

Мелиорация и рекультивация, экология

УДК 502/504:631.67

В. П. КАЛИНИЧЕНКО

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Институт плодородия почв юга России», Ростовская область (Персиановка)

Т. М. МИНКИНА, О. С. БЕЗУГЛОВА

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону

А. А. ЗАРМАЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чеченский государственный университет», Грозный

О. В. РОМАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

В. Ч.-Д. КИМ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский инженерно-физический институт»

КОНЦЕПЦИЯ ВНУТРИПОЧВЕННОЙ ДИСКРЕТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ИРРИГАЦИИ

Рассмотрена внутрипочвенная дискретная импульсная концепция ирригации. Предложено решение задачи системного дефекта гидрологического режима биосферы. Рассмотрен вопрос создания устойчивых продуктивных ирригационных систем. Приведена конфигурация соответствующих технических решений в области механотроники и робототехники для реализации внутрипочвенной дискретной импульсной ирригации и коррекции водной стратегии.

Гидрологический режим, внутрипочвенная дискретная импульсная концепция ирригации, водная стратегия.

There is considered a concept of intrasoil discreet pulse irrigation. There is proposed a problem solution of the system defect of the biosphere hydrological regime. The problem of creation of stable productive irrigation system is discussed. There is given a configuration of the corresponding technical decisions in the field of mechanotronics and robotics for realization of the intrasoil discreet pulse irrigation and correction of water strategy.

Hydrological regime, intrasoil discreet pulse irrigation, water strategy

Орошение, наряду с позитивным воздействием на ландшафт и продуктивность почв, является сильнейшим фактором ускоренной динамики почвенно-географического пространства.

Общепринятая в мире имитацион-

ная гравитационная фронтальная концепция ирригации и дренажа на протяжении тысячелетий не претерпевает изменений. В рамках этой концепции ирригации техническими средствами имитируют природные фронтальные гидрологические,

русловые, гидрогеологические явления поступления и режима воды в биосфере.

Применение стандартных приемов ирригации, в том числе капельного внутрипочвенного полива, приводит к неблагоприятным изменениям в почвах и ландшафтах. Эти неблагоприятные изменения наступают довольно скоро и сохраняются в течение десятилетий после прекращения орошения в богарной, дождевой агротехнике [1–3]. Состояние ирригации является основанием для самых пессимистических оценок ее перспективы в сложившейся конфигурации теоретических взглядов и технических решений [2].

Поиск решения ведется в различных направлениях. Используют версию «бродячего земледелия» и ее варианты, которые не затрагивают действующей концепции ирригации. Суть стандартной концепции, определяющая неблагоприятные следствия применения, – нисходящий фронтальный гравитационный режим промачивания почвы. В рамках действующей концепции ирригации труднопреодолимы избыточное выщелачивание содержащихся в почве веществ, ирригационное переувлажнение и засоление почв, гравитационное водное переуплотнение, нарушение гидрологического и гидрогеологического режимов ландшафта, засоление почв, прирост геохимического охвата ландшафта и многие другие явления [1].

Долговременная динамика свойств почв юга России при орошении черноземов и каштановых почв обусловлена условиями развития этих объектов биосферы. Материнская порода региона распространения указанных почв – лессовидный суглинок. Засоление почвообразующей породы под черноземами составляет 0,4...0,8 %, под каштановыми почвами в комплексе с солонцами может достигать 1,8 %.

Просадочность и засоление почвообразующих пород в решающей степени определяют динамику почвенно-географического пространства ирригационно обусловленных ландшафтных систем, их гидрологические, почвенные, гидрогеологические параметры, продуктивность, устойчивость и многие другие свойства.

Старорошаемые почвы региона имеют неблагоприятные свойства и режимы, несмотря на применение в основном пресной воды удовлетворительного качества из реки Дон. Меньшую часть орошаемой территории поливают слабоминерализованной водой из Веселовского водохрани-

лища.

Черноземы в результате 30 лет орошения получают изменения даже на уровне минералогического состава. Уменьшается количество гумуса. Засоление почвы увеличивается. В составе поглощающего комплекса почвы возрастает количество Na^+ .

