

УДК 631.674

**М. Н. Лытов**

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Волгоградский филиал), Волгоград, Российская Федерация

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ РЕЖИМОВ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ СПОСОБЕ ОРОШЕНИЯ**

*Целью исследования является изучение закономерностей формирования зон увлажнения почвы при капельном орошении и связанных с этим технологических особенностей дифференцирования порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода возделываемых культур. Рабочей гипотезой исследований стало предположение, что освоение дифференцированных режимов водообеспечения сельскохозяйственных культур применительно к технологии капельного орошения может быть эффективным, но для этого необходимо соблюдение некоторых правил, связанных с особенностями распределения оросительной влаги в почве. Анализ и статистическая обработка опытных данных позволили составить наглядное представление о неравномерном распределении оросительной влаги внутри контура увлажнения. Определены закономерности трансформации зоны увлажнения почвы при разных объемах водоподачи, а также в зависимости от уровня исходной влажности почвы. Показано, что изменение геометрии контура увлажнения почвы, связанное с дифференцированием порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода, предполагает необходимость сочетанного дифференцирования также и глубины увлажняемого слоя почвы. При этом параметры дифференцирования глубины увлажняемого слоя почвы должны учитывать особенности геометрии контура увлажнения в каждом конкретном случае и ориентироваться на сохранение радиуса зоны увлажнения почвы в течение вегетационного периода.*

*Ключевые слова: капельное орошение; зона увлажнения; дифференцированные режимы водообеспечения; уровень предполивной влажности; контур влажности.*

\*\*\*\*\*

**M. N. Lytov**

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov (Volgograd Branch), Volgograd, Russian Federation

### **FEATURES OF DIFFERENTIATED WATER SUPPLY MODES APPLICATION WITH DRIP IRRIGATION METHOD**

*The purpose of the research is to study the regularities of soil moisture zones formation during drip irrigation and the related technological features of differentiating the pre-irrigation soil moisture thresholds during the vegetation season of cultivated crops. The working hypothesis of the research was the assumption that the development of differentiated water supply regimes for agricultural crops with regard to drip irrigation technology can be effective, in case of observation some rules related to the irrigation moisture distribution in soil. Analysis and statistical processing of the experimental data made it possible to make a visual impression on the uneven distribution of irrigation moisture within the moisture contour. The regularities of the soil moisture zone transformation at different water supply volumes, as well as at the level of initial soil moisture are determined. It is shown that a change in the soil moisture contour geometry associated with the differentiation of thresholds for pre-irrigation soil moisture during the vegetation season suggests the need for both combined differentiation and the moistened soil layer depth. In such case the parameters for differentiating the depth of the moistened soil layer should take into account the features of the moisture con-*

*tour geometry in each particular case and focus on the preservation of the radius of the soil moistening zone during the vegetation season.*

