. Композиция из структурообразующих материалов / Нозадзе Л. Р.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации». – № 2013102253/05; заявл. 17.01.1013; опубл. 27.12.2014, Бюл. № 36 – 6 с.

10 Нозадзе Л. Р. Результаты исследований формирования твердого стока при поливе дождеванием склоновых участков, представленных южными черноземами. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 48. – Новочеркасск: Лик, 2012. – С. 78-84.

11 Нозадзе Л. Р. Влияние искусственного дождя на развитие ирригационной эрозии южных черноземов. East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Vienna, 2014. – S. 139-143

12 ГОСТ ISO 11545-2004 «Машины кругового и поступательного действия с дождевальными аппаратами или распылителями» // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

13 СТО АИСТ 11.1-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей» // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

14 Поляков, Ю. П. Руководство по предупреждению и регулированию эрозии почв при поливах дождеванием / Ю. П. Поляков. – Новочеркасск: НИМИ, 1998 г. – 52 с.

15 Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии. Л.: Гидрометеиздат, 1975 61 с. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

## References

1 Mirchulava, С. Е. Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj jerozii / С. Е. Mirchulava. – М.: Изд-во «Kolos», 1970. – 240 с.

2 Mirchulava, С. Е. Jekologicheskie narushenija / С. Е. Mirchulava. – Tbilisi: GIVHIe AN Gruzii, 1993. – 437 s.

3 Polujektov, E. V. Jerozija i defljacija agrolandshaftov Severnogo Kavkaza / E. V. Polujektov. – Novocherkassk: NGMA, 2003. – 297 s.

4 O probleme zagrjaznenija vodnyh jekosistem poverhnostnym stokom: sb. nauch. tr. VNIIGiM / V. E. Rajnin, L. B. Zimina-Shaldybina, P. Ju. Lazich – М.: VNIIGiM, 1995. -Т. 88.-S. 5-11.

5 Kuznecov, M. S. Jerozija i ohrana pochv / M. S. Kuznecov, G. P. Glazunov – М.: Изд-

vo Moskovskogo universiteta, 1996. – 335 s.

6 Surmach, G. P. Vodnaja jerozija i bor'ba s nej / G. P. Surmach – L.: Gidrometeoizdat, 1976. – 253 s.

7 Nozadze L. R. Problema razvitija irrigacionnoj jerozii na oroshaemyh zemljah. Sovremennye tendencii v nauke i obrazovanii: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 3 marta 2014 g. – Ch. IV. – M.: AR-Konsalt, 2014. – S. 28-29.

8 Stepanova, T. G. Melioracija pochv na bol'sheuklonnyh uchastkah pri oroshenii dozhdevaniem: dis. ... kand. tehn. nauk: 06.01.02 / Stepanova Tat'jana Georgievna. – Novochoerkassk, 2009. – 191 s.

9 Pat. 2537178 Rossijskoj Federacii, MPK S09K 17/14. Kompozicija iz strukturoobrazujushhih materialov / Nozadze L. R.; zajavitel' i patentoobladatel' Fe-deral'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie «Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut problem melioracii». – № 2013102253/05; zajavl. 17.01.1013; opubl. 27.12.2014, Bjul. № 36 – 6 s.

10 Nozadze L. R. Rezul'taty issledovanij formirovanija tverdogo stoka pri polive dozhdevaniem sklonovyh uchastkov, predstavlenykh juzhnymi chernozemami. Puti povyshenija jeffektivnosti oroshaemogo zemledelija: sb. nauch. tr. / FGBNU «RosNIIPM». – Vyp. 48. – Novochoerkassk: Lik, 2012. – S. 78-84.

11 Nozadze L. R. Vlijanie iskusstvennogo dozhdja na razvitie irrigacionnoj jerozii juzhnyh chernozemov. East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. – Vienna, 2014. – S. 139-143

12 GOST ISO 11545-2004 «Mashiny krugovogo i postupatel'nogo dejstvij s dozhdeval'nymi apparatami ili raspylitel'jami» // Garant Jekspert 2014 [Jelektronnyj resurs]. – NPP «Garant-Servis», 2014.

13 STO AIST 11.1-2010 «Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Mashiny i ustanovki dozhdeval'nye. Metody ocenki funkcional'nyh pokazatelej» // Garant Jekspert 2014 [Jelektronnyj resurs]. – NPP «Garant-Servis», 2014.

14 Poljakov, Ju. P. Rukovodstvo po preduprezhdeniju i regulirovaniju jerozii pochv pri polivah dozhdevaniem / Ju. P. Poljakov. – Novochoerkassk: NIMI, 1998 g. – 52 s.

15 Metodicheskie rekomendacii po uchetu poverhnostnogo stoka i smyva pochv pri izuchenii vodnoj jerozii. L.: Gidrometeoizdat, 1975 61 s. // Garant Jekspert 2014 [Jelektronnyj resurs]. – NPP «Garant-Servis», 2014.