Особенно заметны признаки деградации черноземов при поливе минерализованной водой из Веселовского водохранилища – идет относительное и абсолютное увеличение количества фульвокислот в составе гумуса. Урожайность полевых культур на черноземе обыкновенном на ранее орошаемом, а в настоящее время выведенном из орошения участке составляет 85 % урожайности прилегающих неорошаемых земель.

Изменение каштановых почв в результате орошения весьма заметное. Его можно показать на примере долгосрочного научно-исследовательского стационара – орошаемый участок колхоза Имени XXVI съезда КПСС введен в эксплуатацию в конце 60-х годов XX века, Верхне-Сальская оросительно-обводнительная система, полив пресной водой из реки Дон. Почвы – комплекс каштановых почв и солонцов. Способ полива – дождевание.

К началу 90-х годов XX века возможность эксплуатации орошаемого участка была утрачена в результате переувлажнения, засоления, осолонцевания почв. Орошение прекращено.

Пространственная неоднородность почвенного покрова при стандартном способе полива дождеванием влияет на ирригационные режимы индивидуальных элементарных почвенных ареалов, обуславливает снижение работоспособности гидротехнических объектов. Поэтому степень неблагоприятного воздействия ирригационного объекта на экологическое состояние ландшафта усиливается. Структура почвенного покрова обуславливает 34,7 % суммарного ирригационно обусловленного стока. Ионный грунтовый сток с орошаемого участка в прилегающий ландшафт и гидрографию составляет 1585,6 т $\text{м}^3/\text{год}$. В результате орошения геохимический охват почв ландшафта грунтовым стоком увеличивается с 0,6...0,8 (зональные биогеоценозы) до 4,92 м (ирригационный агроценоз), наблюдается прирост ионного межвенного стока сопряженной гидрографии более чем на 25 %, причем даже на фоне некоторого снижения

минерализации реки Сал – водоприемника коллекторно-дренажного стока Верхне-Сальской оросительно-обводнительной

системы. Показатели химического состава воды в коллекторе системы и сопряженной гидрографии приведены в таблице.

Химический состав дренажных и поверхностных вод, мг-экв./л, 1990 год

Объект	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	pH	Сухой остаток, г/л
Концевой сброс	0,05	5,14	113,6	59,7	31,5	56,0	112	7,9	11,0
Балка Мазанка	0,05	5,28	235,2	74,3	41,5	96,0	198	7,9	18,7
Река Большой Гашун	0,05	4,62	61,2	31,1	17,0	24,5	56	8,1	5,9
Река Сал	0,05	3,70	9,7	7,62	6,0	5,0	14	8,1	1,6

Данные таблицы показывают, что процесс релаксации антропогенно обусловленных гидрологического и гидрогеологического режимов ирригационной территории носит ярко выраженный негативный характер, обуславливая избыточные с точки зрения решения задачи дополнительного увлажнения почв масштабные водные процессы в природно-территориальном комплексе.

Реабилитация почвенного покрова участка после прекращения орошения происходит в течение последних 20 лет, и на настоящий момент почвенный покров ландшафта продолжает нести отрицательные признаки применения стандартной концепции ирригации. Актуальная урожайность полевых культур в настоящее время составляет не более 80 % урожайности, формируемой в ландшафте на прилегающих землях, ранее не орошаемых.

Высокая влажность почвы и грунта при избыточном увлажнении ведет к ослаблению геохимических барьеров, повышению скорости массопереноса, в том числе в силу изменения химического равновесия в почвенном растворе.

Способом контроля латерального перераспределения оросительной воды является регулирование гидрологического режима. Положительные результаты регулирования гидрологического режима особенно значимы в условиях пространственной неоднородности структуры почвенного покрова. При регулировании гидрологического режима ирригационный ландшафт становится более стабильным, продуктивность почв возрастает. Однако с точки зрения задачи диссипации воды внутри почвы регулирование гидрологического режима является только промежуточным решением в рамках имитационной фронтальной концепции ирригации.