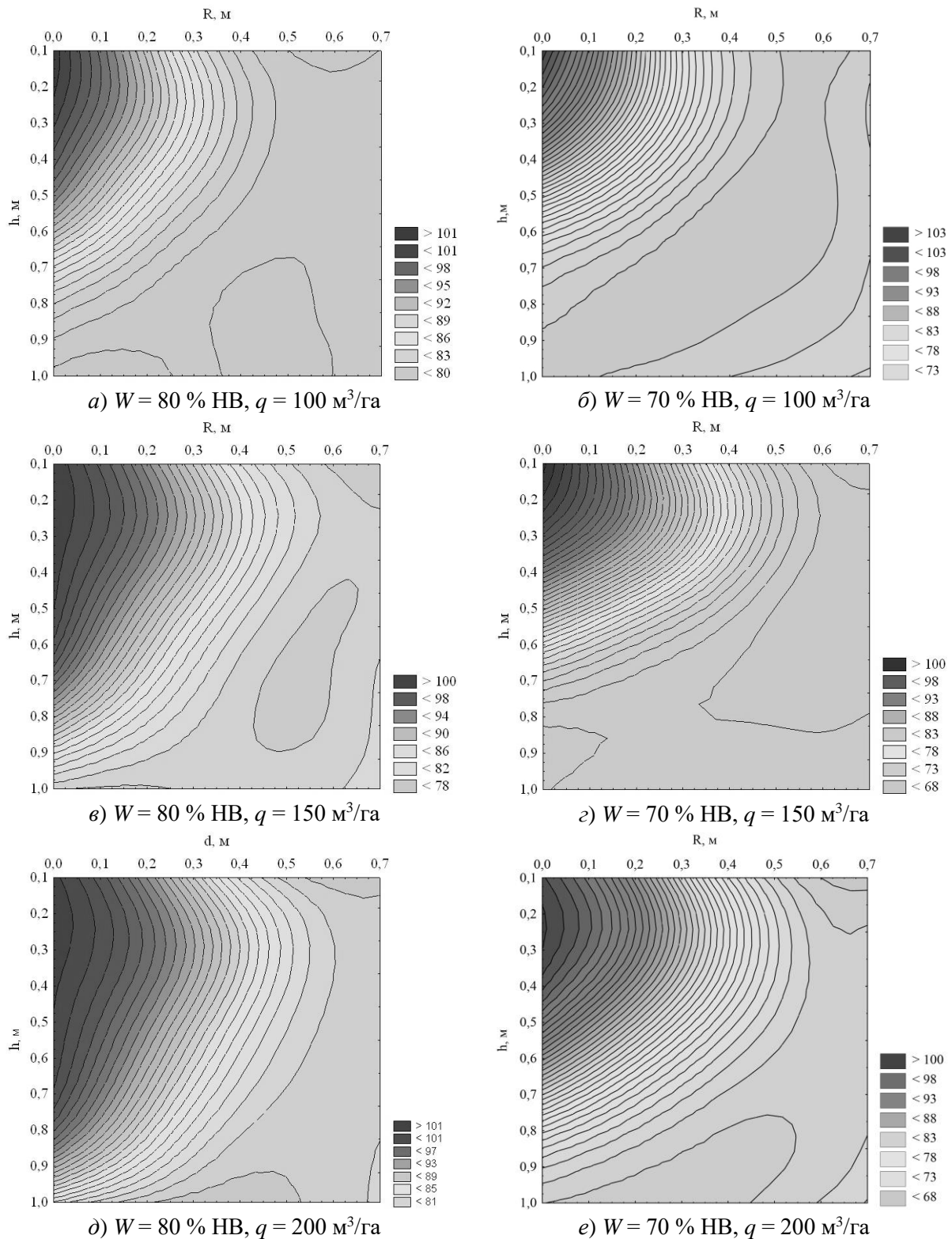
*Key words: drip irrigation; humidification zone; differentiated water supply regimes; level of pre-irrigation moisture; moisture contour.*

**Введение.** Капельный способ полива сегодня уже достаточно широко применяется в практике орошаемого земледелия, технологии эти все более становятся привычными, массовыми [1–4]. Действительно, технология базируется на относительно простых и достаточно надежных технических решениях, легко масштабируется, имеет неоспоримые преимущества в плане экономного использования водных ресурсов, практически исключает инфильтрацию оросительной влаги, не смачивает вегетативную часть растений и междурядья, что дает положительный эффект в плане сдерживания болезней и улучшения фитосанитарного состояния посевов [5–7]. Наряду с этим некоторые наработанные при других способах орошения технологические приемы оказались неэффективными и не применяются в практике капельного орошения. В ряде случаев это связано с особенностями распространения оросительной влаги в почве от точечного источника, закономерностями формирования локальных зон увлажнения. С этим, в частности, связана и проблема применения дифференцированных режимов водообеспечения при капельном способе орошения сельскохозяйственных культур. Целью исследования является изучение закономерностей формирования зон увлажнения почвы при капельном орошении и связанных с этим технологических особенностей дифференцирования порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода возделываемых культур.