Решение задачи транспорта воды внутри дисперсной системы вступает в

глубокое противоречие с динамикой агрофизических и гидравлических свойств системы в процессе этого транспорта. Согласно стохастической картине градиентов гидравлического уклона в проводящих элементах почвы и термодинамическому потенциалу воды, в результате гидравлического процесса сосредоточенного гравитационно-капиллярного проникновения воды внутрь или по всему фронту границы раздела «воздух – почва», или по значительной части этого фронта возникают неуправляемые сосредоточенные (предпочтительные) вертикальные и латеральные потоки воды.

При действующей концепции ирригации контроль дифференциации подачи воды в почву из гидротехнической проводящей системы неудовлетворителен с точки зрения дифференциации почвенного континуума. Подачу доз воды необходимо дифференцировать. Дифференциация подачи воды при поливе дождеванием контролируется на уровне индивидуальных дождевальных устройств, дождевальных элементов, т. е. масштаб неконтролируемого протекания процесса распределения воды в почве составляет порядка 10 м [4].

На первый взгляд, при капельном или внутрпочвенном поливе масштаб контроля распределения воды в гидротехнической системе составляет десятки сантиметров и близок к тому, который требуется с точки зрения устройства почвенного континуума. Однако в действительности картина искажается ввиду проявления свойств в системе «труба – перфорация – фильтр – почва» при внутрпочвенном поливе или в системе «труба – перфорация – фильтр – поверхность почвы, зона увлажнения почвы». Дополнительные неуправляемые процессы перераспределения воды происходят в результате градиентов гидравлического уклона и термодинамического потенциала воды

в почве за счет формирования преференсных потоков воды внутри почвы, оттока влаги из увлажняемой зоны [5–7].

В почве при стандартных системах полива происходит не столько подача воды к поверхности раздела «твердая фаза почвы – газообразная фаза почвы», сколько инфильтрация или даже фильтрация воды сквозь дисперсную систему.

Решение основной задачи ирригации, т. е. снабжение растений почвенным раствором, концентрация которого достаточно высокая, чтобы исключить избыточную транспирацию, и в то же время высокая не настолько, чтобы не ослаблять интенсивность физиологических процессов и скорость накопления биомассы, сейчас во многом представляет собой искусственный массоперенос.

Рукотворные пустыни новейшего времени, которые большей частью имеют ирригационное происхождение [3], свидетельствуют, что следует искать иные инструменты управления влажностью почв [1, 8]. В настоящее время отсутствует инструмент управления поведением воды от момента ее состояния как потока (дождя, поливной струи, струи подпочвенного увлажнителя и т. п.) и до момента завершения диссипации воды в дисперсной системе почвы. Это является непреодолимым следствием действующей концепции ирригации.

Ирригационные потери оросительной воды в зону аэрации огромны. В Ростовской области они составляют в среднем 70...80 % объема подачи воды, как и по всем системам юга России [2]. Аналогичная картина характерна для постсоветского географического пространства и для мира в целом [1, 3, 8].

Существование и актуальность проблем оценки и рационального использования водных ресурсов, развития оросительных видов мелиорации, связанных с этим задач мелиоративного почвоведения, миграции воды и солей в почве, гидрологии почв и ее перспектив, водообмена и оросительных норм, оттока влаги из увлажняемой зоны следует из многих публикаций.

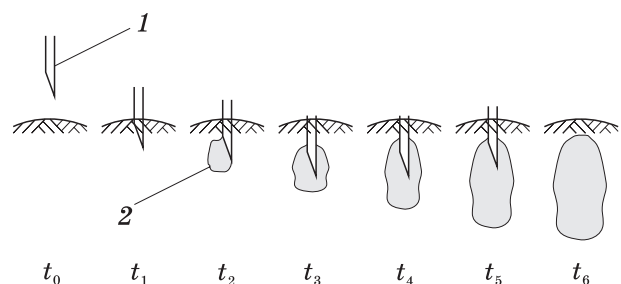
Решение указанных и многих других задач может быть получено с учетом того, что системный дефект гидрологического режима биосферы вообще и, в частности, действующей концепции ирригации состоит во фронтальной непрерывной схеме поступления воды в почву, не соответствующей

идеальной схеме равномерной диссипации воды в дисперсной системе почвы.