**Материалы и методы.** Исследование опирается на результаты серии полевых экспериментов, реализованных при непосредственном участии автора, в ходе которых были получены опытные данные о распределении оросительной влаги, подаваемой капельным способом, в профиле почвы. Непосредственно эта публикация построена на анализе данных, полученных в рамках полевого эксперимента 2015–2018 гг., реализованного на орошаемых землях КФХ «Выборнов В. Д.» Ленинского района Волгоградской области. Почвы опытного участка светло-каштановые, среднесуглинистые, типичные для региона исследований. Плотность сложения в пахотном слое 1,19 т/м<sup>3</sup>, с увеличением глубины профиля возрастает до 1,30–1,33 т/м<sup>3</sup>. Наименьшая влагоемкость в слое 0,3 м 25,1 % от массы сухой почвы, для слоя 1,0 м несколько снижается до 24,8 %. Содержание физической глины в механическом составе почвы составляет 42,1 %. Производительность капельных водовыпусков смонтированной на участке системы орошения составляет 1,6 л/ч. Расстояние между капельницами на поливном трубопроводе составляет 0,3 м, что обеспечивает смыкание увлажняемого профиля в ряду уже при объеме водоподачи 50 м<sup>3</sup>/га. Капельные линии по площади опытного участка размещались через 1,5 м, такая схема с успехом применяется для полива большинства овощных и бахчевых культур, а также ряда пропашных сельскохозяйственных культур, таких как кукуруза или соя. Перед исследованием заблаговременно проводили выравнивающий полив напуском, рассчитанный на увлажнение метрового слоя почвы. Это позволило сформировать массив почвы с равными параметрами влажности. Капельный полив проводили при снижении влажности почвы в массиве до 80 и 70 % НВ, что позволило оценить особенности распределения оросительной влаги относительно этих условий. Для оценки влажности почвы использовали термостатно-весовой метод. Пробы почвы на влажность отбирали послойно, через 0,1 м, непосредственно по оси капельной линии, а также со смещением в поперечном сечении также через 0,1 м.

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1 приводятся осредненные данные о распространении почвенной влаги при капельном поливе различными поливными нормами. Графики визуализируют зоны различного влагосодержания почвы в пределах обследуемой зоны. Площадь обследуемой зоны заведомо превышает размеры зоны потенциального распространения влаги, а следовательно, дает возможность оценить гра-

ницы контура увлажнения и особенности распределения почвенной влаги в пределах этого контура.



$h$  – профиль почвы, м;  $R$  – радиус зоны мониторинга влажности почвы в поперечном сечении, м;  $W$  – исходный (предполивной) уровень влажности почвы, % HB;  $q$  – объем водоподачи,  $\text{м}^3/\text{га}$

**Рисунок 1 – Распределение влаги в зоне контура увлажнения почвы при капельном орошении (светло-каштановые среднесуглинистые почвы, производительность капельных водовыпусков 1,6 л/ч)**

Графическая интерпретация координатно проецируемых данных о влажности почвы позволяет составить наглядное представление о неравномерном распределении оросительной влаги внутри контура увлажнения. На всех приведенных рисунках можно выделить зоны, где влажность почвы после полива достигает целевого уровня наименьшей влагоемкости. Вектор от центра этих зон к периферии контура увлажнения характеризуется последовательным снижением почвенного влагосодержания, а значит, и изменением водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы. Эта особенность специфична для технологий орошения с точечно-локальными источниками оросительной влаги, к которым относится и капельный способ полива. Строго говоря, именно такое, специфичное распределение влаги в границах контура увлажнения почвы при капельном орошении определяет значительную долю преимуществ этого способа полива. Действительно, корни растений с позиций биологии потребления почвенного раствора имеют относительно небольшую область оптимальных условий, когда корневая функция максимально эффективна.