Предложена новая внутрипочвенная дискретная импульсная концепция ирригации. Особенность концепции в том, что в недавнем прошлом ее реализация была невозможной, поскольку она базируется на современных технических возможностях технологического уклада высокого мирового уровня (Патент RU № 2386243).

Принципиальная схема реализации внутрипочвенной дискретной импульсной концепции ирригации следующая.

Подача воды в почву производится импульсным шприцевым элементом 1, который поочередно погружается в почву в пространстве орошаемого участка. Происходит формирование изолированных в пространстве цилиндрических контуров дискретного объема первичного импульсного увлажнения почвы. По окончании импульса шприцевой элемент извлекается из почвы. Идет капиллярное термодинамическое перераспределение влаги из исходного дискретного объема импульсно-увлажненной почвы в расчетный дискретный объем увлажнения ризосферы (рисунок).



Динамика контура увлажнения в почве при внутрипочвенном дискретном импульсном поливе растений (обозначения и пояснения в тексте)

Динамика контура увлажнения в почве представлена от исходного положения шприцевого элемента в начальный момент времени подачи импульса полива t_0 . В моменты времени $t_1...t_4$ нарастает размер контура промачивания 2. В момент времени t_5 импульс завершается, шприцевой элемент извлекается из почвы. В момент времени t_6 наступает стадия капиллярного рассредоточения заданной дискретной порции воды внутри заданного объема почвы.

Внутрипочвенная дискретная импульсная концепция ирригации направлена на решение задачи системного

дефекта гидрологического режима биосферы и предназначена для создания устойчивых продуктивных ирригационных систем, долговременно функционирующих без неблагоприятных экологических последствий. Концепция позволяет решить следующие задачи:

обеспечить долговременное сохранение исходных экосистем орошаемых почв, ландшафтов и прилегающих территорий;

обеспечить среднюю влажность почвы 50...60 % от объема пористости, понизить средний термодинамический потенциал воды в почве и повысить среднюю концентрацию почвенного раствора, стабилизировать и оптимизировать термодинамические равновесия в почвенном растворе;

элиминировать фронтальное гравитационное увлажнение почв, предпочтительные потоки оросительной воды в грунтовые воды, латеральное гидрологическое, гидравлическое и гидрогеологическое перераспределение воды и непроизводительные потери воды, физическое испарение влаги с поверхности почвы, утрату структуры почвы, обусловленный ирригацией геохимический охват ландшафта, засоление почвы оросительной водой и вторичное засоление;

ликвидировать ирригационное нарушение гидрологического, гидрогеологического режима, дифференциацию структуры почвенного покрова, потребность в ирригационном дренаже при использовании исходно засоленных почв, что удешевляет орошение в 2–5 раз [9];

сократить расход воды на ирригацию в 4–5 раз, чем ослабить остроту глобальной проблемы пресной воды и обеспечить готовность человечества к вероятному эксцессу цикла засушливости климата Земли [8].

Выводы

Внутрипочвенная дискретная импульсная концепция ирригации позволяет преодолеть следующие серьезные недостатки действующей концепции ирригации:

непрерывный процесс полива почвы с поверхности с гравитационным растеканием воды внутри почвы при совмещении фазы подачи воды в почву с фазой ее растекания в почвенном теле, приводящий к неравномерному распределению воды в почве при поливе;

избыточное локальное гравитационное переувлажнение почвы с утратой структуры без стимулирования развития корневой системы растения в заданном объеме

капиллярного насыщения почвы водой; капиллярную и гравитационную неустойчивость почвенной влаги при превышении уровня наименьшей влагоемкости, приводящей к формированию нисходящих потоков, латеральному перераспределению и транзитной потере части оросительной воды;

пространственное варьирование скорости поступления воды в почву из-за изменчивости водоподводящих свойств отдельных гидравлических составляющих системы, рассредоточенной по поливному участку;

неблагоприятный избыточный локальный подъем уровня грунтовых вод, ирригационные потери воды, ионный сток с оросительных систем в региональную гидрографию.

Внутрипочвенная дискретная импульсная концепция ирригации может быть реализована практически на основе имеющихся институциональных технических решений в области механотроники и робототехники.

В случае реализации внутрипочвенной дискретной импульсной концепции ирригации отпадает необходимость защищать ландшафт от последствий ирригации.

Сохранение почвы, ландшафта и воды методами, которые следуют из внутрипочвенной дискретной импульсной концепции ирригации – нового способа извлечения вещества из тонкодисперсной системы, представляет собой возможность кардинальной модернизации водной стратегии Российской Федерации. Внедрение этой концепции особенно актуально в свете новых планов страны по развитию мелиорации.

1. Ковда В. А. Принципы организации орошаемого земледелия на черноземах // Почвоведение. – 1996. – № 3. – С. 22–30.

2. Ильинская И. Н., Шкодина О. П. Нормирование водоотведения – фактор рационального водопользования: Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. трудов. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2009. – Вып. 41. – С. 74–84.

3. Water Related Vision for the Aral Sea Basin. Paris: UNESCO, 2000. – 237 p.

4. Голованов А. И., Сорокин Р. А. Определение досточковых поливных норм при дождевании // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 6. – С. 24–27.

5. Структурное состояние техноземов и

формирование в них преимущественных потоков влаги / Е. В. Шеин [и др.] // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 687–695.

6. Balakay G. T., Ivanova N. A., Kalinitchenko V. P., Minkina T. M. Ecosystem's fragility under the continuous methods of irrigation: FAO. Global Forum on Salinization and Climate Change. – Valencia. Spain. – 25–29 October 2010.

7. Голованов А. И., Абдельазим М. М. Определение оттока влаги из увлажняемой зоны при капельном орошении // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 40–41.

8. Schütze N. and Schmitz G. Occasion: New Planning Tool for Optimal Climate Change Adaption Strategies in Irrigation // J. Irrig. Drain Eng. – 2010. – V. 136 (12). – P. 836–846.

9. Калиниченко В. П., Ильин В. Б., Ендовицкий А. П., Черненко В. В. Способ извлечения вещества из тонкодисперсной системы: решение о выдаче патента от 3.05.2012. Рос. Федерация: МПК(7) C01B,

E02B13/00, A01G25/00 / [и др.]; заявитель и патентообладатель ИППЮР. – № 2011100186/21: заявл. 11.01. 11.

Материал поступил в редакцию 03.05.11.

*Калиниченко Валерий Петрович, доктор биологических наук, профессор
Тел. 8 (86360) 3-62-78, 8 (86360) 3-68-81,
8 (86360) 3-61-44*

E-mail: kalinitch@mail.ru

Минкина Татьяна Михайловна, доктор биологических наук, профессор

E-mail: tminkina@mail.ru

Безуголова Ольга Степановна, доктор биологических наук, профессор

E-mail: lola314@mail.ru

Зармаев Али Алхазурович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

E-mail: ali5073@mail.ru

Романов Олег Васильевич, кандидат биологических наук, доцент

E-mail: ov_romanov@mail.ru

Ким Владимир Чон-Денович, кандидат технических наук, доцент

E-mail: instit03@mail.ru

УДК 502/504:631.423:614.76

А. В. ПУХОВСКИЙ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

Т. Ю. ПУХОВСКАЯ

Государственное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова

РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПОЧВ

Для обеспечения единства измерений в области экологического мониторинга почв предложен новый способ рентгенофлуоресцентного определения тяжелых металлов. Способ основан на экстракции тяжелых металлов из почвы азотной кислотой или ее смесями с перекисью водорода или соляной кислотой в открытых и закрытых системах с последующим отделением экстракта от нерастворимого остатка методами фильтрации осаждения или центрифугирования.

Экологический мониторинг, почвы, загрязнение тяжелыми металлами, рентгенофлуоресцентный анализ, единство измерений, патент.

To ensure the unity of measurements in the field of the ecological monitoring of soils there is proposed a new method of XRF determination of heavy metals. The method is based on extraction of heavy metals from soil by nitric acid or its mixtures with hydrogen peroxide or hydrochloric acid in open or closed systems followed by the subsequent separation of extract from the insoluble residue by means of filtration, sedimentation or centrifugation.

Ecological monitoring, soils, pollution by heavy metals, x-ray-fluorescent analysis, unity of measurements, patent.