Конечно, факторное пространство этих условий многогранно, включает и химию почв и почвенного раствора, и плотность сложения почвогрунта в корнеобитаемой зоне, и, собственно, тип почв, другие факторы. Но для любого типа почв со всей совокупностью агрохимических, водных и физических свойств решающее значение имеет динамика соотношения почвенного воздуха и воды. Избыток почвенной влаги предполагает сокращение объема почвенного воздуха, в результате чего формируются условия, обуславливающие кислородное голодание, снижение физиологической активности и ростовой функции корневой системы. В орошаемом земледелии такие условия формируются, например, во время полива, причем анаэробный стресс может быть достаточно продолжительным. При снижении содержания почвенной влаги условия аэрации улучшаются, однако снижается доступность почвенной влаги. Оптимальное соотношение содержания почвенной влаги и воздуха нарушается в течение каждого технологического цикла. При капельном орошении формирование водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы носит особый характер. Даже в процессе полива не наблюдается сплошного насыщения почвенных пор влагой (затопления), сохраняются зоны с достаточным объемом почвенного воздуха, а водно-воздушный режим остается оптимальным. В течение межполивного периода область с оптимальным водно-воздушным режимом смещается, но всегда находится в зоне распространения корневой системы растений. Таким образом, оптимальные условия водного и воздушного питания для корней сельскохозяйственных растений сохраняются в течение всего технологического цикла, что обуславливает безусловные преимущества этого способа полива в плане физиологической активности, роста и продуктивности сельскохозяйственных культур.

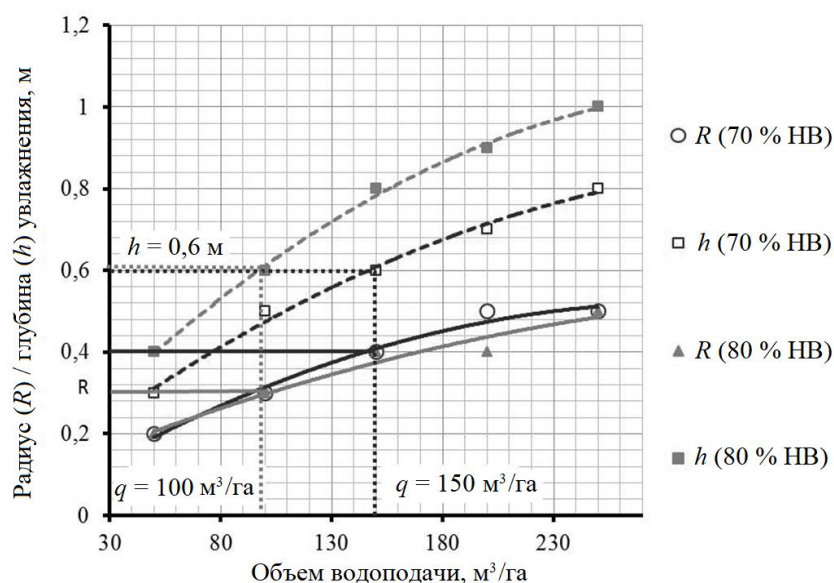
Наряду с этим важно учитывать и некоторые технологические особенности, специфика которых в значительной мере выражена при капельном орошении. В частности, особенностями распространения почвенной влаги при капельном поливе обусловлены особенности выбора архитектуры посева – взаимного размещения сельскохозяйственных растений относительно поливных трубопроводов с капельными водовыпусками. В период, когда корневая система растений еще очень слабо развита или развитие находится в стадии прорастания семени, очень важно, чтобы почвенная влага оставалась доступна в течение всего межполивного периода. При капельном орошении на периферии зоны смачивания это условие может не выполняться из-за преждевременного иссушения приповерхностных слоев почвы. Сельскохозяйственные растения при этом следует смещать ближе к капельному трубопроводу, причем конкретное параметрическое решение всегда должно приниматься с учетом водно-физических свойств почвы и особенностей, собственно, технологического процесса полива.

Еще одна важная технологическая особенность при использовании капельного способа полива связана с применением дифференцированных режимов водообеспече-

ния, когда пороги предполивного уровня влажности почвы изменяются в течение межполивного периода. Преимущество дифференцированных режимов водообеспечения в условиях орошения доказано для многих сельскохозяйственных культур. Для картофеля такой режим активизирует процесс формирования клубней, при выращивании кочанной капусты позволяет предотвратить растрескивание урожая, при капельном орошении сои предотвращает вегетативное израстание, позволяет сформировать пропорционально развитое растение с высокой потенциальной продуктивностью [7, 8].

Дифференцирование уровней водообеспечения выполняется путем смены предполивных порогов влажности почвы в течение вегетационного периода растений, как правило (хоть и не обязательно), приурочено к смене фаз роста и развития. Поливы при этом проводят раньше (если порог был повышен) или позже (если предполивной уровень влажности снизили), соответственно корректируется и норма полива. При капельном орошении в этом случае меняется еще и геометрия контура увлажнения.

Действительно, то, что геометрия контура увлажнения почвы при разной ее исходной влажности отличается, является общеизвестным фактом и наглядно прослеживается на приведенных графиках (рисунки 1, 2). На участках с более высокой исходной (предполивной) влажностью почвы при прочих равных условиях контур увлажнения имел более вытянутую в направлении вертикального профиля форму. При понижении исходной (предполивной) влажности почвы зона увлажнения, формируемая в процессе капельного полива, характеризовалась сокращением глубины промачивания и усилением (как минимум в относительных единицах) процессов горизонтального растекания влаги.



**Рисунок 2 – Кривые максимальных размеров контура увлажнения почвы ( $R$ ,  $h$ ) в зависимости от объема водоподачи при разных исходных уровнях предполивной влажности**

Что же получается на практике? Рассмотрим более детально эту ситуацию на примере капельного орошения сои с необходимостью дифференцирования предполивных уровней влажности почвы по схеме: 70 % НВ до начала фазы цветения и 80 % НВ в периоды цветения, формирования и налива бобов. Оптимальная глубина увлажнения почвы при орошении сои составляет 0,6 м. Поддержание предполивного уровня влажности почвы 70 % НВ в начальные фазы роста и развития сои обеспечивает формирование разветвленной корневой системы во всем объеме увлажняемой зоны. Ориентируя поливы на необходимость увлажнения слоя почвы 0,6 м, получаем радиус пятна увлажнения 0,4 м и необходимый объем водоподачи 150 м³/га (рисунок 2). При повышении порога предполивной влажности почвы до 80 % НВ увлажнение активного слоя

почвы 0,6 м обеспечивается уже при объеме водоподачи 100 м<sup>3</sup>/га, но радиус пятна смачивания в этом случае сокращается уже до 0,3 м. Естественно, чисто количественно эти взаимосвязи справедливы только для почв с описанными выше водно-физическими характеристиками, указанной производительности капельниц и при одинаковой агротехнике. Но качественного повторения закономерностей с высокой долей вероятности можно ожидать и для любого другого сочетания факторов, характеризующих условия средового окружения сельскохозяйственных растений.

Получается, что при переходе на более высокий порог предполивной влажности почвы (с 70 до 80 % НВ) часть разветвленной, хорошо сформированной корневой системы сои окажется вне зоны смачивания почвы. Потенциал, заложенный ранее используемой стратегией развития растений, окажется недоиспользованным. Поэтому дифференцирование порога предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода культуры при капельном орошении должно быть строго обосновано и производиться вкупе и одновременно с изменением активного горизонта увлажнения почвы при непосредственном учете геометрии зон увлажнения.

**Выводы.** Таким образом, значительная часть технологических особенностей возделывания сельскохозяйственных культур при поливе капельным способом определяется закономерностями формирования контура увлажнения почвы при различных средовых условиях. Изменение геометрии контура увлажнения почвы, связанное с дифференцированием порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода, предполагает необходимость сочетанного дифференцирования также и глубины увлажняемого слоя почвы. Параметры дифференцирования глубины увлажняемого слоя почвы должны учитывать особенности геометрии контура увлажнения в каждом конкретном случае и ориентироваться на сохранение радиуса зоны увлажнения почвы в течение вегетационного периода. Архитектоника посева должна быть ориентирована на размещение посевного материала, проростков и в последующем корневой системы растений в зонах с благоприятным водно-воздушным режимом почвы. При этом следует учитывать неравномерное распределение оросительной влаги по контуру увлажнения и, как следствие, риски перехода периферических зон в участки с условиями дефицитного водообеспечения.

#### Список использованных источников

1 Бондаренко, А. Н. Адаптивность различных гибридов огурца при возделывании в условиях капельного орошения Астраханской области / А. Н. Бондаренко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(53). – С. 7–12.

2 Дустназарова, С. А. Капельное орошение в контексте водосберегающих технологий / С. А. Дустназарова // Academy. – 2020. – № 4(55). – С. 29–31.

3 Бородычев, В. В. Параметры водного режима капельного орошения при возделывании арбуза в аридных условиях / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, А. А. Дедов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1(45). – С. 218–225.

4 Курбанов, С. А. Способы орошения томатов на лугово-каштановых почвах Республики Дагестан / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, А. З. Джамбулатова // Научная жизнь. – 2019. – № 2. – С. 6–13.

5 Шонтуков, Т. З. Микроирригация: виды, преимущества и дополнительные возможности / Т. З. Шонтуков, Д. А. Шонтукова // Экономика и социум. – 2019. – № 11(66). – С. 786–791.

6 Воеводина, Л. А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 3(07). – С. 90–102. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

7 Лытов, М. Н. Агробиологические преимущества капельного орошения сои в связи со специализацией производства / М. Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 1(77). – С. 66–74.

8 Брель, В. К. Применение дифференцированных режимов орошения при возделывании сельскохозяйственных культур на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья / В. К. Брель, В. А. Шадских, В. О. Пешкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 52. – С. 19–26.

УДК 631.459

**Ю. Е. Домашенко, Л. А. Митяева, Ю. Ю. Арискина, М. А. Ляшков**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭРОДИРОВАННОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ГРАНИЦАХ РАЙОНОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*На территории Ростовской области практически не осталось земель, которые не испытывали бы антропогенное воздействие, преимущественно негативного характера, эрозионному смыву подвержены северные и центральные районы области. Оценка состояния эродированного почвенного покрова показала, что в 2008 г. площадь, подверженная процессам эрозионного смыва, равнялась 3,22 млн га, к 2019 г. она составила уже 3,79 млн га, произошло увеличение на 16 %. Наибольшая площадь земель, подверженная процессам водной эрозии, отмечена в Кашарском (235,3 га), Миллеровском (184,8 га), Белокалитвинском (175,1 га) районах, которые относятся к I и III районам с учетом почвенно-эрозионного районирования Ростовской области. Сложившаяся ситуация требует срочных мер по проведению систематических мониторинговых исследований почвенного покрова каждого из районов области.*

*Ключевые слова: почвенный покров; водная эрозия; плодородие; эрозионные районы; мониторинг.*

\*\*\*\*\*

**Yu. E. Domashenko, L. A. Mityaeva, Yu. Yu. Ariskina, M. A. Lyashkov**

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

### **ASSESSMENT OF THE ERODED SOIL COVER STATE WITHIN THE BOUNDARIES OF ROSTOV REGION AREAS**

*There are practically no lands left on the territory of Rostov Region that would not experience anthropogenic impact, mainly of a negative nature, and the northern and central areas of the region are subject to erosion. Assessment of the eroded soil cover showed that in 2008 the area exposed to erosion was equal to 3.22 million ha, by 2019 it was already 3.79 million ha, increased by 16 %. The largest land area subject to water erosion was recorded in Kasharsky (235.3 ha), Millerovsky (184.8 ha), Belokalitvinsky (175.1 ha) districts, which belong to I and III districts taking into account soil and erosion zoning of Rostov region. The current situation requires urgent measures to conduct systematic monitoring studies of the soil cover of each districts of the region.*

*Key words: soil cover; water erosion; fertility; erosion areas; monitoring.*

**Введение.** Площадь сельскохозяйственных угодий, подверженная водной эрозии, составляет 2284074,07 га, или 18,92 % от общей площади исследованных земель в 2018 г. (12071513,69 га). Большая часть эродированных земель приходится на пахотные угодья – 2066022,46 га, что составляет 17,11 % от общей площади исследованных